



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

4^{/2018}







НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Главный художник
А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели

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

Подписано в печать 5.4.2018

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>

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь — XXI век» 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. 443-61-60)

«МАП» — каталог «Почта России», индексы
99644 и 99645.

«Информсистема» — (495) 127-91-47
«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

На Украине: «Информационная служба мира» —
38 (440) 559-24-93

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа художника Грега Кларка.*

*Человек почти достиг совершенства
в своем развитии, осталось чуть-чуть
поработать. Подробности в статье
«Гены хвостатости».*

*Человек — единственное животное,
которое знает, что его ожидает смерть,
и единственное — сомневающееся
в ее окончательности.*

Стивен Хокинг

Содержание

Проблемы и методы науки

О ПРАВИЛЬНОМ СМЕШИВАНИИ,
ИЛИ ПУТЬ К ЭНТРОПИЙНЫМ СПЛАВАМ. С.М.Комаров 2

Хемоскоп

ПУЛЕНЕПРОБИВАЕМАЯ ДРЕВЕСИНА. НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АММИАКА.
СИНТЕЗ ФОСФОРОРГАНИКИ БЕЗ БЕЛОГО ФОСФОРА. А.И.Курамшин 8

Портреты

МИРЫ СТИВЕНА ХОКИНГА. Олег Фейгин 10

Проблемы и методы науки

ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ В КОСМОСЕ? А.И.Курамшин 14

Земля и ее обитатели

ЖИВЫЕ МАГНИТЫ. Л.Алексеева, В.Козяева 18

Жертвы науки

НЕ ТОЛЬКО ЦЕННЫЙ МЕХ. С.Ястребова 22

Нанофантастика

Я — ТВОЙ ПОЛОСАТЫЙ КРОЛИК. Женя Крич 25

Дневник наблюдений

ОТСЧЕТ УТОПЛЕННИКОВ: ГОЛУБЫЕ ГНУ ФОРСИРУЮТ РЕКУ. Н.Анина 26

Сто химических мифов

REACH: ЧТО ОН МОЖЕТ И ЧЕГО НЕ МОЖЕТ. И.А.Леенсон 28

Ресурсы

МОЖНО ЛИ ОБОЙТИСЬ БЕЗ НЕФТИ. С.А.Эйгенсон 30

Дискуссии

БУДЬ ВНИМАТЕЛЕН, ЭКСПЕРТ! В.В.Семенов 36

Здоровье

НЕ ЛЕКАРСТВОМ, А ДОБРЫМ СЛОВОМ. Н.Л.Резник 38

Ученые досуги

ЧЕЛОВЕК — НЕ ВЕНЕЦ ТВОРЕНИЯ. Е.П.Виноградова, Д.А.Жуков 42

Полвека тому вперед

ГЕНЫ ХВОСТАТОСТИ. Брэдли Бровкин 45

Событие

НАРИСУЮ ТАБЛИЦУ. С.М.Комаров 46

Мемуары Игнобеля

СОТВОРЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО СТОЛА. С.М.Комаров 48

Элемент №...

РУТЕНИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев 51

Панацейка

ГРИБ С ДЕРЕВА ШИИ. Н.Ручкина 54

Фантастика

НИКОГДА. Софья Ролдугина 56

Химики и лирики

В ОБЪЯТЬЯХ ЛЕДЯНОГО СНА. Владимир Борисов, Александр Лукашин 64

О ЧЕМ МЕЧТАЮТ ХИМИКИ	7	КНИГИ	41
ИНФОРМАЦИЯ	13, 61	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
		ПИШУТ, ЧТО...	62

Долгожданный, уникальный, удобный!

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ
пополняемый архив с января 1965 по текущий месяц

о журнале
получить свежий номер
помощь
вход

Центр «НаукаПресс» СИБУР
Техподдержка и подписки на обновления:
info@hij.ru, www.hij.ru

Художник А. Курашкин

Вы покупаете архив, устанавливаете на свой компьютер, и он автоматически обновляется каждый месяц. Все самое интересное легко найти и в старых, и в новых номерах. Бесценные рассказы об ученых, о проблемах и методах химии, биологии, физики, материаловедения, история развития науки и техники, смелые гипотезы и идеи, опыты юных химиков, размышления мудрецов, антология научной фантастики второй половины XX – первой половины XXI века, рисунки ведущих художников-графиков, в общем, то, о чем более полувека пишет журнал «Химия и жизнь», есть в его электронном пополняемом архиве.

Цена 1600 р. на флеш-карте с доставкой почтой РФ и 1300 р. при самостоятельном скачивании дистрибутива с сайта. Узнать подробности об архиве и купить его можно на сайте журнала: www.hij.ru, отправив письмо по адресу redaktor@hij.ru или позвонив в редакцию по телефону (495) 722-09-46 с 11 до 17-30 по рабочим дням.

Системные требования к рабочему месту для пользования архивом – персональный компьютер под управлением MS Windows 7.0 и старше, подключаемый напрямую, то есть мимо прокси-сервера, к сети Интернет во время установки и обновления. Ограничение: в сетях с центральным сервером и консолями доступа работоспособность архива не очевидна.

О правильном смешивании,

или

Путь к энтропийным сплавам

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Какие элементы и в какой пропорции следует смешать, чтобы создать материал, отвечающий чаяниям потребителя? Именно эту задачу решают материаловеды, причем последнее столетие — опираясь на научные знания. Порой у них выходят подлинные шедевры, открывающие новую эпоху в эволюции техники и качественно меняющие жизнь людей. Расскажем о некоторых из них.

Жаропрочная симфония

Как правило, сплавы на основе металлов ценят за механические свойства: способность сильно деформироваться без разрушения и при этом выдерживать большие нагрузки без деформации. То есть за прочность и пластичность как при комнатной температуре, так и при сильном нагреве или глубоком холоде. Добиться, чтобы прочность и пластичность были высокими, можно, создавая в материале различные структуры, для чего смешивают элементы в определенной пропорции и применяют нагрев/охлаждение или давление. Сотня стабильных элементов таблицы Д.И. Менделеева предоставляет такое богатство выбора, что нетрудно потеряться в имеющихся возможностях, и если кто-то добивается успеха, то последователи дружно устремляются на разведанную делянку и начинают ее энергично возделывать: теоретики обобщают данные и обосновывают, отчего эта группа составов оказалась столь плодородной, практики используют обобщения для получения все более высокого комплекса свойств.

Вот, например, кузнецы еще с начала железного века, смешивая железо с углеродом, научились создавать стали на все случаи доиндустриальной жизни. А разнообразие свойств этим сталям придает внутренняя структура. Дело в том, что углерод в твердом железе растворяется плохо, поэтому полученный при кристаллизации его однородный твердый раствор по мере охлаждения распадается, порождая неоднородности — области, обедненные углеродом и обогащенные



им, в том числе и частицы карбидов. И форму, и взаимное расположение этих неоднородностей можно менять в очень широких пределах с помощью термической обработки, соответственно меняя и свойства.

Однако после появления паровых машин, а стало быть, и тяжелой промышленности оказалось, что сталь не так уж универсальна и ей порой требуется замена. Тогда началась эра сверхсплавов.

Сейчас сверхсплавами, или по-английски *superalloys*, называют прежде всего высоколегированные, то есть содержащие около дюжины элементов, материалы для использования в турбинах тепловых станций или реактивных двигателей. Но так было не всегда. Более того, само происхождение термина остается загадкой. Наиболее правдоподобная версия — новый класс материалов с потенциальными выдающимися свойствами назвали так, следуя моде на появившиеся в США несколько ранее комиксы про Супермена.

Считается, что начиналась история этих сплавов с работ двух американских изобретателей. Первым был Альберт Марш, который запатентовал в 1906 году знаменитый никром — сплав из 80% никеля и 20% хрома, который нагревает-

ся при пропускании электрического тока до красного каления и при этом не горит на воздухе. Из него и по сей день делают нагревательные элементы. Вторым был Элвуд Хейнс — он спустя год запатентовал виталлиум, сплав из 80% кобальта и 20% хрома. Хейнс разработал и свою версию нихрома, но с патентом опоздал. Зато из своего виталлиума делал прекрасные ножи, гибкие, прочные и твердые. Впрочем, ножи были предметом исследований, которые он проводил в подвале собственного дома, а материал для места вспышки на свече зажигания в автомобильном двигателе — то есть он должен был выдерживать и нагрев, и ударные нагрузки от взрыва топлива. Тем не менее, вскоре выяснилось, что из виталлиума можно делать токарные резцы, гораздо лучшие, нежели из стали.

Проблема была в том, что пришла эпоха массовой автомобилизации, а с началом войны — самолетостроения. И в автомобиле, и в самолете много металлических деталей, которые надо обрабатывать на токарном или фрезерном станке. А чем больше объем работы, тем сильнее нагревается резец. Сталь же при нагреве отпускается — теряет прочность, поскольку исчезают упрочняющие ее неоднородности. В виталлиуме, в сущности, растворяется нечему — хром неплохо растворяется в кобальте, создавая однородный твердый раствор. Упрочняется же он из-за того, что в кристаллической решетке кобальта значительная часть мест занята атомами другого элемента. Это так называемое твердорастворное упрочнение. Да и сами кобальт и хром — металлы прочные и на воздухе не горят. Хейнс мог удовлетворить возникший спрос, и в 1915 году у него уже была собственная фабрика, где он выплавлял кобальт-хромовые сплавы. Сейчас она превратилась в крупнейшего мирового изготовителя сплавов на основе никеля и кобальта «Haynes International», прославленного серийной коррозионностойких никелевых сплавов — хастелоев.

Тем временем росли и потребности в производительности паровых турбин. Известно, что чем выше нагрет в ней пар, тем больше получается энергии. И опять стальные лопатки стали сдавать позиции: инженеры компании «International Nickel Company» (запомним это название) в 1919 году придумали сплав монель-400, где на 75% никеля приходится 20% меди, а остальное — добавки других элементов. Медь образовывала с никелем твердый раствор, чем и обеспечивала приемлемую прочность и стойкость при высокой температуре. Однако свойства этого сплава не до конца устраивали конструкторов, и тогда произошла революция — в него добавили 3% алюминия.

Казалось бы, незначительная добавка. Но, как стало известно позже, алюминий создает с никелем прочнейший интерметаллид Ni_3Al , температура плавления которого превышает таковую и для алюминия, и для никеля. А материаловеды знают эмпирическое правило: чем выше температура плавления, тем при большем нагреве металл сохраняет прочность. Частицы этого интерметаллида, выпавшие при термической обработке из твердого раствора, и стали главным упрочняющим фактором нового сплава монель-500.

Ну а для создания того, что стали называть сверхсплавами, оставалось вспомнить нихром, а именно тот факт, что от горения на воздухе при сильном нагреве его защищает хром. Инженеры «Nickel Mond Company» добавили его в сплав из никеля с алюминием и получили нимоник — это слово теперь служит синонимом термину «сверхсплав». Сегодня типичный нимоник — это настоящая симфония элементов, каждый из которых играет свою партию. Наполовину он состоит из никеля, в который добавлено 15—20% хрома для жаростойкости. Несколько процентов алюминия и его родственника титана дают дисперсные частицы интерметаллида для упрочнения. Еще есть несколько процентов тугоплавких металлов — вольфрама, молибдена, ниобия, тантала, иногда рения. У каждого своя функция. Например, рений собирает вокруг



себя ненужные примеси, осуществляя внутреннюю очистку металла. Вольфрам с молибденом дают другие упрочняющие частички — карбиды, которые высыпают на границах зерен, но этим их партия не ограничена. Прочные частицы интерметаллида плохи слишком высокой хрупкостью. Пластичность же сплаву придают вязкие никелевые прослойки между этими частицами. Для того чтобы упрочнить эти прослойки, и служат тугоплавкие металлы, которые оказываются в твердом растворе с никелем.

А вот «International Nickel Company» пошла другим путем — добавила в никель-хромовый сплав не легкоплавкий алюминий, а тугоплавкий ниобий. Несмотря на всю непохожесть этих элементов, результат оказался аналогичным достигнутому в нимониках: выделились упрочняющие частички интерметаллида Ni_3Nb . Хотя он по кристаллическому строению совсем не похож на Ni_3Al , свойства получившегося сплава, известного как инконель-718, столь хороши, что и спустя много десятилетий он продолжает служить в различных турбинах.

Казалось бы, с этими сплавами все понятно: насыпай в разных пропорциях элементы и получай новые марки со свойствами, лучше всего подходящими к данной конструкции. Действительность оказалась сложнее. Поначалу, когда ресурс турбин исчислялся сотнями часов, примерно так и делали. Но когда он перевалил за тысячу, выявилась неприятность, о которой никто и помыслить не мог. При температуре в 700—1000°C скорость диффузии велика, все процессы в металле должны идти быстро и приводить к состоянию равновесия. Полное равновесие, конечно, недостижимо — манипулируя составом и термической обработкой, материаловеды всячески замедляют огрубление структуры. Но уж все возможные фазовые превращения, как предполагается, должны пройти как раз во время этой термической обработки, и никаких новых соединений, возникающих при эксплуатации, ожидать нельзя. В этом убеждаются, проводя ускоренные испытания — при большей температуре, чтобы процессы протекали быстрее.

Ан нет, в некоторых сверхлегированных сплавах именно через тысячи часов новое превращение только начиналось: материал внезапно пронизывали пластинки нового соединения, которое получило имя мю-фаза, сигма-фаза или хи-фаза. Эти пластинки были тонкими, с острыми ребрами, поэтому провоцировали образование трещин. И лопатки, отстоявшие тысячу и более часов, внезапно ломались. Как оказалось, причина образования новых соединений не связана с передозировкой какого-то конкретного элемента: нужно лишь, чтобы усредненное число валентных электронов всех содержащихся в сплаве элементов превысило критический уровень. Теперь элементы в сверхсплавах смешивают с учетом этого ограничения.

Сейчас сверхсплавы, по сути, лежат в основе технической цивилизации, какой мы ее знаем. Именно они обеспечивают нас электроэнергией, позволяют грузам и пассажирам преодолевать тысячи километров за считанные часы.

Аморфные сплавы

Металлы и их сплавы в твердом состоянии обладают кристаллической решеткой, такова их природа. А можно ли пойти поперек природы и создать аморфный металл? В 1950 году подобную возможность предсказал Дэвид Тарнбул, работавший тогда в «General Electric», и даже рассчитал, каким критериям должен соответствовать жидкий металл для успеха мероприятия. Это предположение было подтверждено в 1957 году, когда Пол Дувец из Калифорнийского технологического института сумел заморозить структуру жидкости в сплаве $Au_{75}Si_{25}$. Для этого ему понадобилась очень высокая скорость охлаждения — 10^6 градусов в секунду. За столь короткий срок атомы жидкого сплава не успевали переместиться и занять энергетически выгодные места в узлах решетки. А потом стало слишком холодно, чтобы можно было исправить это упущение.

Конечно, такую высокую скорость охлаждения получить нелегко. Самый простой способ — распылять мелкие капли жидкого металла так, чтобы они попадали на массивную холодную подложку. При этом образуются слиточки аморфного сплава в виде чешуек микронной толщины.

В 1969 году перешедший в Гарвард Тарнбул и его аспирант Хэсоу Чжэнь сумели впервые снизить минимальную скорость охлаждения для аморфизации до вполне разумных 100°C в секунду. В таком режиме получался аморфный сплав, где вместо золота был палладий — $80\% \text{Pd} + 20\% \text{Si}$; в некоторых опытах, впрочем, немного палладия заменяли золотом, серебром или медью, и они неизменно повышали температуру перехода в аморфное состояние. Почему выбрали именно такой состав, понятно. Смешивая пару столь непохожих компонентов, как кремний и палладий, можно получить эвтектику — при затвердевании элементы полностью избегают друг друга, и получается конгломерат из крепко сцепленных частиц обоих чистых компонентов. Происходит это так. Когда температура становится ниже некоего критического значения, из расплава выпадает кристалл одного из компонентов. К нему быстро приплывают родственные атомы, а окрестности ими обедняются. Так наступает время выпадения кристалла второго компонента. В результате по мере смещения фронта кристаллизации однородная жидкость расслаивается и формируются колонии твердого вещества из перемежающихся пластинок компонентов. Впрочем, бывают и другие морфологии, не пластинчатые. Главное же в том, что для расслоения нужно осуществлять перемещения атомов на большие расстояния. Это происходит за счет диффузии, скорость которой тем меньше, чем меньше температура.

Так вот, в системе «палладий—кремний» эвтектика приходится как раз на состав, содержащий примерно 20% кремния, а формируют ее чистый кремний и интерметаллид Pd_2Si . При быстром охлаждении никакая эвтектика возникнуть не успевает, интерметаллид также не образуется, а выходит однородная аморфная структура со случайным образом расположенными атомами всех элементов. Так был найден путь к быстрозакаленным аморфным сплавам, и с тех пор их ищут именно в районе эвтектических составов.

Первый практический успех опять пришел к американцам. В 1976 году Говард Либерман и Чарльз Грэхем занялись в Пенсильванском университете своеобразной непрерывной разливкой аморфного сплава. Они наливали жидкий металл на торец быстро вращающегося холодного медного диска. Металл застывал в момент касания диска и сразу же под действием центробежной силы с него слетал, образуя непрерывную ленту микронной толщины. Скорость охлаждения оказалась столь же высокой, как у Дувца. Аморфным при таком обращении сделался сплав из железа с никелем и бором. Впоследствии в качестве металлов стали использовать и чистое железо, и кобальт с никелем, а в роли металлоидов,

помимо бора, — углерод, кремний, фосфор. Однако примерный состав остался неизменным — около 80% металлов и 20% металлоидов, как в эвтектике бориды железа и бора.

Такой аморфный металл назвали метглас. Он интересен следующим обстоятельством. Обычно металлурги не любят много металлоидов в стали, фосфора боятся, как чумы, бор же насыпают сознательно, но в виде долей процента — он образует твердые бориды по границам зерен, мешая их огрублению. А тут в сплав насыпали пятую часть этих считающихся вредными веществ. Готовя смесь столь непохожих элементов, металлурги поставили их систему перед непростым выбором: что предпочесть в ходе затвердевания — порядок или беспорядок. Порядок обеспечивается за счет снижения внутренней энергии — энтальпии, а беспорядок — снижением энтропии. Упорядочивая непохожие элементы, можно снизить энтальпию, но при этом энтропия растет не в пример сильнее, нежели при упорядочении более сходных элементов. Как видно, при высокой скорости охлаждения система выбирает преимущество энтропии и отказывается от упорядочения, которое просто не успевает пройти.

Долгое время шли споры: истинно ли это аморфное состояние, не имеем ли мы дело со столь мелкими кристаллами, что никакое рентгеновское исследование не может различить их кристалличность? В конце концов сошлись на том, что это не суть важно, главное, чтобы свойства были хорошими.

А шансы на получение хороших свойств у аморфного металла велики. Ведь если нет кристаллической решетки, значит, нет и границ зерен — кристаллитов, в которых решетки ориентированы случайным образом друг относительно друга. Границы между зернами — слабое место металлических материалов: по ним идет разрушение, на них возникают частички — сегрегации — вредных веществ, того же фосфора, на них оседают и какие-то другие элементы. В результате именно по границам идет межкристаллитная коррозия. Нет границ — нет ослабления металла, нет межкристаллитной коррозии. Стойкость аморфного металла в агрессивной среде оказывается в разы выше. Например, аморфный сплав на основе никеля, железа и хрома вообще не корродирует в соляной кислоте.

Поскольку метглас можно делать и без дорогого никеля, получается сталь нового типа. По прочности аморфные металлы многократно превосходят кристаллические аналоги и при этом обладают высокой упругостью и неплохой пластичностью. В 80-х годах японцы хвастались, что из аморфных стальных лент они сплетут невиданную арматуру для железобетона, который будет и дешевым, и стоять сможет веками. Но потом почему-то не было слышно про успехи аморфного металла в массовом строительстве. Возможно, трудность в создании из тонких лент какого-то объемного изделия помешала и другим планам превращения аморфного металла в популярный конструкционный материал.

Однако метгласу нашлось другое массовое применение. Оставаясь металлом, хоть и лишенным кристаллической структуры, он сохранил магнитные свойства. Причем потери энергии при перемагничивании у него оказались существенно ниже, нежели у самых выдающихся магнитомягких материалов — пермалоев. Поэтому начиная с 80-х годов из аморфных сплавов делают сердечники для трансформаторов и многие другие устройства электротехники и электроники. Объем такого использования составляет около сотни тысяч тонн в год.

Удивительно, но за сорок с лишним лет исследований до сих пор нет ясности, чем вызваны прекрасные магнитомягкие свойства этих материалов. В качестве рабочей служит такая гипотеза: отсутствие границ зерен существенно облегчило движение стенок магнитных доменов при перемагничивании материала, а высокое содержание металлоидов увеличило электрическое сопротивление, что и подавляет вихревые токи. Однако насколько эта гипотеза справедлива и нет ли каких-то других важных механизмов — не очень понятно.

Металлическое стекло

Ленты и чешуйки застывшего металла — не самый технологичный материал. Их нельзя нагревать: повышение температуры ускоряет диффузию и дает шанс энтропии покончить с энтропией, перевести материал в термодинамически выгодное кристаллическое состояние. А ведь порошковая металлургия — самый очевидный метод изготовления чего-то объемного из такого сырья — требует нагрева. Поэтому, привыкнув к термину «аморфный металл», материаловеды стали искать способ получить это состояние сразу в объемных деталях. Собственно, это было продолжение той линии исследований, которую начали Чжэнь и Тарнбулл. Им удавалось получить аморфный палладиевый сплав в виде прутка толщиной 2 мм при охлаждении в воде: металл туда просто выливали тонкой струйкой. Задачей же было довести критическую скорость охлаждения до одного градуса в секунду — тогда можно делать сантиметровые детали при литье в медную форму, поскольку медь быстро рассеивает тепло. Как оказалось, для этого надо было углубиться в аморфный сплав, посмотреть, как формируется аморфное состояние и как оно деградирует.

Чжэнь с Тарнбуллом и тут оказались пионерами. Однажды они нагревали чешуйки аморфного сплава из золота, германия и кремния и мерили теплоемкость. Это свойство структурнозависимое, то есть при перестройке атомной структуры в твердом теле оно заметно меняется. И вот они обнаружили, что при некотором нагреве теплоемкость резко увеличивается, затем начинает изменяться так, будто образец стал жидким, а спустя нескольких десятков градусов наконец-то проявляются признаки образования кристаллов. То есть в этом сплаве нагрев вовсе не приводил сразу к кристаллизации аморфной структуры при нагреве, а возникало какое-то промежуточное состояние. Исследователи решили, что быстрозакаленный, то есть совершенно неравновесный аморфный сплав релаксировал и переходил в более равновесное состояние переохлажденной жидкости. Температуру этого перехода назвали температурой стеклования.

Никаких практически важных выводов из феномена сделано не было. А вот японские коллеги из университета Тохоку во главе с Акихисой Иноуэ сообразили, что из этого факта следует: не все аморфные сплавы портятся при нагреве. Значит, некоторые вполне можно нагревать и работать с ними в горячем состоянии. Это ли не путь к созданию объемных аморфных изделий из тонких быстрозакаленных чешуек? У Чжэня сплавы сделаны из драгметаллов, толку от них немного. Но может быть, стоит поискать другие, где также была бы большая разница между температурами стеклования и кристаллизации?



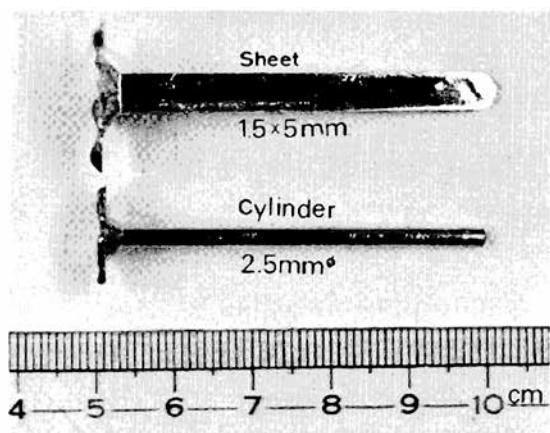
ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Благо метод исследования несложный, нужен лишь хороший прибор — дифференциальный калориметр. В университете такой прибор был, и сотрудники Иноуэ в 1989 году провели систематическое исследование системы Al-La-Ni, то есть выплавили множество сплавов с разным соотношением компонентов, превратили их в аморфные чешуйки и сняли зависимости теплоемкости при нагреве. А по ним определили зависимость температур стеклования и кристаллизации от состава. В результате удалось выявить остров, где разница между ними оказалась большой, а лучшим оказался сплав $\text{La}_{55}\text{Al}_{25}\text{Ni}_{20}$ — целых 70°C , рекорд на тот момент.

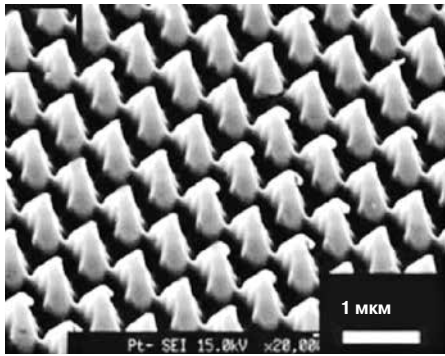
Тогда они сделали еще одно логичное предположение: если при отогреве металлического стекла появление кристаллов столь затруднено, что сначала получается вязкая жидкость, то оно будет затруднено и при быстром охлаждении расплавленной жидкости. Иноуэ провел решающий эксперимент с этим сплавом, налив расплав в кварцевые формы и охладив их в воде, и получил аморфные материалы рекордных размеров: пластинку шириной 5 мм и толщиной 1,5 мм, а также прутки диаметром 2,5 мм. Так стало ясно, что объемные металлические стекла делать можно, и даже понятно, как подбирать состав. Вот три принципа, сформулированные Иноуэ: сплав должен состоять более чем из трех элементов, при этом разница атомных размеров трех основных компонентов превышает 12%, а при их смешивании поглощается энергия, то есть атомы компонентов образуют сильные связи между собой. Ну и, само собой, состав должен находиться в районе эвтектики. Когда соблюдены все эти оговорки, шансы получить объемный аморфный сплав велики.

Правда, данные, приведенные в свежем обзоре Иноуэ («Acta Materialia», 2011, 59, 2243—2267; doi: 10.1016/j.actamat.2010.11.027), показывают, что добиться полного успеха все-таки непросто: рекордсменами пока остаются сплавы с драгоценными металлами. Так, самый большой аморфный цилиндр 80×85 мм получается из $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$. Прутки диаметром 40 мм и 100 мм длиной — из Pt-Pd-Cu-P. А максимальные размеры аморфных слитков из более дешевых сплавов вроде Zr-Al-Ni-Cu или Cu-Zr-Al-Ag — 30×50 мм. Тем не менее сейчас известно несколько десятков сплавов на основе циркония, магния, лантана и меди, которые аморфируются при размере не менее 20 мм, а на основе железа, кобальта и хрома — при размере не менее 10 мм. Этого вполне хватает для их применения в электронике, при изготовлении датчиков, медицинского и спортивного оборудования, где важны сочетание прочности, упругости и коррозионной стойкости либо специальные магнитные, электрические свойства аморфных материалов.

Однако самое интересное применение таких материалов — микро- и нанотехнологии будущего. Предполагается, что там, в прекрасном далёко, будет много микрорезистивных устройств, а макроскопические объекты украсятся микрорезистивными, нанесенными на поверхность. Скажем, костные имплантаты, чтобы на них лучше росли клетки. Для всего этого потребуются инструменты, например штампы с очень гладкой поверхностью. У кристаллических металлов достичь



Первые мало-мальски объемные детали, полученные из аморфного сплава группы Акихисы Иноуэ («Materials Transactions JIM», 1990, 31, 5, 425–428)



На поверхности аморфного сплава можно отпечатать очень хорошую структуру нанометрового масштаба («Acta Materialia», 2011, 59, 2243—2267)

такой гладкости нелегко — в них зерна микронного размера. Аморфный металл лишен зерен, степень гладкости у него ограничена лишь расстоянием между атомами. Более того, отогрев немного выше температуры стеклования, такой материал можно прекрасно деформировать, то есть придавать должную форму тому же штампу для изготовления чрезвычайно маленьких деталек. Сейчас это направление нельзя назвать полноценной отраслью, однако в недалеком будущем такие микроскопические штампы и сделанные с их помощью детали окажутся весьма востребованы.

Смешивай всех!

Если тонкие аморфные металлы — порождение прежде всего кинетики, которая не дает системе попасть в состояние равновесия, то объемные созданы непосредственно энтропией: именно ее превосходство над энтальпией мешает зарождению порядка. Принципы Иноуэ прямо на это указывают. Однако сейчас появились и другие сплавы, которые открытым текстом называют высокоэнтропийными.

К концу XX века в создании конструкционных материалов наметился кризис жанра. С одной стороны, прекращение соревнования двух систем из-за гибели одной из них несколько снизило скорость научно-технического прогресса и потребность в разнообразных новых материалах. К тому же за время соревнования их было придумано столько, что более консервативным конструкторам этого запаса хватает надолго. С другой стороны, оказалось, что число элементов все-таки ограничено таблицей Менделеева, а пригодных к использованию и того меньше. Все интересные комбинации двойных-тройных сплавов были выбраны и многократно исследованы, системы их легирования подобраны, и найти здесь что-то новое практически не представляется возможным. Появление новых технологических приемов вроде быстрой закалки дало всплеск новых идей, но и они в конце концов оказались исчерпаны.

Видимо, от такой безысходности и возникла в начале XXI века идея пойти наперекор всем канонам металлургии и смешать несколько металлических компонентов в равной атомной пропорции, не глядя ни на какие теоретические обоснования и фазовые равновесия. Причем взять побольше элементов — от пяти до десяти, для которых этих самых теоретических обоснований и быть не может из-за сложности многокомпонентной системы.

Из общих соображений такие сплавы не могут быть хороши-ми. Трудности начинаются уже при изготовлении — во время затвердевания отливки в ней возникнет сильная ликвация: одни элементы захотят быть рядом с другими, а третьих они вытеснят из круга своего общения. В результате однородный расплав распадется на области с сильно различающимися составами, которые будут обладать разными свойствами, а это

нехорошо. Далее, уже при охлаждении в твердом состоянии и при термической обработке станут распадаться и возникшие твердые растворы — из них станут вываливаться частички многочисленных интерметаллидов самой разной формы, в том числе и опасных хрупких пластин с острыми краями. Высоких механических свойств от такого материала ждать нельзя — он получится твердым, хрупким и не стойким к коррозии. Ну а если примериваться к жаропрочному применению, конгломерат всех этих частиц будет стремительно огрубляться, и материал потеряет ценные свойства, даже если они были.

Однако термодинамика позволила убрать большую часть этого негатива — правильный подбор компонентов обеспечил стабилизацию структуры за счет того, что энтропия запретила по большей части эти расслоения-превращения. За полтора десятка лет (первый высокоэнтропийный сплав сделали на Тайване в 2004 году) выяснилось, что ликвация не так уж и страшна — может получиться композит с более и менее твердыми/прочными частицами. Частицы соединений могут и не выпасть — сформируется композит из двух-трех твердых растворов, которые вполне стабильны даже при нагреве. В общем, на сегодня есть уже несколько таких материалов с неплохими свойствами. Например, у CoCrFeNiMn относительное удлинение достигает 40% при комнатной температуре, а при криогенной оно увеличивается вдвое, как и предел прочности, то есть сплав ведет себя наоборот по сравнению со сталью, которая при низкой температуре охрупчивается. У CoCrFeNi прекрасные коррозионные свойства, лучше, чем у нержавеющей (факт интересный, но присутствие дорогого кобальта в составе вряд ли заставит конструктора заменить сталь этим сплавом без особой на то нужды). AlCrFeMnNi обладает чрезвычайно высокой пластичностью — однажды его удалось раскатать в тонкую ленту со степенью деформации более 4000%. При этом весьма пластичная нержавеющая сталь, обладая аналогичной исходной твердостью, разрушилась при деформации 1500%. В литературе встречаются и совсем уж труднообразимые составы вроде AlFeTiCrZnCu или аморфного сплава $(\text{AlMoNbSiTaTiVZr})_{50}\text{N}_{50}$ — последний прекрасно проявил себя как барьер, препятствующий взаимопроникновению кремния и меди вплоть до 700°C, причем сохранил свою аморфность (видимо, это нужно для электроники). Такие сплавы, как VNbMoTaW и NbMoTaW , отнюдь не распадаются при нагреве с выделением интерметаллидов, а сохраняют однородный твердый раствор; уже по составу ясно, что они предназначены для работы при высоких температурах, и действительно показывают неплохие свойства при 1600°C. Аналогичным образом VNbMoWTa переплюнул знаменитый инконель-718 — при температуре 1600°C у него была такая же прочность, как у инконеля при 800°C. В сущности, это заявка на серьезный прорыв. Для никелевых сверхсплавов перспективной целью считается работа при 1200°C, а выше — это область, которую предполагалось занять керамическими или полностью интерметаллидными турбинами. $\text{Co}_{1.5}\text{CrFeNi}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}$ уже оказался востребован нефтяниками, из него делают детали насосов, расположенных в скважине, — там очень тяжелые условия работы.

В общем, есть предположение, что этот новый класс материалов найдет применение в виде инструментов и другой оснастки — подшипников, деталей печей, пресс-форм, штампов, словом, всего того оборудования, которое и составляет материальную базу цивилизации, поскольку от качества инструментов напрямую зависит и качество изделий. А новые материалы дают новые инструменты и новые технические процессы.



О чем мечтают химики

Напоминаем, что на сайте «NineSigma» (<http://www.ninesigma.com/>) каждый месяц появляются сообщения о потребностях крупных и не очень крупных компаний в новых технологиях и все желающие могут предложить этим компаниям свои идеи. Сделать это можно прямо на сайте (<https://ninesights.ninesigma.com/rfps>) либо прислав сообщение в нашу редакцию (redaktor@hij.ru), чтобы мы переправили ее менеджеру сайта.

Технологи из компании «Yanfeng Automotive Interiors», которая, как видно из названия, изготавливает детали автомобильного интерьера, предлагают посетителям сайта поиска открытых инноваций ninesigma.com сразу пять достойных идей для разработки, (срок подачи заявок — 31 августа 2018 года). О чем же они мечтают?

Например, о технологии, которая позволила бы упрочнять поверхностные слои полипропиленового сополимера за счет создания между его цепочками перекрестных связей. Делать это нужно с помощью электронного пучка, а какие-нибудь краски, покрытия или химические модификации поверхностных слоев не подходят. При этом предлагаемый метод должен, во-первых, обеспечивать контролируемую глубину и плотность перекрестных связей. Во-вторых — давать возможность создавать трехмерные структуры определенной глубины. В-третьих, не менять внешний вид и не сказываться на блеске поверхности. В-четвертых, не быть капиталоемким. Заявку оформить можно на страничке задачи №779735, https://ninesights.ninesigma.com/web/yanfeng-automotive-interiors/needs-listing/-/needs-portlet/viewNeed?_NeedsPortlet_WAR_NeedPortletsportlet_needId=797

Другая мечта — о гибкой пленке, способной подсвечивать выбранным цветом графические фигуры, изображенные на вышележащем пластике. Это нужно для автомобиля будущего — понадобится платформа для коммуникации с водителем посредством световых сигналов. Кроме того, светящиеся элементы обшивки автомобиля могут быть полезны и просто с эстетической точки зрения. Пленка должна выдерживать обработку при температуре не ниже 200°C, эксплуатироваться при температурах от -40 до +90°C, сохранять рабочие свойства в течение 50 тыс. часов. Самое же главное — чтобы к ней можно было подключить контроллер, который бы управлял цветом и интенсивностью свечения. И

еще желательно, чтобы существовало промышленное производство такой пленки. Заявку можно оформить на страничке задачи № 342009, <https://ninesights.ninesigma.com/web/yanfeng-automotive-interiors/needs-listing/-/needs-portlet/viewNeed/420>.

Компания обтягивает кожей многие детали автомобильного интерьера. Но нет предела совершенству — для реализации перспективных идей нужна полупрозрачная кожа, то есть пропускающая не менее 10% падающего на нее света в области спектра несколько шире видимого — 400—700 нм. Этот материал — скорее всего, натуральная кожа либо ПВХ-кожзаменитель — должен без последствий выдерживать действие стеклоочистителей, спреев от насекомых, освежителей воздуха, крема для загара и всех прочих пачкающих веществ, что могут оказаться внутри машины, быть устойчивым к истиранию, а работать при температуре от -40 до +110°C. Также он должен выдерживать не менее 96 часов при температуре 85°C и влажности 90% без выделения каких-либо летучих веществ. Яркость же пропускаемого света составляет от 600 до 1000 кд/м². Заявку можно оформить на страничке задачи №586415, <https://ninesights.ninesigma.com/needs/-/needs-portlet/viewNeed/864>

В автомобиле появляется все больше умных устройств со своими дисплеями, а значит, нужен материал-стеклозаменитель. Это должен быть пластик или комбинация пластика с покрытием на нем, который станет сочетать в себе лучшие качества стекла и пластика. Так, искомый материал должен иметь большую теплопроводность, чтобы при прикосновении человек чувствовал холод. Он должен пропускать не менее 90% падающего на него света видимого диапазона, выдерживать действие химикатов вроде стеклоочистителя или крема для загара, быть устойчивым к царапинам. А если на



нем еще и не будут оставаться отпечатки пальцев, это окажется дополнительным плюсом. Естественно, в процессе эксплуатации при обычных для салона автомобиля температурах, от -40 до +60°C, материал не должен выделять никаких вредных или пахучих веществ. Оформить заявку можно на страничке задачи № 067467, <https://ninesights.ninesigma.com/needs/-/needs-portlet/viewNeed/674>

Потребитель, глядя на материал, особенно если это материал внутренней отделки автомобиля, всегда оценивает его внешний вид, поэтому малейшие загрязнения могут снизить рейтинг товара. Очень важно, чтобы на таких материалах как можно дольше не осаждалась пыль и не появлялись пятна от бытовой химии или пота человека. В связи с этим не пропадает потребность в веществе, которое улучшит грязеотталкивающие свойства пластиков — полиолефинов вроде полипропилена, поликарбоната или полиамидов. Работать это вещество должно при температурах -40 – +100°C, не терять блеска под действием ультрафиолета. Возможные формы применения — добавка, которую вводят в пластик до или во время литья детали под давлением, или покрытие, которое отталкивает пыль и препятствует появлению отпечатков пальцев. Технологию для обработки тканей не приветствуются. Оформить заявку можно на страничке задачи № 762517, <https://ninesights.ninesigma.com/projects/-/needs-portlet/viewNeed/625>

Подготовил
С.М.Комаров

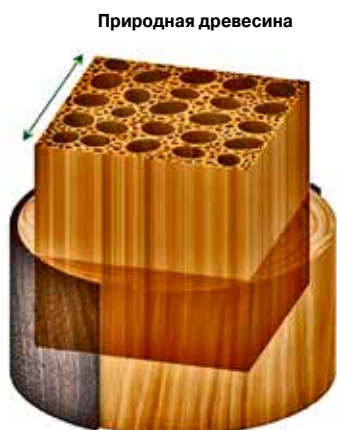
Пуленепробиваемая древесина



Исследователи из США придумали, как превратить обычную древесину в ультраплотный материал, который может остановить пулю («Nature», 2018, 554, 224–228, doi: 10.1038/nature25476). Предполагается, что новая технология позволит производить экологически чистые и надежные строительные материалы или даже персональную броню нового типа.

С помощью самодельного стенда для баллистических испытаний исследователи показали, что барьер из пяти слоев уплотненной древесины (каждый толщиной 9,5 мм) останавливает пулю. Тем не менее броня из дерева пока остается фантастикой, а из нового материала планируют изготавливать конструкционные элементы автомобилей, экологически дружелюбных зданий и инновационной мебели.

Двухстадийный процесс включает частичное удаление лигнина и гемицеллюлозы из природной древесины; для этого ее кипятят в водном растворе гидроксида и сульфата натрия с последующим горячим прессованием. В результате клеточные стенки древесной ткани полностью сжимаются, целлюлозные волокна выравниваются друг относительно друга и древесина сильно уплотняется. По утверждению авторов статьи в «Nature», удельная прочность обработанной древе-

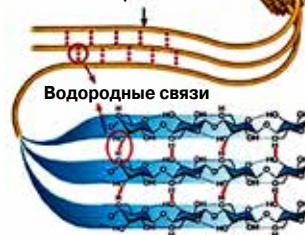


Уплотненная древесина (приблизительно 80%-ное уменьшение толщины)

1. Химическая обработка
2. Уплотнение



Нановолокна целлюлозы



После химической обработки древесина становится тоньше, но при этом прочнее и тверже

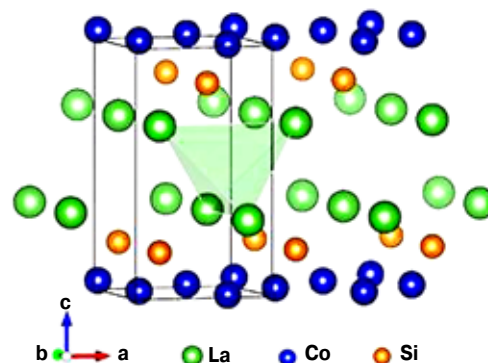
сины выше, чем у большинства металлов и сплавов. Пожалуй, главное достоинство этой технологии, разработанной группой под руководством Лянбина Ху из университета Мэрилленда (США) в том, что получить уплотненную древесину можно из дерева любых пород. Это позволит

использовать в качестве сырья сорта древесины, которые обычно не применяют в строительстве или изготовлении мебели.

Новый способ получения аммиака



Сто лет назад, в 1918 году, Нобелевскую премию по химии присудили Фрицу Габеру и Карлу Бошу за разработку промышленного способа получения аммиака из водорода и азота. И сегодня этот процесс остается главной технологией связывания атмосферного N_2 . Ежегодный объем производства аммиака по Габеру — Бошу — 140 миллионов тонн; человечество тратит на это около 2% всей вырабатываемой энергии. Энергия необходима главным образом для создания высокого давления — взаимодействие водорода с азотом требует температур около $400^\circ C$ и давления 20 МПа. Возможно, производство аммиака подешевеет благодаря новому катализатору, который разрушает тройную связь азот-азот в более мягких условиях («Nature Catalysis», 2018, 1, 178–185, doi: 10.1038/s41929-017-0022-0).



Новый катализатор LaCoSi обнаружила группа Хидео Хосоно и Цзюньцзе Вона из Токийского технологического института. При температуре $400^\circ C$ и нормальном атмосферном давлении он в десять раз эффективнее катализирует превращение азотоводородной смеси в аммиак, чем его ближайший конкурент — смешанный нитрид молибдена-кобальта. Есть еще одно вещество, которое при-

Строение катализатора, ускоряющего синтез аммиака при низком давлении

ближается к LaCoSi по каталитической активности в разрыве тройной связи азот-азот, но не превосходит его, — это металлический рутений. Однако для масштабов промышленного производства аммиака он слишком редкий и дорогой.

Состав LaCoSi не совсем обычен для тех, кто помнит химию только в рамках школьного курса. Это представитель соединений-интерметаллидов (они содержат металлы, но в отличие от сплавов подчиняются закону постоянства состава), образованный f-металлом, d-металлом и p-элементом. Состав и строение кристаллической решетки LaCoSi таковы, что на кобальте образуется высокая электронная плотность, а это позволяет разрушать прочные

ковалентные связи в молекулах H_2 и N_2 . Как отмечают исследователи, энергия активации каталитического процесса — самая низкая среди изученных ранее. Причина в интересной особенности процесса: энергия, которая выделяется в результате адсорбции азота на поверхности катализатора, расходуется на разрыв тройной связи $N \equiv N$.

Говорить о том, что процесс Габера скоро уступит место катализатору LaCoSi, пока рано. Японские ученые

продолжают работать, чтобы увеличить эффективность рабочей поверхности катализатора и выяснить, проявит ли интерметаллид LaCoSi высокую каталитическую активность и в промышленных масштабах. В любом случае разработка способов связывания атмосферного азота — один из святых граалей химии, поэтому любые результаты в этой области важны не только в практическом плане, но и для теории каталитических процессов.

Синтез фосфорорганики без белого фосфора

Список фосфорорганических соединений, производимых в промышленных масштабах, достаточно широк. Это и пестициды (наиболее известный среди них — глифосат), и замедлители горения, и лиганды для гомогенного металлокомплексного катализа. Для получения большинства этих веществ необходим токсичный и огнеопасный белый фосфор P_4 . Исследователи из США получили новый элементоорганический анион, который позволит производить фосфорорганические вещества из фосфорной кислоты («Science», 2018, doi: 10.1126/science.aar6620).

Большую часть апатитов и других фосфорсодержащих руд превращают в фосфорную кислоту, которую затем в основном применяют для производства фосфорных удобрений. Лишь 2% восстанавливают до белого фосфора, но и это немало — в мире получают около миллиона тонн P_4 в год. Получение ведут в электродуговых печах, плавя руду при $1500^\circ C$, а поскольку фосфор восстанавливает углерод, при этом образуются углекислый и угарный газы. Затем белый фосфор окисляют молекулярным хлором до трихлорида фосфора PCl_3 , который и превращают в нужные фосфорорганические вещества. Заманчиво было бы сделать их получение более эффективным и дружелюбным по отношению к окружающей среде.

Кристофер Камминс из Массачусетского технологического института и его аспирант Майкл Гисон научились получать фосфорорганические соединения из фосфорной кислоты. Для этого кислоту необходимо превратить в бис(трихлорсиллил)фосфид-анион — ключевой интермедиат для получения фосфинов и гексафторфосфата с образованием связей P-H, P-F и P-C. В этом случае уже не нужен ни белый фосфор, ни хлорирование молекулярным хлором.

Как заявляют исследователи, силлилфосфид ранее не был описан в литературе, и это удивительно, так как он достаточно легко образуется в реакции триметафосфата (продукта дегидратации фосфорной кислоты) с трихлорсиланом (распространенное кремнийсодержащее вещество, которое применяют, в частности, для изготовления полупроводников). Его огромное преимущество в том, что в некоторых случаях, например для получения фосфинов, выделение нового аниона силлилфосфида не требуется и реакцию можно проводить в режиме *one pot* — просто последовательно добавляя в реакционную смесь все необходимые реагенты и выделяя только конечный целевой продукт.

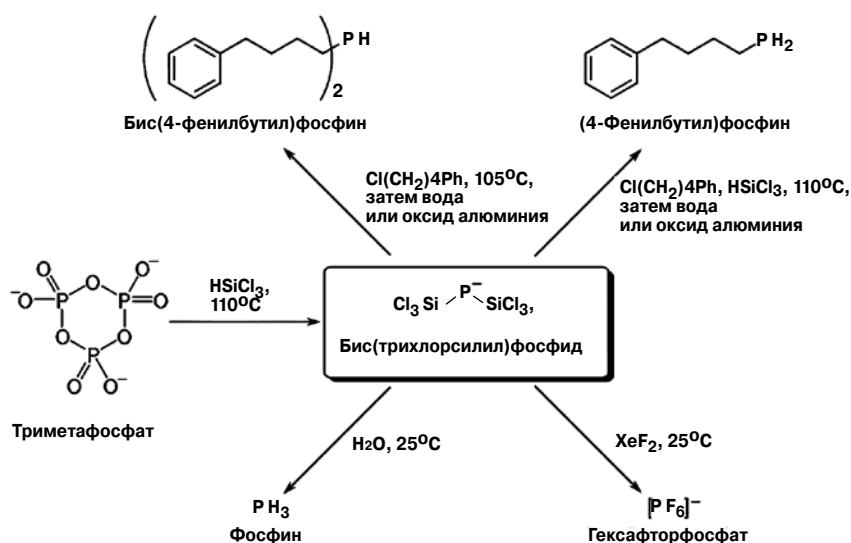
Следует отметить, что новый подход к синтезу фосфинов и других фосфорсодержащих веществ всего лишь избавляет от необходимости применять токсичный и горючий белый фосфор. Получение трихлорсилана практически

Полезные фосфорорганические вещества можно получить из силлилфосфида, не используя в качестве исходного реагента белый фосфор

аналогично получению трихлорида фосфора — нужно плавить кремнийсодержащие руды при высокой температуре, восстанавливать их углеродом и потом хлорировать. Многие фосфорорганики, в целом высоко оценивая результаты, полученные Камминсом, все же отмечают, что предпочтительнее был бы метод, позволяющий превращать связи P-O фосфатов в связи P-C без помощи «элементов-посредников». Тем не менее Камминс и Гисон уже планируют масштабировать свой процесс и создать опытное производство в Марокко, где благодаря большим запасам фосфорсодержащих минералов производят фосфорные удобрения.

Выпуск подготовил кандидат химических наук
А. И. Курамшин

ХЕМОСКОП



Миры Стивена Хокинга

Олег Фейгин

Я не согласен с мнением, что Вселенная — это загадка, не что не поддающееся пониманию и анализу, то, о чем можно получить лишь интуитивное представление. Я чувствую, что такое воззрение несправедливо по отношению к научной революции во всех областях мироздания, начатой почти четыреста лет назад Галилеем и продолженной Ньютоном. Два этих гения наглядно показали, что, по крайней мере, некоторые части Вселенной ведут себя не произвольным образом, а подчиняются точным математическим законам.

Стивен Хокинг. Черные дыры и молодые вселенные

Несколько лет назад я получил от одного издательства задание рассказать об одном из самых ярких и загадочных ученых современности — Стивене Хокинге. К сожалению, к тому времени тяжкая форма паралича практически полностью обездвижила профессора Хокинга, и он был вынужден резко ограничить свой круг общения. Фактически этот выдающийся британский физик-теоретик и космолог поддерживал связь с внешним миром через нескольких близких людей — студентов, аспирантов и постдоков.

Все это я узнал из электронной переписки и уже почти смирился с неудачей, когда пришло новое сообщение. Возможно, профессора заинтересовали мои исследования квантовой физики времени, а может быть, ему просто захотелось рассказать о своих идеях еще раз. Так или иначе, у нас завязалась неспешная переписка, и эти виртуальные встречи с выдающимся теоретиком легли в основу книги «Стивен Хокинг. Гений черных дыр» (М., «Эксмо», 2010).

Многое при этом осталось в стороне ожидать своего часа. Недавние сенсационные находки в глубинах космоса и на Земле заставили меня вернуться к своим заметкам. Хокинг не сомневался, что бозон Хиггса, знаменитая «частица Бога», будет открыта на Большом адронном коллайдере, и действительно, это случилось в ходе экспериментов 2012 года. Он считал, что в центре Галактики есть семейство сверхгигантских дыр массой в миллионы или даже миллиарды солнечных масс; в старых же галактиках могут быть аномально большие дыры, съевшие вокруг себя всю материю. Эта точка зрения сейчас стала самой распространенной и подтверждается астрономами. Пока что самые тяжелые кандидаты в такие сверхмассивные черные дыры весят десять—двадцать миллиардов солнечных масс, то есть примерно как небольшая галактика. В центре Млечного Пути, в созвездии Стрельца, есть неактивная черная дыра массой в четыре с лишним миллиона солнечных масс. Сейчас ее наблюдают по косвенным признакам — влиянию на движение близких звезд и облаков газа, однако существуют свидетельства, что совсем недавно, 300—400 лет назад, она была активной, со светимостью в миллион раз больше, чем сейчас. Есть у астрономов подозрения, что неподалеку расположено еще несколько черных дыр меньшего размера.

К сожалению, наши виртуальные беседы со Стивеном Хокингом прервались навсегда...



Короткая юность

Мы живем, почти ничего не понимая в устройстве мира. Не задумываемся над тем, какой механизм порождает солнечный свет, который обеспечивает наше существование, не думаем о гравитации, которая удерживает нас на Земле, не давая ей сбросить нас в пространство.

Стивен Хокинг. Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр

Рассказывая о себе, Стивен Хокинг всегда с гордостью подчеркивал, что родился 8 января 1942 года, ровно через триста лет после смерти величайшего классика физической науки Галилео Галилея. При этом профессор скромно отмечал, что, хотя в тот же год на просторах Британской империи появилось на свет еще двести тысяч младенцев, лишь один из них заинтересовался астрономией. Но этот интерес был таким серьезным, что привел к созданию новой теории грандиозных космических провалов пространства-времени, которые называют черными дырами.

Стивен родился в Оксфорде, и этот факт связан с любопытными обстоятельствами. Дело в том, что между ВВС союзников и люфтваффе существовало глубоко засекречен-

ное соглашение — не бомбить центры европейской науки: Оксфорд, Кембридж и Гейдельберг с Гёттингеном. Поэтому когда налеты на Лондон стали особенно яростными, родители Стивена перебрались под защиту академических стен.

Отец Стивена был родом из Йоркшира, обучался медицине в Оксфорде. Позже он изучал тропические болезни и в 1937 году уехал в Восточную Африку, а с началом Второй мировой войны вернулся в Англию. Мать родилась в Глазго, в семье врача, где была вторым ребенком из семи. Когда ей исполнилось двенадцать лет, семья в поисках лучшей доли переехала на самый юг Англии, в Девоншир, но и там их жизнь оказалась нелегкой. Тем не менее ценой героических усилий дочь отправили в Оксфорд. По окончании Оксфорда она сменила несколько профессий, пока не встретила молодого доктора Хокинга, закупающего медицинские препараты для очередной африканской экспедиции.

О своей семье Хокинг писал:

«Моя сестра Мэри родилась через восемнадцать месяцев после меня. Все детские годы между нами были определенными трениями, подпитываемые незначительной разницей в возрасте. Мэри стала врачом, чем порадовала отца. А младшая сестренка Филиппа родилась, когда мне было около пяти лет. Филиппа была очень впечатлительным и восприимчивым ребенком. Мой брат Эдвард появился много позже, когда мне было четырнадцать, поэтому он не вошел в мои детские воспоминания».

После окончания школы Стивен, несмотря на посредственную подготовку, смело отправился держать экзамены в Оксфорд. И, к собственному изумлению, осенью 1959 года был зачислен в студенты. А когда Стивену Хокингу исполнился 21 год, выяснилось, что он болен неизлечимой болезнью — боковым амиотрофическим склерозом. Врачи давали ему два — два с половиной года жизни.

Однако Хокинг опроверг эти прогнозы. Как он сам рассказывал, от уныния его спасла помолвка с девушкой по имени Джейн Уайльд. Он полюбил ее, любовь оказалась взаимной. Джейн вышла замуж за Стивена, зная о жестоком приговоре врачей. Так у него появился огромный стимул для борьбы.

На свою свадьбу молодой Хокинг пришел, тяжело опираясь на палку. Через два года, когда родился его сын, Стивен уже ходил на костылях. Неумолимая болезнь не отступала. Еще через три года, когда родилась дочь, он передвигался в инвалидной коляске.

До тридцати лет Хокинг еще мог самостоятельно передвигаться, подниматься по лестнице, есть, вставать. Однако затем болезнь подступила вплотную, и его тело полностью потеряло подвижность.

Первые шаги за научный горизонт

Если не считать того, что я заболел боковым амиотрофическим склерозом, то почти во всем остальном мне сопутствовала удача. Помощь и поддержка, которые мне оказывали моя жена Джейн и дети Роберт, Люси и Тимоти, обеспечили мне возможность вести довольно-таки нормальный образ жизни и добиться успехов в работе. Мне повезло и в том, что я выбрал теоретическую физику, ибо она вся вмещается в голову. Поэтому моя физическая немощь не стала серьезным минусом. Мои научные коллеги, все без исключения, оказывали мне всегда максимальное содействие.

Стивен Хокинг. Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр

Многообещающего выпускника одного из престижнейших университетов в то время привлекали две фундаментальные области теоретической физики. Прежде всего это была



наука об обширнейшем предмете природы, Вселенной в целом — космология. «Для равновесия» Хокинг выбрал еще и теоретические исследования в области элементарных частиц, лежащих в масштабе бесконечно малого. При этом элементарные частицы казались вчерашнему студенту все же менее привлекательными, потому что для них не было соответствующей теории, несмотря на то что ученые все время находили множество новых частиц. Исследователи просто разбивали их на семейства, как ботаники — растения.

Однако в Оксфорде тогда никто не занимался космологией, а в Кембридже работал Фред Хойл — выдающийся астроном и автор будущих фантастических бестселлеров «Черное облако» и «Андромеда». Хокинг подал заявку, чтобы работать над диссертацией у самого Хойла. Заявку приняли, так как у Стивена был довольно высок суммарный балл выпускных оценок. Амбициозного ассистента сильно опечалило, что его руководителем стал не Хойл, а доктор Денис Сиам. Однако все устроилось наилучшим образом, ведь профессор Хойл проводил много времени в различных заграничных лекционных турне, конференциях, симпозиумах и конгрессах, в то время как блестящий педагог доктор Сиам, впоследствии написавший широко известную книгу «Общие принципы теории относительности», всегда был на месте, подстегивая и понукая увлекающегося аспиранта.

В заявке нужно было назвать двух людей, которые могли бы дать отзыв о работах соискателя. Профессор Сиам предложил попросить отзыв у знаменитого астрофизика Германа Бонди. Он был профессором математики в лондонском Королевском колледже, специалистом по теории относительности, и приобрел известность благодаря своей научно-популярной книге «Относительность и здравый смысл». В научных же кругах астрономы яростно спорили с ним по поводу совершенно еретической теории стационарной Вселенной, которую Бонди вместе с астрономами Томасом Голдом и Фредом Хойлом опубликовал в 1948 году. Идея их заключалась в том, что по мере разбега галактик на освободившихся местах из нового, непрерывно рождающегося вещества образуются новые галактики. Таким образом, несмотря на расширение, во все моменты времени и во всех точках пространства Вселенная имеет в среднем одинаковую плотность и выглядит примерно одинаково. Дискуссии вокруг этой теории не утихали несколько десятилетий.

Когда Бонди пригласили читать лекции в Кембридж, Хокинг набрался смелости и обратился к маститому ученому. Бонди благожелательно отнесся к просьбе аспиранта, но впоследствии совершенно забыл о своем обещании. Поэтому когда к нему поступил официальный запрос, знаменитый ниспровергатель астрономических истин ответил, что никогда не слышал о странном аспиранте.

Готов был разразиться скандал, но профессор Сиам сумел вовремя связаться с Хойлом, и тот по-дружески пожурил своего забывчивого коллегу. Бонди легко признал ошибку и написал такой благожелательный отзыв, что Хокинг тут же был зачислен научным сотрудником Кейс-колледжа.

Погружение в науку

Мы еще очень многого не знаем о Вселенной, многого не понимаем. Но уже достигнутый нами прогресс, в частности, за последние сто лет, должен воодушевить нас и придать уверенности в том, что полное понимание — в границах возможного. Думаю, мы не обречены вечно бродить на ощупь в темноте. Совершив рывок к созданию полной теории Вселенной, мы станем ее истинными хозяевами.

Стивен Хокинг. Черные дыры и молодые вселенные

Серым осенним утром к одному из старинных корпусов Кембриджа спешит странная процессия. Впереди катится, жужжа и попискивая, коляска, своей кибернетической начинкой напоминающая очередную модель марсианского исследовательского роллера, рядом вышагивают несколько юношей и девушек, заботливо прикрывающих ее зонтами, а сбоку спешит миловидная женщина в блестящем дождевике, наброшенном на белый халат, озабоченно поглядывая на числа и кривые, бегущие по жидкокристаллическому дисплею в подголовнике необычного экипажа. В самой коляске расслабленно расположился иссохший пожилой человек с острыми чертами лица, несколько смягченными застывшей улыбкой и необыкновенным взглядом больших серых глаз, прикрытых очками.

Каждый в Кембридже, от садовника до профессора, знает, что это спешит на свое рабочее место заведующий кафедрой прикладной математики и теоретической физики (той самой, которой когда-то заведовал Ньютон), доктор, профессор и академик Стивен Хокинг. Окруженный своими студентами и аспирантами, заботливо поддерживаемый личным врачом, «раскрепощенный дух в плененном теле», как назвала его однажды «Гардиан», легко въезжает по специально построенному пандусу в широко открытые резные двери физического корпуса.

Сегодня у профессора Хокинга лекция перед третьекурсниками, и он прекрасно знает, что вместе со студентами в переполненную аудиторию соберется много его друзей и коллег со всех факультетов. Как однажды написала «Санди таймс» — побывать на лекции у профессора Хокинга становится своеобразным знаком престижа.

Медленно меркнет свет, со скрипом опускаются старые механические жалюзи, и за скрюченной фигуркой в кресле оживает полотнище экрана, наискось перечеркнутое изображением спиральной галактики. Тут же включается синтезатор звука, и характерный «синтетик-войс», подаренный Хокингу одним американским программистом, начинает рассказ о поиске некоей единой формулы, описывающей все сущее в окружающей реальности. Теоретики всего мира уже без малого столетие бьются над вопросом о том, как представить окружающую Вселенную с единой точки зрения. Эта научная мечта, получившая название «Теория Всего» или «Великое объединение» — святой Грааль физики. Одним из первых начал «граалить» (как называл эти возвышенные странствия герой романа Марка Твена «Янки при дворе короля Артура») еще сам Альберт Эйнштейн. Даже уходя в иной мир, он не забывал о главном труде своей жизни — «единой теории поля». По легенде, последними его словами было: «Ну теперь-то я узнаю, как все это устроено».

Когда-то в погону за неуловимыми формулами Великого объединения пустился и аспирант Хокинг: более сорока лет он упорно пытался понять, как же связать воедино все такие разные силы, управляющие судьбой мироздания.

В этом месте лекции Хокингу всегда вспоминается его друг и коллега, нобелевский лауреат Стивен Вайнберг. Как азартно в свое время они обсуждали его книгу «Первые три минуты»! Тогда у него еще был голос и шевелились пальцы...

Кивая крупной седовласой головой, профессор Вайнберг с молодым азартом доказывал, что когда-нибудь физики обязательно построят сверхмощный ускоритель элементарных частиц. На этом потомке Большого адронного коллайдера они смогут достоверно воспроизвести условия, имевшие место в первые доли мгновения после рождения Вселенной в невообразимой пучине Большого взрыва. В этот великий момент станет ясно, что же представляет собой в истинном своем виде исходное «сверхсиловое взаимодействие».

Расположив перед креслом своего неподвижного коллеги громадный планшет с перекидными листами и цветными фломастерами, Вайнберг быстро покрывал листы строчками формул.

— Стив, пойми, — взгляд Вайнберга мечтательно устремился в сизую муть осеннего кембриджского тумана за окном, — когда-нибудь наши шалопай-студенты, ну, хорошо — пусть не наши, а их потомки, — с усмешкой добавил он, заметив протестующее движение глаз своего коллеги, — в ближайшие полвека сумеют создать теорию, объединяющую все, что нам известно об этом мире.

— Отлично! — Хокинг с трудом оторвал взгляд от россыпи формул и с грустной улыбкой взглянул на друга. — Тебе обязательно надо написать об этом статью, нет — лучше обширный обзор, так его и назови — «Единая физика к 2050 году»! Я бы и сам с радостью поучаствовал в этом проекте, да вот никак не могу закончить новую модель моих испаряющихся черных дыр. Представляешь, вроде бы получается, что эти черные дыры должны просто шипеть и брызгать информацией, как жирный ростбиф на раскаленной сковородке пространства-времени! Но я обязательно когда-нибудь тоже напишу что-то существенное об эйнштейновской единой теории поля и назову это «Теория Всего».

Великая тайна космологической сингулярности

Сам Эйнштейн не смог принять квантовую механику из-за связанного с ней элемента случайности и неопределенности. Он сказал: «Бог не играет в кости». Похоже, что Эйнштейн ошибся дважды. Квантовый эффект черной дыры позволяет предположить, что Бог не только играет в кости, но и иногда бросает их туда, где их нельзя увидеть.

Стивен Хокинг

Теоретики считают, что история нашего мира началась с крайне загадочной точки пространства-времени под названием «космологическая сингулярность». Эта точка соответствует воображаемому начальному моменту расширения наблюдаемой Вселенной — Метагалактики. В ней начальное состояние материи характеризовалось совершенно непонятной плотностью энергии, стремящейся к бесконечности. Естественно, бесконечность — понятие математическое, и в нашем случае оно просто ограничивает схемы развития Вселенной, которые ученые называют «космологическими сценариями». Что происходит в области космологической сингулярности (да и существует ли она в реальности), не знает никто, но логично предположить, что там становятся неприменимыми многие законы привычного для нас мира, описываемые теорией относительности и квантовой физикой.

Что же может таиться в Космологической сингулярности и как ее исследовать?

Для ответа на этот вопрос предлагалось немало самых удивительных гипотез рождения мироздания. Трудно даже перечислить всех физиков, астрономов и космологов, предложивших здесь свои оригинальные идеи. Больше всего их было сформулировано в работах выдающихся физиков прошлого и нынешнего столетия — Джона Уиллера, Я.Б. Зельдовича, А.Д. Сахарова, И.Д. Новикова, А.Д. Линде, А.В. Виленкина.

Из них наиболее оригинален подход знаменитых британских теоретиков Стивена Хокинга и Роджера Пенроуза. Фактически они стремятся исключить космологическую сингулярность, считая, что в нулевой момент времени происходит некий «фазовый» переход пространства-времени и предыдущая вселенная превращается в наш мир.

В «обычной» сингулярности, черной дыре, образовавшейся из звезды, могут происходить всевозможные неизвестные науке процессы, которые никак не влияют на внешний мир. Но все это справедливо лишь для «закрытых» сингулярностей. Космологическая сингулярность открыта по своей сути, и может даже оказаться, что мы живем внутри своего рода черной дыры.

Принципиальную невозможность разглядеть внутренности черной дыры Роджер Пенроуз окрестил в конце шестидесятых годов XX века «космической цензурой». Против «космических цензур» решительно выступает группа ученых, возглавляемая индийским космологом Панкаджем Джоши. Он считает, что достаточно массивная звезда может, безудержно проваливаясь «внутрь самой себя» под действием силы тяжести, породить самую настоящую голую сингулярность.

Присмотримся повнимательнее к черной дыре звездной массы. Скорее всего, как и исходная звезда, она будет вращаться вокруг своей оси, и тогда снаружи от горизонта событий возникнет внешняя оболочка — эргосфера: область пространства-времени, которая вращается вместе с дырой. Судьба частицы, попавшей в эргосферу, не predetermined — она может упасть в дыру, вылететь за пределы ее действия, а может и перейти на вращение по стационарной орбите. Более того, пролетающие сквозь эргосферу частицы могут уносить ее энергию вращения. По мнению Хокинга, многократные слияния черных дыр так искажают эргосферу, что в ней появляются окна голых сингулярностей, через которые идет неимоверно мощный поток излучения — дыра избавляется от накопившейся ней материи. Квазары — самые яркие объекты Вселенной — Хокинг и считал примерами таких огромных черных дыр с окнами голых сингулярностей. Поток

излучения изнутри дыры несет информацию о том, что происходит внутри нее. Значит, есть принципиальная возможность детально исследовать ее структуру.

Существование голых сингулярностей оказывает большое влияние на современную физику. Дело в том, объяснял профессор Хокинг, что у них нет сдерживающего барьера, называемого «горизонтом событий». Тогда загадочные процессы, происходящие вблизи этих бездонных (в буквальном смысле) «провалов пространства-времени», могли бы вторгнуться во внешний мир, неузнаваемо изменив Вселенную.

Таким образом, решив загадку природы сингулярного состояния материи, наука будущего не только выяснит, как произошло нечто, подтолкнувшее досингулярную материю к рождению нашего мира, но и откроет новые перспективы в познании черных дыр. Именно здесь, считал Хокинг, кроется тайна сверхмассивных «монстров Вселенной» в миллиарды солнечных масс.

Это было последнее, над чем трудился выдающийся теоретик. Выдающийся ученый и очень мужественный человек ранним утром 14 марта 2018 года навсегда покинул нашу планету, затерявшись в бесконечных измерениях так любимого им Мультиверса.



ПОРТРЕТЫ



Подпиши свою библиотеку на «Химию и жизнь» через «БиблиоРодина»



biblio.planeta.ru

«БиблиоРодина» — сервис, основанный на принципах народного финансирования, который позволит любому человеку стать меценатом и оформлять подписки на научно-популярные периодические издания в дар российским библиотекам.

На сегодняшний день в проекте участвуют около 6,5 тысяч библиотек и 70 периодических изданий, среди которых «Наука и жизнь», «Юный техник», «Знание — сила», «Химия и жизнь». Библиотеки могут самостоятельно отправить заявку на участие в проекте, заполнив форму на главной странице (<https://biblio.planeta.ru>), указав точный адрес и контактные данные. Журналы также могут подключиться к проекту по собственной инициативе.

Есть ли жизнь в космосе?



Поверхность Марса

Фото: NASA, JPL-Caltech/MSSS

Кандидат химических наук

А.И. Курамшин

Космическая тема вновь становится популярной. На семинарах по естествознанию студенты спрашивают о том, каковы шансы колонизировать Марс уже в этом веке, каждый год 5 августа марсоход «Curiosity» поет себе мелодию «С днем рождения тебя», вокруг Солнца вращается электромобиль с надписью на лобовом стекле «Не паниковать!», автоматический зонд «Вояджер-1» за сорок с половиной лет после запуска удалился от Солнца на 142 астрономические единицы... Чьи же следы нашли на пыльных тропинках (пускай пыль и метановая) далеких планет и спутников Солнечной системы?

Миссии на Марс

Пожалуй, сегодня Марс можно считать самой изученной планетой Солнечной системы после Земли. Однако начало путешествия «Марсианского экспресса» было не особенно удачным — в 1960-е годы при старте, выходе на околоземную орбиту и подлете к Марсу пропало не менее десятка советских и американских автоматических зондов. Первым космическим аппаратом, который смог подлететь к Марсу, сфотографировать его поверхность и отправить на Землю 22 фотографии, был американский «Маринер-4», а дату его пролета около Марса (июль 1965 года) считают началом космического изучения Марса. Первый искусственный спутник Марса — американский зонд «Маринер-9», а вот первую посадку на Марс в 1971 году совершил аппарат советской автоматической межпланетной станции «Марс-3». Передача данных со спускаемого аппарата началась вскоре после того, как он коснулся поверхности планеты, но прекратилась уже через 14,5 секунд. С тех пор поверхность и атмосферу Красной планеты изучили уже около двух десятков успешных космических миссий, некоторые из них работают и сегодня.

Результаты, полученные с помощью космических зондов, позволяют говорить о том, что миллиарды лет назад на Марсе существовали три условия, критически необходимые для появления жизни. На нем было много молекул, которые могли бы выступать строительными блоками аминокислот и нуклеотидов, формирующих, в свою очередь, белки и нуклеиновые кислоты; на его поверхности была жидкая вода; имелся также источник энергии, необходимой для протекания химических реакций и в итоге для перехода к самовоспроизводящимся молекулярным системам. На Марсе таким источником энергии были вулканы, а на Земле — энергия Солнца. (Конечно, и на Марсе есть солнечный свет, но он гораздо слабее, и Солнце не смогло бы дать красной планете достаточное количество тепла.) В наше время негостеприимная поверхность Марса кажется безжизненной, и пока мы так и не нашли следов марсианской жизни — ни вымершей, ни тем более современной. Однако нельзя полностью исключить, что в каких-то укромных уголках под замерзшей поверхностью этой планеты она все-таки прячется.

«Марсианский экспресс» еще в пути — поиски следов жизни на Марсе продолжают. В ближайшие годы к

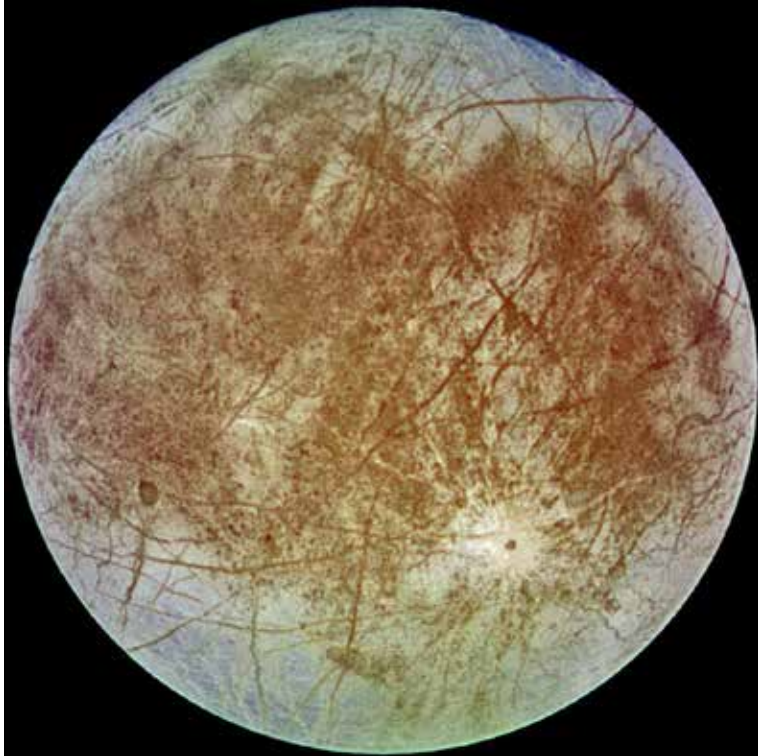
Марсу отправятся еще три космические миссии, а в долгосрочной перспективе космические агентства планируют доставить на Землю образцы марсианской атмосферы и марсианского грунта. Конечно, на Земле удастся получить больше информации, чем на аппаратуре роботов, находящихся на Красной планете и ее орбите. Однако поиски внеземной жизни не ограничиваются Марсом.

Туры к Европе

Пятая планета Солнечной системы — газовый гигант Юпитер не может быть домом ни для какой формы жизни, чего нельзя сказать о его ледяных лунах, в особенности о Европе. Немало космических станций передавало на Землю информацию о Юпитере и его спутниках, пролетая мимо, но в 1989 туда отправился первый космический корабль, специально созданный для изучения этой планеты и его лун. Автоматический космический аппарат НАСА «Галилео» вышел на орбиту Юпитера в 1995 году, после чего проработал восемь лет. Он пролетел около Европы 12 раз — каждый раз фотографируя и отправляя снимки на Землю.

Фотографии поверхности Европы и данные, полученные с помощью космических станций, позволяют предположить, что у этого спутника Юпитера почти такое же слоистое строение, как и у Земли: богатое железом твердое ядро, мантия из скальных пород и кора из льда. Ученые измерили магнитное поле Европы и под ледяной корой зафиксировали электрические токи, которые доказывают наличие солевого ледяного океана, покрывающего всю поверхность Европы. Фотографии поверхности, полученные «Галилео», также говорят в пользу этой идеи.

Геологи и астрономы полагают, что Европа похожа на ледяные поля Антарктиды. Это позволяет говорить о том, что, по масштабам геологических эпох, лед Европы молод и вполне может взаимодействовать с подледным резервуаром жидкой воды и обмениваться с ним веществом. В декабре 2012 года

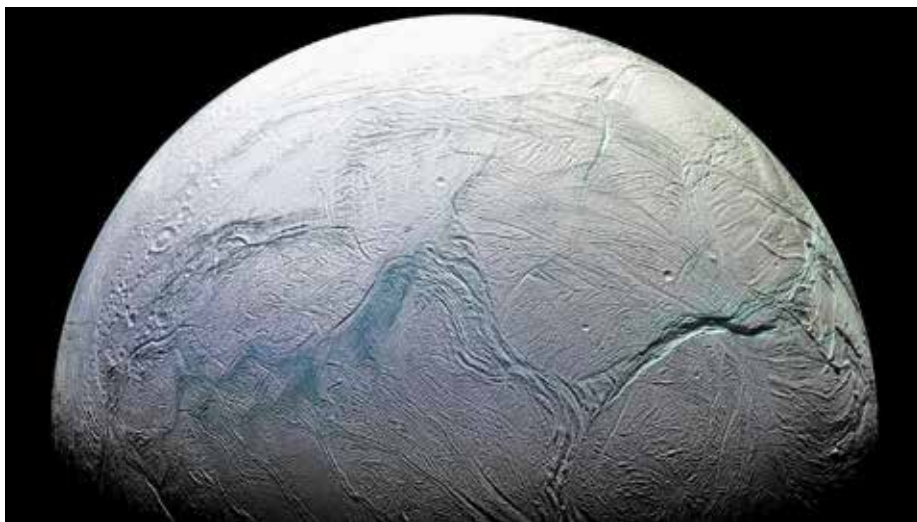


Спутник Юпитера Европа — одно из наиболее вероятных мест, где есть внеземная жизнь в Солнечной системе. На Европе есть жидкие океаны и близкая к земной сила тяжести

космический телескоп Хаббл обнаружил пары воды у южного полюса Европы. Возможно, это результат деятельности гейзеров, бьющих из-под поверхности ледяного панциря. Космические корабли, правда, такие гейзеры еще ни разу не наблюдали, но, может быть, океан Европы прорывается сквозь трещины во льду не постоянно и космическим аппаратам, включая «Галилео», просто не повезло.

Итак, на Европе, вероятно, есть вода. А что с остальными двумя факторами, необходимыми для появления жизни? У Европы есть источник тепловой энергии — он связан с неравномерной скоростью движения Европы по эллиптической орбите вокруг Юпитера. Космическое пространство вокруг Юпитера богато излучением во всех областях спектра, способным запустить химические реакции усложнения ор-

Поверхность Энцелада



ганических соединений (как, впрочем, и реакции разрушения сложных по структуре и больших по молекулярной массе органических соединений). А вот есть ли на Европе химические вещества, способные стать строительными блоками жизни, пока неясно. Компьютерное моделирование не отрицает такой возможности, однако хотелось бы проверить эти результаты.

С проверкой придется подождать. Запуск космического аппарата, над которым трудятся европейское и американское космические агентства, запланирован на 2022 год. Аппарат «Джус» («Juice» — Jupiter Icy Moons Explorer) проведет более семи лет в планетной системе Юпитера, изучая в первую очередь Ганимед, но также и Европу. Предполагается, что «Джус» выйдет на орбиту Юпитера и начнет передавать на Землю данные в 2029 году. На борту автоматической станции будут спектрометры, регистрирующие сигналы в инфракрасном диапазоне, видимой области и ультрафиолете, они дадут более детальную информацию о химическом составе поверхности и



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

атмосферы Ганимеда и Европы, а также позволят построить уточненные карты поверхности спутников Юпитера.

Исключительно изучению Европы будет посвящена миссия НАСА «Europa Clipper». Задача этого космического аппарата — выход на орбиту Европы — чрезвычайно сложна, поскольку любой космический корабль на орбите спутника Юпитера будет вскоре уничтожен радиацией планеты-гиганта. Чтобы продержаться подольше, космический аппарат станет вращаться по орбите вокруг Юпитера, погружаясь в его радиационный пояс и выныривая из него. Предполагается, что за три с половиной года он 45 раз облетит вокруг Европы, изучая ее поверхность и ее разреженную атмосферу во время сближения. Высота облетов составит от 2700 до 25 км (для сравнения: максимальное сближение «Галилео» равнялось 200 км). Если струи воды действительно пробиваются через твердую корку льда южного полюса Европы, «Клипер» сможет пролететь сквозь них, напрямую определив состав подледного океана. Запуск «Europa Clipper» также планируется на 2022 год, и, возможно, он долетит до Европы уже в 2025-м (в том случае, если для миссии используют разрабатываемую сейчас систему НАСА Space Launch System — сверхтяжелую ракету-носитель для экспедиций за пределы околоземной орбиты). Если «Клипер» отправят в путь с помощью существующих сейчас ракет, то к месту назначения он прибудет только к январю 2030 года.

Энцелад, сын Сатурна

Спутники другой планеты-гиганта Сатурна, в особенности Энцелад и Титан, — также приоритетные цели поисков внеземной жизни в пределах Солнечной системы. Космическая станция «Кассини» прибыла в планетную систему Сатурна в 2001 году и до окончания миссии в сентябре 2017 года совершила 23 облета Энцелада и 127 облетов Титана.

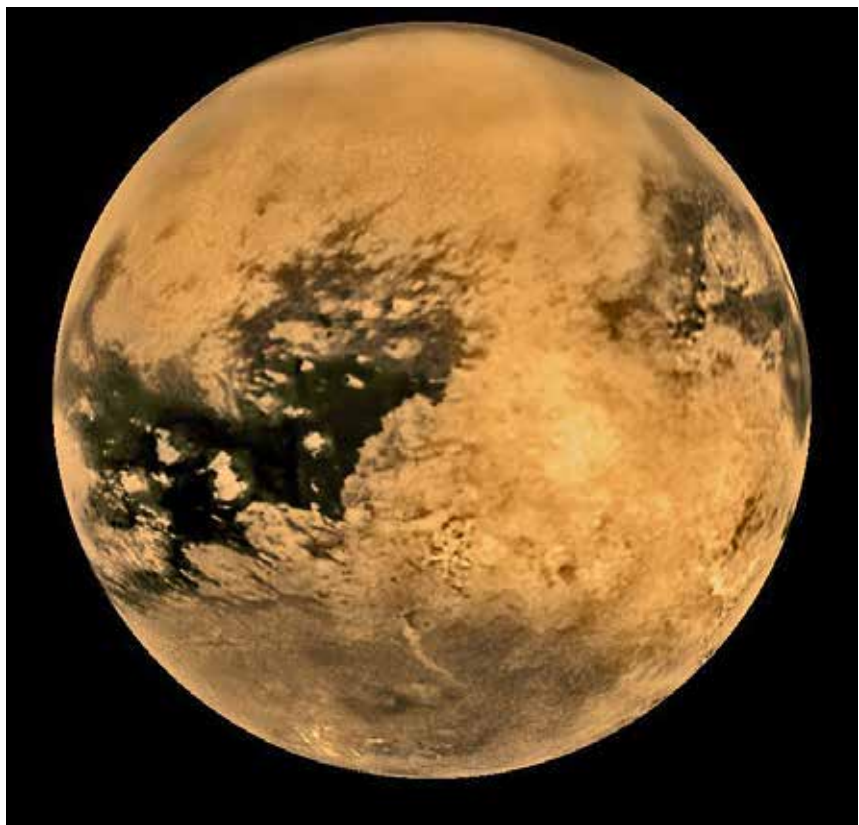
Первый пролет около Энцелада опроверг представление о том, что этот спутник Юпитера — ледяное тело,

лишенное атмосферы. При третьем пролете инфракрасный спектрометр «Кассини» показал, что поверхность у южного полюса Энцелада на 200°C теплее, чем остальная поверхность спутника Сатурна. Как и для Европы, предполагается, что теплая приполярная область появилась из-за трения друг о друга различных слоев Энцелада, вызванного влиянием силы тяготения Сатурна на свой спутник. Также во время третьего пролета был зафиксирован фонтан, бьющий из горячей полярной зоны. Несколько раз во время следующих двадцати кругов космическому аппарату удавалось пролететь через выбивающиеся из-под поверхности Энцелада пары и проанализировать их состав — в них оказались вода и органические вещества. Масс-спектрометры на борту «Кассини» показали, что эти вещества содержат от одного до шести атомов углерода, но соединения тяжелее 100 атомных единиц массы они не были способны детектировать. Поэтому, вполне возможно, в выбросах гейзеров Энцелада есть и более тяжелые органические вещества. Кроме того, в фонтанах Энцелада нашли водород и наноразмерные зерна оксида кремния — и то и другое указывает на наличие очень горячей воды и может служить свидетельством существования на дне океана Энцелада гидротермальных источников.

На Земле такие источники образуются там, где морская вода встречается с магмой — вода проходит через трещины в твердой планетарной поверхности, нагревается магмой до кипения и выбрасывается назад. Земные гидротермальные источники, помимо прочего, — дом для микроорганизмов, которых нельзя встретить в других местах биосферы. Они получают энергию, усваивая неорганические вещества из потоков, и, как предполагается, могут существовать без энергии Солнца. Это означает, что гидротермальные источники Энцелада и других небесных тел тоже могут быть колыбелями жизни.

Ученые считают, что на Энцеладе, как и на Европе, под ледяной поверхностью расположен глобальный океан. «Кассини» десять лет анализировал колебания спутника Сатурна, и сегодня можно сделать вывод, что ядро Энцелада и его кора не связаны между собой. По оценкам, океану Энцелада может быть сотни миллионов или миллиарды лет — он мог образоваться во время формирования самого Сатурна. Тогда этот внутренний океан существует достаточно долго для потенциального зарождения жизни. Данные, полученные «Кассини», говорят о том, что на Энцеладе есть три условия, необходимых для возникновения жизни, однако прямых доказательств ее существования не обнаружено. Конеч-

Фото: NASA/JPL/Space Science Institute



Титан

но, исследования ведут и с помощью телескопов, но они не очень удобны для изучения этого спутника Сатурна. Дело в том, что Энцелад — шестая по величине луна Сатурна, она очень близка к поверхности планеты-гиганта, поэтому ее сложно разглядеть с Земли. Бесспорно, было бы заманчиво отправить космический аппарат и к Энцеладу, но в ближайшее время таких путешествий никакое космическое агентство не планирует.

Озера Титана

«Кассини» не первый посланник Земли, изучавший луны Сатурна. Этот район ближнего космоса в 1980-е посещал «Вояджер-1». Когда «Кассини» обнаружил приполярные выбросы вещества на Энцеладе, астрономы заново просмотрели, подвергнув дополнительной обработке, старые фотографии, сделанные «Вояджером», и поняли, что фонтаны Энцелада уже попадали в камеру космического корабля за четверть века до миссии «Кассини».

Впрочем, главной целью «Вояджера-1» (как, впрочем, и «Кассини») был Титан. Еще в 1944 году с помощью телескопов установили, что Титан окружен плотной атмосферой, содержащей метан. настолько плотной, что этот спутник планеты-гиганта является единственным в Солнечной системе спутником планеты, поверхность которого невозможно наблюдать в оптическом диапазоне. Данные, полученные «Вояджером», показали, что атмосфера

Титана на 95% состоит из азота, содержит несколько процентов метана и еще меньше этана, пропана и ацетилена. В середине 1990-х работающий в инфракрасном диапазоне орбитальный космический телескоп ISO нашел в атмосфере Титана более сложные органические вещества, рекордсменом по массе среди которых был бензол.

Прилетевший в начале XXI века к Титану «Кассини» подтвердил, что бензол в атмосфере луны Сатурна конечно же есть, но это не самое тяжелое вещество, которое можно в ней найти, — в верхних слоях атмосферы Титана он обнаружил ионы с атомной массой, зашкаливавшей за 10 000 единиц, которые содержали не шесть атомов углерода, как бензол, а шестьсот-семьсот.

Приборы на борту «Кассини» и спускаемого аппарата «Гюйгенс», начавшего изучение поверхности Титана в январе 2005 года, не обладали достаточной мощностью, чтобы понять, что это за ионы, они просто подтвердили их существование. Эти агломераты из атомов образуются в верхних слоях атмосферы Титана, там, где азот и метан разрушаются ультрафиолетовым излучением и радиацией, а потом образующиеся ионы, радикалы, метильные, метиленовые и метиновые фрагменты соединяются друг с другом самыми немислимими способами. На Титане происходят сложные химические процессы, вероятно, самые сложные из тех, с которыми пока нам приходилось

сталкиваться вне лабораторий (не исключено, что они сложнее и реакций, протекающих в лабораториях).

Как и на Европе с Энцеладом, на Титане может быть подледный океан, причем толщина ледяной коры, скорее всего, много меньше. В его внутреннем океане также могла появиться жизнь — однако не только там. На полюсах Титана есть озера, и это единственное космическое тело Солнечной системы (не считая Земли), на поверхности которого есть вещества в жидком агрегатном состоянии. Поскольку температура на поверхности Титана -180°C , конечно же это не вода, а, как определила миссия «Кассини», жидкие метан и этан. На Земле они обычно газообразны, а на Титане они формируют русла рек, образуют облака в его атмосфере и выпадают в виде осадков. Могут ли они стать жидкой средой для поддержания жизни? В принципе отрицать такую возможность нельзя, но если в этих озерах и есть какие-то организмы, то их биохимия совершенно иная, чем у земных живых существ.

Наиболее вероятно, что они тоже состоят из наших органогенов — углерода, водорода, азота и кислорода, но вряд ли они скомбинируются в привычные нам аминокислоты, сахара и нуклеиновые кислоты. Скорее это будет принципиально иной набор молекул, обеспечивающих устойчивость к окружающей среде и воспроизводство при экстремально низких температурах и в неполярных растворителях. Согласно одной из гипотез, аналогом липосом, из которых в ходе эволюции образовались мембраны земных клеток, могут быть азотосомы — везикулы из акрилонитрила, который содержит в своей структуре метанофильный и метанофобный концы. Но поскольку, честно говоря, до сих пор неясны потенциальные возможности жидкого холодного метана как неполярного растворителя, поиски потенциальной жизни на Титане осложняются еще и тем, что мы даже не представляем до конца, что конкретно хотим там найти.

В декабре 2017 года НАСА объявило о начале работы над проектом «Дреэгонфлай» (Dragonfly — стрекоза) — космическом аппарате и одноименной миссии, предполагающей посадку винтокрылого летательного аппарата на Титан. «Стрекоза» должна будет исследовать различные области Титана и искать там пребиотическую химию и живые системы. По расчетам спускаемый аппарат сможет вертикально взлетать, садиться и развивать крейсерскую полетную скорость в десятки километров в час — плотная атмосфера Титана и его низкая сила тяжести позволяют спроектировать такой летательный

аппарат. На борту «Стрекозы» помимо спектрометров, работающих в ИК-, УФ-диапазонах и в видимой области, будут бур и гамма-спектрометр для изучения атмосферы и поверхности Титана. В 2019 году НАСА объявит, когда состоится (и состоится ли) запуск миссии «Дреэгонфлай». При удачном стечении обстоятельств можно надеяться, что она стартует в 2025 году, а изучение поверхности начнется в 2034.

Пока же нам остается изучать Титан с Земли и с помощью орбитальных телескопов, многие из которых, кстати, используют Титан и его атмосферу как мишень для калибровки. Большой массив данных, полученных в наблюдениях за Титаном с помощью этих телескопов, доступен — астрономы-профессионалы приглашают желающих астрономов-любителей помочь в изучении этого небесного тела. Говорят, что добровольные помощники астрономов уже обнаружили ряд молекул и ионов в атмосфере Титана.

Смело идти туда, куда не ступала нога человека

Попытки выйти за пределы Солнечной системы и поискать иную жизнь в глубинах дальнего космоса люди предпринимали почти с начала космической эры. Пока единственные наши посланники за орбитой Плутона — это «Вояджер-1» и «Вояджер-2», успевшие, пока вы читали этот рассказ, удалиться от Солнца еще на сотню с лишним километров. Поиски внеземной жизни в дальнем космосе мы ведем, не покидая земную орбиту. На 2020 год запланирован запуск Космического телескопа имени Джеймса Уэбба — орбитальной инфракрасной обсерватории, которая со временем сможет заменить космический телескоп «Хаббл». Предполагается, что эта обсерватория займет место во второй точке Лагранжа гравитационной системы Солнце — Земля; в этой точке орбитальный телескоп с пренебрежимо малой массой по сравнению с Землей и Солнцем останется неподвижным относительно этих космических тел.

Космический телескоп имени Джеймса Уэбба будет изучать планеты и спутники Солнечной системы, а также планеты за ее пределами, потенциально пригодные для появления жизни. Одна из таких планетных систем — обнаруженная в феврале 2017 года и расположенная всего в 39 световых годах от Солнечной системы звезда Trappist-1, вокруг которой вращаются семь землеподобных планет. По крайней мере, три из этих планет находятся в обитаемой зоне — их расстояние от звезды таково, что на поверхности может быть вода в жидком агрегатном



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

состоянии. Эту планетную систему обнаружили с помощью космического телескопа «Спитцер» и нескольких наземных телескопов, среди которых расположенный в Чили Малый телескоп для наблюдений за транзитными планетами (Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope — отсюда Trappist). После открытия «Хаббл» использовали для изучения атмосфер некоторых из этих планет, и есть надежда, что более чувствительный Космический телескоп имени Джеймса Уэбба добавит деталей.

Общий принцип поисков жизни на экзопланетах таков: в их атмосферах ищут «химические отпечатки пальцев» живых систем — метан, кислород, озон или оксиды углерода в таком соотношении, которое нельзя объяснить обычным химическим равновесием. Смещение равновесий может произойти из-за внешних факторов, наиболее вероятный из них — деятельность живых систем.

Итак, поиск жизни в ближнем и дальнем космосе идет довольно активно. В нем участвуют автономные космические станции, орбитальные обсерватории и телескопы на Земле. Конечно, скептики говорят, что эти поиски не имеют практического значения и даже если нам удастся найти внеземной разум и установить с ним контакт, то это ни к чему не приведет. Нам быстрее найти ответы на вопросы мироздания самим, чем ожидать, пока наш вопрос и их ответ пропутешествуют по космосу. Но как же тогда быть с множественностью обитаемых миров, о которой задумались еще в эпоху Возрождения? Человечество всегда смотрело в небеса. Не знаю, как вам, читатели, а мне, когда я смотрю на звезды в ночном небе, приятно представлять, что кто-то очень далеко смотрит на наше Солнце.

Что еще можно почитать о поисках внеземной жизни

Чарльз Уолфорт, Аманда Хендрикс. За пределами Земли: В поисках нового дома в Солнечной системе. Перевод с английского Андрея Зуева. Москва: Альпина нон-фикшн, 2018.

Живые магниты

Л.Алексеева,
В.Козяева

Существуют микроорганизмы, способные ориентироваться в магнитном поле, — магнитотактические бактерии. Помогают им в этом магнетосомы — наноразмерные парамагнитные частицы, одетые липидной мембраной. Но магнетосомы нужны не только бактериям. Это их изобретение, наряду с антибиотиками и системой CRISPR для специфического разрезания ДНК, охотно заимствуют люди.

МТБ: кто они такие?

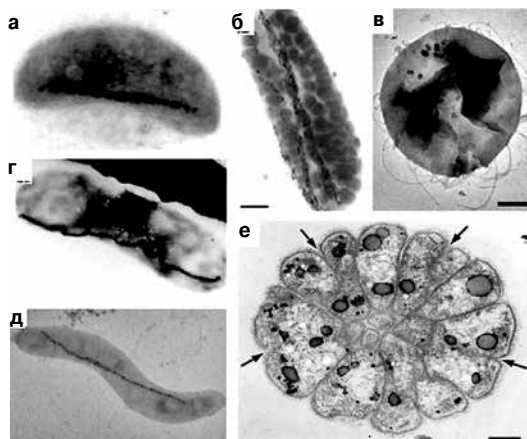
Железо — один из самых доступных химических элементов на планете и один из самых важных для живых организмов. Биогеохимический круговорот железа включает в себя две основные реакции — восстановление и окисление, то есть взаимопревращения трехвалентного и двухвалентного железа ($Fe^{3+} \leftrightarrow Fe^{2+}$).

Железо входит в состав ферментов и переносчиков электронов, которые участвуют в процессах метаболизма, в том числе таких фундаментальных, как фотосинтез, дыхание и т. д. Микроорганизмы используют различные формы железа в энергетических процессах — в качестве доноров или акцепторов электронов.

Однако некоторые бактерии нашли этому элементу другое применение. Они продуцируют магнетосомы — магнитные кристаллы, покрытые мембраной и функционирующие как навигационные устройства. Такие бактерии получили название магнитотактических. Впервые в рецензируемом журнале их описал микробиолог из Океанографического института Вудс-Хол Ричард Блэкмор в 1975 году. Магнитотактические бактерии (МТБ) обитают в водных экосистемах и могут перемещаться вдоль линий магнитного поля. Все они микроаэрофилы или анаэробы, то есть для жизнедеятельности предпочитают условия с небольшим содержанием кислорода или вообще без него.

Морфология этих бактерий может быть различной — среди них есть спироиллы, кокки, палочки, вибрионы (рис. 1). Встречаются и магнитотактические «многоклеточные» бактерии — агрегаты клеток, например *Candidatus Magnetoglobus multicellularis*,

Microbiological Research, 2012,
doi: 10.1016/j.mires.2012.04.002



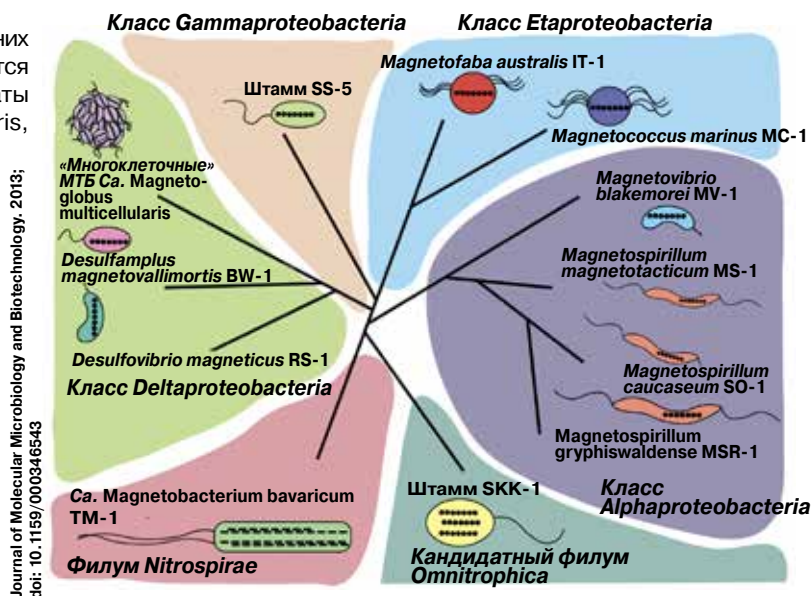
1
Разнообразная морфология МТБ: а — вибрион; б, г — палочки; в — кокк; д — спироилла; е — «многоклеточная» бактерия



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

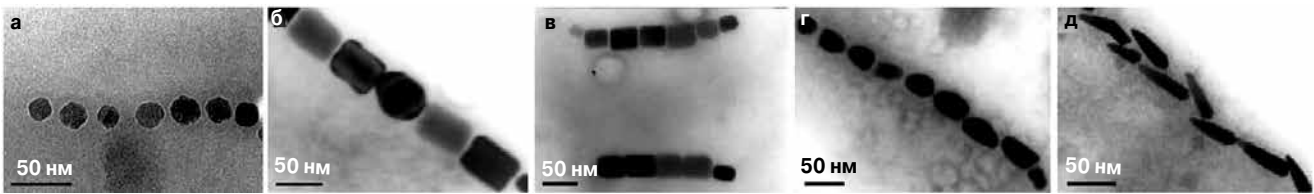
Ca. Magnetomorum litorale и *Ca. Magnetanas tsingtaoensis*. Способность к синтезу магнетосом не является филогенетическим признаком, их представители относятся к различным филогенетическим группам (рис. 2). С другой стороны, среди одного класса и даже рода есть как МТБ, так и немагнитотактические бактерии.

Магнетосомы, эти уникальные органеллы, содержат кристаллы соединений железа размером в несколько нанометров. Кристаллы могут состоять из магнетита Fe_3O_4 или грейгита Fe_3S_4 . Размер магнетосом — приблизительно



Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology, 2013,
doi: 10.1159/000346543

2
Основные филогенетические группы, среди которых были обнаружены магнитотактические бактерии и некоторые их представители



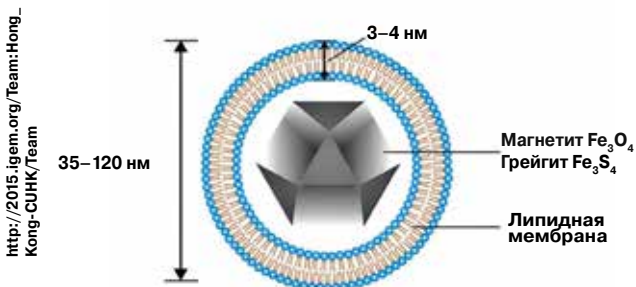
3
Формы магнетосом: а — кубоктаэдрические; б, в — удлиненные призматические; г — зубовидные; д — пулевидные.

35—120 нм, а форма, размер и внутриклеточная организация бывают самыми разнообразными (рис. 3).

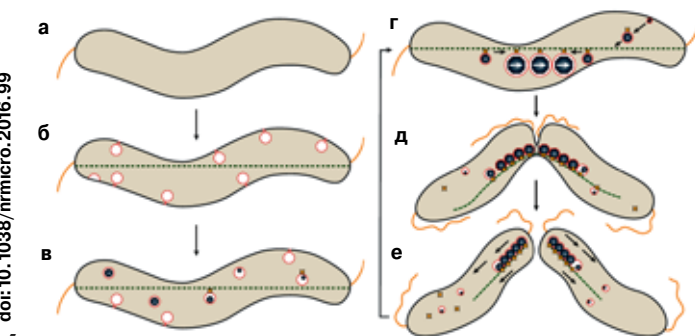
Биоминерализация магнетосом

В настоящее время выявлено более 40 генов, которые кодируют белки, связанные с синтезом магнетосом. Все гены, отвечающие за биоминерализацию магнетосом, собраны в одном месте бактериальной хромосомы — в так называемом магнетосомном геномном острове (MAI). Он состоит из нескольких оперонов. (Оперон — участок хромосомы с набором генов, продукты которых обеспечивают определенную функцию клетки, например транспорт и усвоение некоего вещества, так что логично все эти гены активировать одновременно.) Существует набор консервативных генов, которые найдены у всех МТБ: *tamA*, *tamB*, *tamC*, *tamD*, *tamE*, *tamK*, *tamO*, *tamP*, *tamQ*.

Магнитный кристалл окружает мембрана. Она образуется из впячивания цитоплазматической мембраны клетки и состоит из липидного бислоя толщиной 3—4 нм, в который встроены специфические белки, отвечающие за синтез магнетосом (рис. 4). Таким образом, сначала формируются



4
Схема строения магнетосомы



5
Этапы образования магнетосомной цепи:
а — клетка без магнетосом;
б — магнетосомные везикулы (показаны кружками);
в — транспорт железа в везикулы;
г — сборка магнетосомной цепи (звездочка — *MatJ*; пунктирная линия — нити *MatK*);
д — деление клетки, магнитные силы уменьшаются при перегибании клеток и однонаправленном углублении клеточной стенки;
е — цепочки магнетосом перемещаются к центру клетки вдоль нити *MatK*

магнетосомные пузырьки (везикулы), затем внутри них накапливается железо.

После того как железо благополучно доставлено в магнетосомную везикулу, начинается следующая стадия — нуклеация, или зарождение кристаллов, которую регулируют специфические для МТБ белки. Они располагаются на поверхности магнетосомной мембраны и внутри везикулы. Кристаллы в зрелых магнетосомах сходны по размеру и форме.

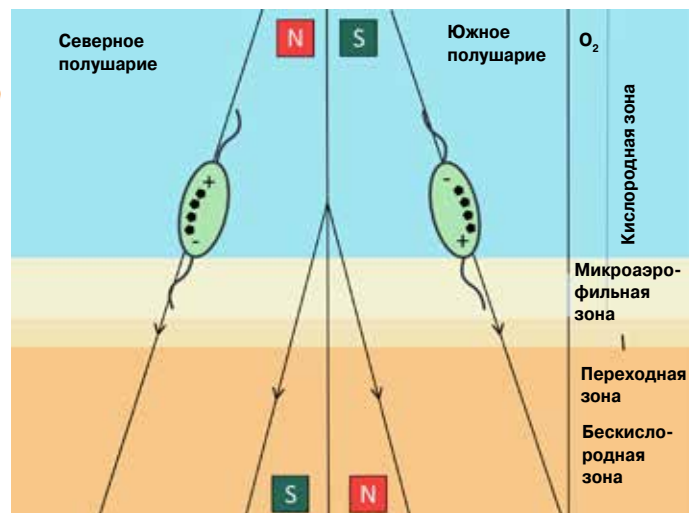
С помощью специального белка *MatJ* везикулы прикрепляются к параллельным цитоскелетным нитям (рис. 5). Эти нити образованы белком *MatK*.

Навигация

Каждая магнетосома обладает магнитным моментом и представляет собой магнит с северным и южным полюсами. Чем длиннее магнетосомная цепочка, тем больше магнитный момент и, соответственно, сильнее магнит. Эти цепи — клеточные датчики, улавливающие направление и градиенты магнитных полей.

Так для чего это нужно бактериям?

Основная гипотеза связана с поиском благоприятных условий. Мы не случайно упомянули, что МТБ — микроаэрофилы или анаэробы: избыток кислорода им не нравится. Оптимальные для них параметры часто находятся в области придонных осадков, там, где существует переход между кислородной и бескислородной зонами. Используя магнетосомы как миниатюрный встроенный компас, они ориентируются вдоль линий магнитного поля и движутся с помощью жгутиков, варьируя глубину погружения. Магнитные линии на большей части земного шара (кроме экваториальной зоны) направлены под углом к поверхности, поэтому движение вдоль них обязательно приведет ко дну. Кроме того, бактерии ориентируются на аэротактические сигналы — изменение концентрации кислорода. Такой тип движения называется магнитотаксисом или магнитоаэротаксисом (рис. 6).



6
Магнитоаэротаксис.
В Северном полушарии МТБ стремятся к магнитному югу и называются северо-ищущими, в Южном полушарии — юго-ищущими

Разумеется, механизм восприятия магнитного поля МТБ гораздо сложнее, чем простое ориентирование по силовым линиям. Исследования штамма *Magnetospirillum magneticum* AMB-1 показали, что бактерия также может ориентироваться относительно градиентов магнитных полей, исходящих от различных предметов, будь то обычный магнит или донные магнитные отложения (ISME J., 2015 9(6), 1399—1409, doi: 10.1038/ismej.2014.224). Такая чувствительность может обеспечивать защиту клеток от примагничивания к источникам магнитного поля в местах их обитания. К примеру, когда бактерия окажется вблизи скоплений магнетита, образовавшихся при отмирании других подобных бактерий, есть вероятность, что ее удержат на этом месте собственные магнетосомы, если она вовремя не начнет движение в другую сторону.

Высказываются и мнения о том, что магнетосомы могут играть в клетках иную роль, не связанную с ориентированием. Маловероятно, чтобы они выполняли функцию запасаания железа: магнетосомы присутствуют в клетках даже при дефиците этого элемента в окружающей среде. Существует предположение, что биоминерализация магнетосом может быть частью древнего метаболического пути, в котором магнетосомы играли роль хранилища ионов железа, используемых как акцепторы или доноры электронов в клеточных энергетических процессах («Environmental Microbiology Reports», 2017, doi: 10.1111/1758-2229.12550.). Однако эта версия еще нуждается в экспериментальном подтверждении.

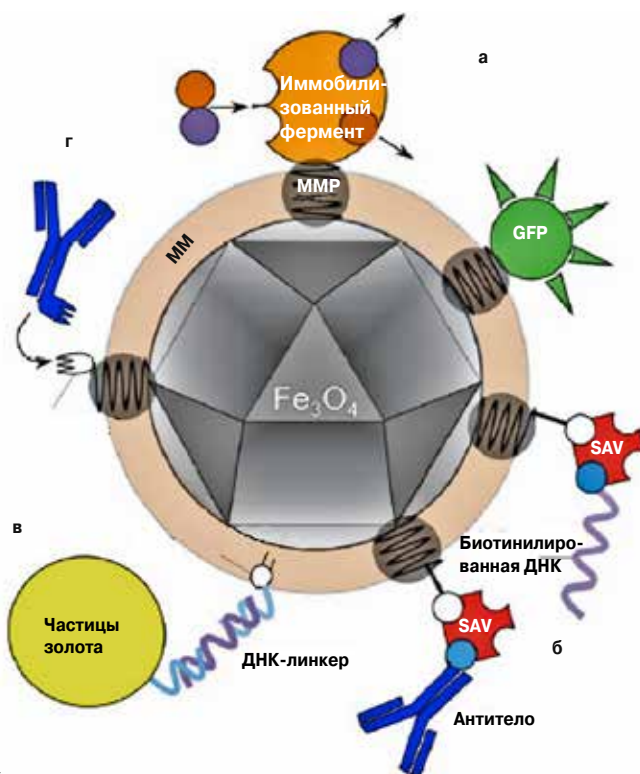
Биотехнологическое применение магнетосом

Искусственные наночастицы с постоянным или наведенным магнитным моментом сейчас используются в самых разных отраслях: от коммерческих наборов для выделения биомолекул до медицинских препаратов. Для медицинских применений их обычно одевают в капсулы или биоинертные матрицы из органических соединений. Под воздействием магнитного поля они перемещаются по организму и выполняют различные функции: связываются с клетками, доставляют лекарственные препараты и т. д.

Безопасны ли для организма магнитные наночастицы? Хотя большинство компонентов живых организмов слабо диамагнитны, обнаружилось, что некоторые организмы несут в себе парамагнитные частицы (обычно магнетит). Например, кристаллы магнетита присутствуют в организме птиц, некоторых насекомых и даже в человеческом мозге. Согласно одной из теорий они служат для ориентирования в магнитном поле Земли.

Искусственные магнитные наночастицы (ИМН) демонстрируют значительно большую цитотоксичность и генотоксичность по сравнению с магнетосомами, и вероятность некроза тканей при их использовании гораздо выше. Так, китайские исследователи провели эксперимент, при котором в культуру клеток пигментного эпителия сетчатки человеческого глаза вводили ИМН или магнетосомы («Scientific Reports», 2016, 6, 2696, doi: 10.1038/srep26961.). Клетки, обработанные магнетосомами, сохраняли нормальную морфологию, в то время как клетки с ИМН разрушались. И магнетосомы, и ИМН обладают генотоксичностью. Однако повреждения, вызванные ИМН, были существенными и приводили к самоуничтожению клеток (апоптозу), тогда как в клетках, обработанных магнетосомами, апоптоз, как правило, подавлялся.

Вероятно, биосовместимость обеспечивают уникальные свойства магнетосом: фосфолипидная оболочка, высокая кристалличность и химическая чистота, сильная намагниченность, равномерное распределение формы и размера. Предполагается, что они смогут полностью заменить искусственные магнитные наночастицы.



7

Введение различных функциональных групп в мембрану магнетосом:

а — иммобилизация ферментов и флуорофорных меток (например, зеленого флуоресцентного белка);

б — использование гибридных белков (полученных экспрессией нескольких «сшитых» генов, изначально кодирующих отдельные белки) и стрептавидиновых меток для закрепления биомолекул (ДНК или антитела), помеченных биотином;

в — образование комплексов с частицами золота или квантовыми точками с помощью ДНК-линкеров;

г — использование модифицированных белков мембраны магнетосом и иммуноглобулин-связывающих белков.

MM — Магнетосомная мембрана, MMP — Магнетосомные белки, SAV — Стрептавидин

Рассмотрим некоторые аспекты применения магнетосом.

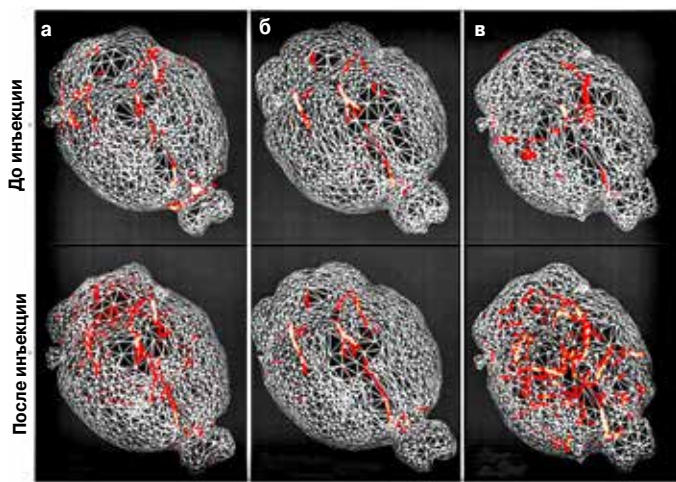
Модификация мембраны

Мембрана магнетосомы, подобная мембранам клеток и органелл, — естественный носитель для многих сигнальных молекул. Методы генной инженерии позволяют создавать магнетосомы с модифицированной мембраной, например со встроенными белками (рис. 7). Так, бактериальные магнетосомы были использованы для иммобилизации двух ферментов — глюкооксидазы и уриказы, которые демонстрировали в 40 раз большую активность, чем при иммобилизации на искусственных магнитных частицах («Applied Microbiology and Biotechnology», 1987, 26, 4, 328—332).

Магнетосомы с иммобилизованными на поверхности антителами можно использовать для иммуоферментных анализов, включая детекцию аллергенов и клеток карциномы эпителия. Если покрыть магнетосомы антителами, специфичными для определенных клеток, эти клетки можно будет выделить непосредственно из биологических жидкостей: магнитная метка позволит легко их собрать.

Направленная доставка лекарственных препаратов

Есть эксперименты, в которых лекарство в опухоль доставляют не магнетосомы, а целые клетки МТБ («Nature Nanotechnology», 2016, 11, 941—947, doi: 10.1038/nnano.2016.137). К клеткам штамма *Magnetococcus marinus* MC-1 прикрепили примерно 70 нанопилосом, нагруженных лекарством, и ввели этих бак-



8
3D-ангиограммы головного мозга мыши после инъекции клинической дозы контрастного вещества: а — 100 мкл физраствора; б — 100 мкл оксида железа, 20 мкмоль/кг; в — 100 мкл магнетосом MV-1, 20 мкмоль/кг

терий иммунодефицитным мышам, которым были привиты опухоли. Под магнитным контролем в опухоли проникало до 55% клеток MC-1. В данном случае примечательно еще и то, что для опухолевых тканей характерна гипоксия — дефицит кислорода, поэтому использование микроорганизмов, проявляющих магнитоаэротактическое поведение, может сделать терапию гораздо эффективнее.

Доставка генов

Привлекательный современный подход для достижения антиген-специфического иммунитета — так называемые ДНК-вакцины: в организм вводят ДНК со специфичными генами, продукты которых вызывают защитные реакции организма. Однако в настоящее время отсутствует легкая и эффективная система доставки ДНК-вакцины в антигенпрезентирующие клетки. Магнетосомы — хороший претендент на эту роль. Например, проводились опыты на мышах, в которых ДНК-вакцина на основе магнетосом увеличила системный иммунный ответ против опухолей, при этом не наблюдалось токсического воздействия («Gene Therapy», 2012, 19(12), 1187—1195, doi: 10.1038/gt.2011.197).

Магнитно-резонансная томография

Благодаря магнетосомам ожидается революция в диагностике и лечении многих заболеваний. Магнитно-резонансная томография (МРТ) — это метод визуализации, основанный на принципах ядерного магнитного резонанса, применяется он в первую очередь для получения высококачественных изображений внутренних органов. Для сверхчувствительной МРТ обычно используют контрастные агенты, которые делают изображение более точным, — например, магнитные наночастицы с однородными размером и формой.

Была исследована контрастная эффективность магнетосом при визуализации сосудистой сети мозга мыши (рис. 8). Даже небольшая их доза позволила получить хорошую картинку. Для сравнения выбрали два вида контрастных веществ (искусственные магнитные наночастицы из оксида железа, магнетосомы) и физиологический раствор в качестве контроля. Наибольшая магнитная активность наблюдалась у магнетосом, соответственно, ангиограммы были более наглядными («Advanced Healthcare Materials», 2015, 4, 7, 1076—1083).

Гипертермия

Магнитная жидкостная гипертермия (МЖГ) — инъекция жидкости, содержащей магнетосомы, прямо в опухоль, а затем генерирование переменного магнитного поля вокруг нее.



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

При этом опухоль уничтожается за счет тепла, рассеиваемого магнитными наночастицами, а здоровые ткани не нагреваются. В эксперименте магнетосомы демонстрировали более высокую противоопухолевую эффективность (с полным исчезновением опухоли) по сравнению с химически синтезированным оксидом железа, и выживаемость мышей была существенно выше («Theranostics», 2017; 7(18), 4618—4631, doi: 10.7150/thno.18927; «Critical Review in Biotechnology», 2016; 36(5), 788—802, doi: 10.3109/07388551.2015.1046810).

Не только науки о жизни

Магнетосомы также стали предметом интереса геологов, палеонтологов, астробиологов. Дело в том, что при отсутствии других источников магнетосомы могут быть почти единственными носителями остаточной магнитной индукции. Используя изотопный анализ и другие методы, можно судить о возрасте отложений, содержащих магнетосомы, и о том, происходили ли в тот период изменения в магнитном поле Земли. А в итоге — о смене полюсов, истории их происхождения, движении тектонических плит и о многом другом («Advances in Applied Microbiology», 2007, 62, 21—62, doi: 10.1016/S0065-2164(07)62002-4).

Таким образом, магнетосомы находят применение в различных областях науки и техники. Стремительно развиваются методы культивирования магнитотактических бактерий, продуктивность штаммов непрерывно повышается. Возможно, в ближайшие несколько десятилетий бактериальные «наноконпасы» станут важным биотехнологическим продуктом, наравне с медицинскими изотопами и флуоресцентными белками.

Литература

- C. T. Lefevre, D. A. Bazylinski. Ecology, Diversity, and Evolution of Magnetotactic Bacteria. «Microbiology and Molecular Biology Reviews». 2013, 77, 3, 497—526; doi: 10.1128/MMBR.00021-13
- Lei Yan, Shuang Zhang, Peng Chen, Hetao Liu, Huanhuan Yin, Hongyu Li. Magnetotactic bacteria, magnetosomes and their application. «Microbiological Research». 2012, 167, 507—519; doi: 10.1016/j.micres.2012.04.002
- B. H. Lower, D. A. Bazylinski. The Bacterial Magnetosome: A Unique Prokaryotic Organelle. «Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology». 2013, 23, 63—80; doi: 10.1159/000346543
- R. Uebe, D. Schüler. Magnetosome biogenesis in magnetotactic bacteria. «Nature Review Microbiology». 2016, 14, 621—637. doi: 10.1038/nrmicro.2016.99
- Mathuriya A. S. Magnetotactic bacteria: nanodrivers of the future. «Critical Reviews in Biotechnology». 2016, 36, 5, 788—802, doi: 10.3109/07388551.2015.1046810

Не только ценный мех



flickr.com / Nikki Gibson

Европейские кролики были и научными героями, и экологическими злодеями, и беззащитными жертвами пищевого прома, и милыми домашними зверушками. Все это верно и сейчас.

С. Ястребова

Сегодня европейских кроликов (*Oryctolagus cuniculus*) ввиду внушительных размеров редко используют как подопытных — дорого содержать, да и места им надо больше, чем мышам или крысам. Если масса домашней мыши (именно представителей этого вида чаще всего применяют в физиологических и поведенческих исследованиях) не превышает 50 граммов, а крысы могут весить почти килограмм, то кролик находится в одной весовой категории с домашними кошками — правда, не слишком упитанными. Впрочем, многое зависит от того, о каких породах этих животных мы говорим. Домашние кро-

лики очень разнообразны и по размеру, и по окрасу — скажем, далеко не все из них сохранили серо-бурую окраску своих диких собратьев.

Еще одно, пожалуй, главнейшее отличие кроликов от крыс и мышей — их систематическое положение. Хотя кролики весьма похожи на грызунов, принадлежат они к отряду зайцеобразных. Помимо внешних признаков, на близость кроликов к зайцам указывает число резцов в их верхней челюсти. Их не два, как у грызунов и большинства других млекопитающих, а две пары. Одна, покрупнее, хорошо видна, когда животное открывает рот. Вторая, включающая зубы помельче, прячется за первой. (Другой пример обманного сходства с грызунами — пищухи: на зайцев они непохожи, но относятся именно к зайцеобразным.)

Кролики весьма неприхотливы. Об этом говорит хотя бы тот факт, что из Европы они — правда, не без помощи человека — за последние три с половиной века распространились по всем континентам, кроме Антарктиды. В большинстве случаев в их распространении виноваты моряки. Они брали зверьков с собой, чтобы использовать в качестве мясной пищи, и оставляли по несколько особей на островах, которые посещали, чтобы при возвращении туда экипажам было что есть.

Конечно, далеко не везде появление кроликов приводило к катастрофам. Но в Австралии, как и в Новой Зеландии, они принесли много вреда. Не имея естественных врагов, они быстро расплодились, уничтожив немалую часть растительности и вытеснив своих более примитивно устроенных конкурентов — травоядных сумчатых. Вдобавок кролики переносили массу болезней, чем подрывали здоровье местной фауны. В конечном счете их не то что разрешили отлавливать и уничтожать, а даже поощряли тех, кто этим занимается. Взять

под контроль кроличье нашествие все же удалось, однако на сайтах, посвященных инвазивным (распространившимся за пределы естественных мест обитания) видам, по-прежнему можно найти списки мер борьбы с этими зайцеобразными. Кроме того, во многие страны за пределами ЕС европейских кроликов ввозить нельзя.

Не рыба, но мясо

История одомашнивания кроликов, еще недавно вполне однозначная и многими признаваемая, в начале 2018 года получила неожиданный поворот. Согласно наиболее распространенной версии, люди начали содержать европейских кроликов в хозяйствах примерно в 600 году нашей эры или даже чуть позже. Животных из популяций диких кроликов Иберийского полуострова (кстати, они пасутся там и в наши дни) стали «брать домой» французские монахи. Делали они это в первую очередь потому, что папа Григорий I разрешил питаться новорожденными крольчатами в некоторые дни поста, объявив их рыбой. К XII веку «рыбный деликатес» добрался и до Великобритании.

Тщательный анализ исторических документов и археологических находок, проведенный учеными из Оксфордского университета («Trends in Ecology and Evolution», 2018, 33, 3, 149—152, doi: 10.1016/j.tree.2017.12.009), показал, что история с переходом кроликов в разряд рыб не только звучит неправдоподобно. Она и вправду не имела места в реальности.

Авторы работы обратили внимание на то, что кости одомашненных кроликов в раскопках VII–XI веков на территории Европы находят крайне редко и заметных различий в морфологии костей средневековых и современных представителей вида нет — как и в их генах. Существенная разница между скелетами диких и домашних кроликов появляется не ранее XVIII века. Почему такое возможно, ведь блюда из кроликов готовили и до эпохи Просвещения? Скорее всего, дело вот в чем. Долгое время люди не разводили кроликов специально, а просто ловили их. Может, диких животных этого вида было так много, что держать их еще и в подсобных хозяйствах не имело практического смысла. Соответственно, приспособлений для совместной жизни с человеком не возникало, потому что никакой совместной жизни не было. Ну а кроме того, одомашнивание — это не то, что происходит одновременно. Стало быть, изменения в костях и прочих системах органов накапливаются постепенно. Невозможно поставить рядом два скелета кроликов и с полной уверенностью сказать: «Вот это — дикий, а вот это уже одомашненный». И не потому, что такую пару не нашли, а потому, что ее не существует.

А что со свергающим зоологическим устои заявлением папы Григория I? Похоже, что его просто не было. Ни в одном из сохранившихся манускриптов, содержащем слова этого папы римского, кролики не упоминаются. А легенда о том, что он счел новорожденных кроликов рыбами, возникла из-за



ЖЕРТВЫ НАУКИ

невнимательности переписчиков или ранних исследователей исторических документов. Авторы описываемого исследования предполагают, что кто-то перепутал этого папу с его современником святым Григорием Турским. Но и в записках святого нет утверждения, что крольчата — это рыбы.

История с одомашниванием кроликов — поучительный пример того, как важно проверять и перепроверять каждый факт. К медицине он, правда, не имеет отношения.

Долговременная потенция

Теперь ближе к современности. Через века после того, как европейцы приручили кроликов, нейрофизиологи стали использовать этих зайцеобразных в экспериментах. В частности, 20–40 лет назад сотрудники кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ тщательно изучили работу зрительной системы кроликов, а также их способность к выработке условных рефлексов.

Не умаляя значения работ отечественных исследователей, стоит сказать, что главнейшую роль в науках о мозге кролик сыграл не в СССР. Самое важное, что показало изучение кроличьего мозга, — это долговременная потенция, то есть усиление реакции нейронов в ответ на определенную комбинацию сигналов и/или их параметров, длящееся несколько часов и даже дней. Открыли ее норвежец Терье Лёмо и его британский коллега Тимоти Блисс во время совместной работы в лаборатории Пера Андерсена в Университете Осло в 1973 году. Они сосредоточили внимание на гиппокамповой формации — древнем участке коры мозга, который по размеру и форме нейронов, плотности расположения клеток и их функциям можно поделить всего на несколько частей. В их число входит и зубчатая извилина, клетки которой достаточно хорошо различимы. Идущие к ним нервные волокна служат входом сигналов, а отростки самих нейронов зубчатой извилины — выходом, по



flickr.com / Amy Jett



которому возбуждение от этой части гиппокамповой формации передается другим группам клеток.

Блисс и Лёмо изготовили проводочные электроды для электрической стимуляции входа — нервных волокон, а тонкие стеклянные — для регистрации сигналов от выхода — отростков клеток зубчатой извилины. Здесь стоит упомянуть, что электроды записывали сигналы сразу всех клеток, находившихся близко к ним, а не отдельных нейронов. Изначально электроды стимулировали вход с небольшой частотой. На такие сигналы нейроны зубчатой извилины реагировали слабо. Это означает, что только небольшой их процент выдавал ответы на редкую стимуляцию. Зато когда стимуляция по входу шла с большей частотой, активировался куда больший процент нейронов зубчатой извилины. Поэтому амплитуда их суммарного ответа была выше. После многократной подачи высокочастотных сигналов вырос и суммарный ответ клеток на слабую стимуляцию. Такое усиление могло держаться десять часов и более, поэтому его и назвали долговременной потенциацией: клетки зубчатой извилины стали более чувствительными к любым сигналам, так как они запомнили, что стимулы приходят часто, и в ответ на них надо постоянно действовать.

Хотя авторы описанного исследования были первооткрывателями долговременной потенциации и их классическую статью 1973 года цитируют часто, гораздо более известен другой пример этого явления — работа американцев Томаса Брауна и Германа Баррионево, вышедшая десятилетием позже («Proceedings of the National Academy of Sciences», 1983, 80, 23, 7347—7351, doi: 10.1073/pnas.80.23.7347). В качестве модельного объекта эти авторы выбрали срезы гиппокампа мозга крыс (конкретно поле CA1 в нем), а за основу схемы своих экспериментов взяли концепцию канадца Дональда Хебба.

Представим себе нейрон, у которого два источника информации (два входа) и один аппарат для подачи сигналов (выход). Один вход присылает более



flickr.com / Hector de Pereda

сильные импульсы, чем другой, то есть мощнее стимулирует наш нейрон. Стало быть, и отвечать на стимуляцию по сильному входу нейрон будет весьма часто. По другому входу приходят сигналы слабее. Порой их даже не хватает, чтобы вызвать ответ нейрона. Пока два входа работают независимо, клетка будет неохотно реагировать на информацию со слабого входа и с гораздо большей вероятностью — на данные от сильного входа. Но если сразу после стимуляции клетки по слабому входу подавать импульс с сильного (и много раз повторить эту комбинацию), в какой-то момент нейрон начнет активироваться даже от сигналов со слабого входа, которые изначально не имели для него практического значения. Это похоже на условный рефлекс, только на уровне одной клетки. Роль условного, изначально безразличного, сигнала (павловской лампочки) играет импульс от слабого входа, а роль безусловно-важного для животного (тарелки с хлебом и костной мукой), — импульс от сильного входа. В какой-то момент нейрон запоминает, что за сигналом поменьше всегда следует более интенсивный, а значит, нет смысла его дожидаться, и надо реагировать.

Сочетание стимуляции по сильному и слабому входам многократно повторили, а затем перестали задействовать сильный вход, оставив в качестве источника сигналов для CA1 только слабый. И — в полном соответствии с предсказаниями модели Хебба — теперь нейроны CA1 давали на слабую,

низкочастотную стимуляцию суммарный ответ амплитудой не ниже, чем на сильную, высокочастотную!

Позже долговременная потенциация была открыта и в других полях гиппокампа и многих не связанных с ним участках головного мозга. А для модели Хебба нашли даже прямое воплощение — не целое поле нейронов, а отдельные клетки. Нейроны, реагирующие на стимуляцию по сильному и слабому входу описанным выше образом, присутствуют, например, в ганглиях (скоплениях нервных клеток) всем известных съедобных улиток-эскарго. Они крупные и обладают индивидуальными внешними особенностями, благодаря чему на них сравнительно просто изучать механизмы обучения на клеточном уровне.

Однако не важно, на чем изучают долговременную потенциацию. Главное, что сейчас уже практически нет сомнений: это один из базовых механизмов обучения и памяти и именно так эти процессы проявляются на клеточном уровне. Сейчас долговременная потенциация моделируется в основном на крысах и мышах. Но у истоков изучения этого явления стояли именно кролики.





полосатый кролик

Женя Крич

НАНОФАНТАСТИКА

Первая мысль была: «Найду и убью гада». Запив гнев ромашковым чаем, я допустил второй вариант: «Не убью. Но покалечу». Бутерброд с дырявым швейцарским сыром окончательно примирил меня с действительностью. Просто посмотрю в глаза. Зачем-то же ему все это нужно?

Месяц назад кто-то взломал мой сайт.

Дело хлопотное и совершенно невыгодное. Банковские реквизиты, номера кредитных карточек и пароли к секретным базам данных я в Сети не держу. У меня обычный блог, куда я иногда выкладываю плоды своего творчества — графические и литературные. Правда, на отдельном сервере — не люблю делиться своим пространством, даже виртуальным. Когда домашняя страница встретила меня печальной картинкой «ошибка 403», я позвонил провайдеру. Мне вежливо объяснили, что косяк с моей стороны, что это я сам себя «ошиб». Обычный скан ничего не обнаружил. Я просидел над своим детищем целую ночь, перетряхивая файлы в поисках вируса. Утром все работало как прежде. Сбой в системе? Странное чувство не покидало меня. Как будто кто-то следил за мной. Нет, хуже. Как будто кто-то трогал мои вещи.

Я проверил статистику: за последние дни три посетителя. Один из них — я сам. Другой, судя по ай-пи и времени посещения, — мой провайдер. Третий, видимо, ошибся адресом — на моей странице он задержался ровно столько, сколько нужно было, чтобы щелкнуть мышкой в правом верхнем углу. Да, широкая аудитория. Просто аншлаг.

Я просмотрел изменения в корневой системе, сверил конфигурацию расширений и нашел: кто-то лазил в мой архив. Точнее, в папку с «полосатым кроликом». Много лет назад я написал серию коротких рассказов о полосатом кролике — смешном персонаже, с которым происходили разные нелепые приключения. Рассказы получились довольно посредственные, но авторские иллюстрации вышли неплохо. Мой герой не походил ни на приятеля Алисы из Зазеркалья, ни на знаменитого Питера Беатрис Поттер. Это был нашенький хулиганский кролик в драных полосатых штанах на подтяжках и непроходящим фингалом под

глазом. Кролик обладал способностью вляпываться в истории и мастерски из них выпутываться. Каким-то образом он заинтересовал одно комиксовое издание, и я продал им кролика со всеми потрохами. Папку с рассказами заархивировал и никогда к ней не возвращался, как к досадному эпизоду своей творческой жизни, о котором стыдно вспоминать. Пришлось открыть и пробежаться по тексту этих преданий старины глубокой. Я поймал себя на мысли, что не просто скользну глазами наискосок, а читаю. На третьей истории я втянулся. Занятно. Да нет, что там, чертовски интересно. Ей-богу, я так давно не веселился. Под конец я ржал во весь голос, вытирая слезы. Офигеть. Гениально. Единственная проблема была в том, что я этого не писал.

Ерунда какая-то. Кому понадобилось взламывать мой сайт, лезть в архив и переписывать тексты столетней давности? Новая изощренная форма вредительства? Во-первых, у меня нет врагов, которые ненавидели бы меня настолько, что стали бы так себя утруждать. Во-вторых, на вредительство не похоже. И все же кто?

Папка с рассказами росла. Проверял ее каждый день и неизменно находил новый шедевр. Только мне уже было не до смеха. Следов злоумышленник не оставлял. Агдейты грузил не через стандартный базовый протокол или контрольную панель. Мне пришла в голову мысль.

«Кто вы и что вам надо?» Я сохранил послание как обычный текстовый файл на сервере. Почти сразу получил ответ: «Я — твой полосатый кролик».

«Слышишь, ты, кролик, пошел вон с моего сервера. Я все равно тебя найду и уши твои засуну тебе в...»

В ответ «кролик» разразился трехэтажными ругательствами, смысл которых сводился к тому, что кишка у меня тонка.

После виртуозной матюгальной перепалки каждый из нас остался при своем. Очередное послание меня обесоружило: «По чесноку, как тебе мои истории, нравятся?»

Я долго думал, что ответить. Тот факт, что кто-то бесцеремонно влез в мое личное, хоть и виртуальное пространство, бесил меня невероятно. Я потерял сон и аппетит. Желание «найти и прочесть» превращалось в навязчивую идею по мере осознания собственной беспомощности. И все же я честно ответил: «Да».

На следующий день я обнаружил новые похождения полосатого кролика выложенными в моем блоге в открытом доступе. Более того, не поняла откуда взявшиеся посетители шерали, лайкали и требовали продолжения. Это переходило все мыслимые границы.

Диалог закрутился по новой.

«Что тебе от меня надо? Как ты попадаешь на мой сервер?»

«Мне не нужно попадать, я и так тут. Нарисуй меня снова».

Я не знаю, что на меня нашло. Я шарил по столу в поисках бумаги и карандаша, мне хотелось, как тогда, по старинке, без всяких графических наворотов, от руки. Набросок получался быстро, заполняя собой белый лист. Наконец я опомнился, смял бумагу и вышвырнул в корзину. Затем напечатал:

«Нет».

«Пожалуйста».

«Поищи себе другого Экзюпери».

«Не выйдет. Я твой полосатый кролик».

«Был. Я тебя продал. Знаешь за сколько? Ты, кстати, популярен. Твоя физиономия украшает тюбики зубной пасты, коробки с моющими средствами и даже рулоны туалетной бумаги. Доволен? Счастлив? Теперь вали отсюда, а то...»

«А то что?»

«А то я удалю папку с твоими историями и отформатирую диск».

«Если ты это сделаешь, тогда я... Тогда я удалю папку с тобой».

«Ты не можешь...»

Мне не спалось. Я ворочался с боку на бок, пытаюсь заснуть. Нет, ну ерунда же, честное слово. Ну не может он. Не может. Хотя если это действительно мой полосатый кролик, то он может.



Отсчет утопленников: голубые гну форсируют реку

Стада всегда в движении. Если они не будут переходить с места на место, то очень скоро съедят и вытопчут всю траву и пастбище превратится в пустыню. Ежегодные миграции колоссальных стад — одно из самых зрелищных природных явлений. К сожалению, оно может исчезнуть благодаря людям, которые строят стены и плотины, нарушая привычные пути миграции. Между тем от массовых перемещений животных зависит существование целых экосистем.

Более 200 тысяч зебр, 400 тысяч газелей и 1,2 миллиона голубых гну *Connochaetes taurinus* круглый год кружат по Серенгети, следуя за дождями. Они идут по часовой стрелке от южной части Национального парка Серенгети в Национальный заповедник Масаи Мара в Кении и обратно. На этом пути животные преодолевают несколько рек, главная из которых — Мара. Это единственный постоянный источник воды в регионе, и сотни тысяч животных устремляются туда в сухой сезон. Голубые гну приходят на ее берега в июне — июле и остаются до ноября — декабря. При этом они четыре-пять раз в год пересекают реку, только в Кении

существует 12 основных переправ. Они хорошо известны, и, когда стадо антилоп подходит к берегу, его уже поджидают толпы туристов на суше и крокодилы в воде. Обьедки от крокодилий трапезы остаются в реке, кроме того, множество животных тонет на переправе (см. фото в начале статьи). Естественно, такой вброс органики не может пройти бесследно для речной и прибрежной экосистем.

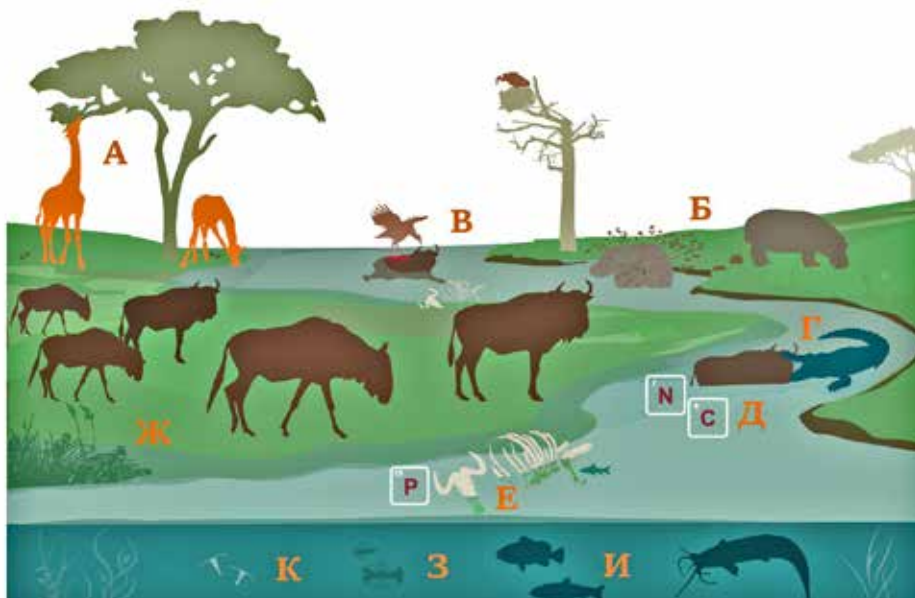
Специалисты Йельского университета и Института исследования экосистем Кэри изучают вклад разных животных в экосистему кенийского участка реки Мара. В рамках «Проекта Мара» они определили влияние миграции голубых гну на пищевые цепи обитателей реки и ее берегов («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2017, 114, 7647—7652, doi: 10.1073/pnas.1614778114). Исследователи учли данные, полученные с 2001 по 2010 год, а в 2011—2015 годах проводили собственные полевые наблюдения.

Когда очень большое стадо переправляется через реку, массовая гибель животных — обычное дело. И не важно, что это за животные. Еще крупные ди-

нозавры во множестве тонули, перебираясь на другой берег. Каждый год в Маре гибнет в среднем 6250 голубых гну, и в реку попадает более 1000 тонн биомассы, в том числе 107 тонн сухого углерода, 25 тонн азота и 13 тонн фосфора. Такой результат можно сравнить с одновременной гибелью десяти синих китов.

Проведя фотосъемку и анализ стабильных изотопов, ученые проследили судьбу этих питательных веществ (см. рисунок). По их подсчетам, 4—7% углерода и азота поглощают птицы-падальщики: марабу, африканский гриф, африканский сип и бурый стервятник. Съеденные ими вещества возвращаются на сушу. Оставшиеся мягкие ткани (кожа, мышцы и внутренние органы), которые составляют до 56% туши, сгнивают в течение 70 дней, насыщая воду питательными веществами. Часть их используют водоросли, растения и грибы, образующие биопленки на питательной среде, все прочее уносит течением.

Остальные 44% биомассы приходятся на кости. Скелеты разлагаются медленно; в них заключены 95% фосфора, 25% азота и 29% углерода, содержавшихся



Река в африканской саванне. А. Крупные травоядные приходят на берег напиться, их экскременты попадают в реку; Б. Гиппопотамы ночью пасутся на берегу, а дни проводят в воде. Туши утонувших животных дают пищу стервятникам (В) и крокодилам (Г), стервятники возвращают питательные вещества на сушу. Д. Недоеденная плоть быстро гниет, выделяя азот и углерод. Е. Кости разлагаются годами, медленно выделяя питательные вещества, преимущественно фосфор, дающие пищу бактериям. Органические вещества, взвешенные в толще воды — корм для зоопланктона (К), насекомых и ракообразных (З) и рыб (И). Часть органики удобряет прибрежные растения (Ж), которые поедают крупные травоядные (А и Б)

в туше, и эти элементы высвобождаются в реку в течение семи лет. Часть их потребляют водные животные, часть возвращается в атмосферу. Исследователи подсчитали, что туши гну, пока они не разложились, составляют от трети до половины рациона нескольких видов рыб, в том числе африканского белобрюхого сома и всеядного *Labeobarbus altianalis*, а после разложения мягких тканей — 7—25% (рыбы объедают водоросли, выросшие на костях). Кроме остатков гну рыбам достаются насекомые, которые на них слетаются.

Разумеется, не одни антилопы поставляют биомассу с берега в воду, и первенство в этом деле принадлежит не им, а бегемотам. Ночью они пасутся на прибрежных лугах, а днем спят в воде. Ежегодно бегемоты вносят в реку более восьми тонн кала (1277 тонн углерода, 180 тонн азота и 18 тонн фосфора). В нее также попадают экскременты других травоядных, которые во множестве приходят кормиться на берега реки, где растительность остается зеленой круглый год.

Органика органике рознь. Гну оставляют в воде огромное количество собственной плоти. Ежегодные миграции антилоп заметно влияют на пищевые цепи в реке и на значительных прибрежных участках. Трудно сказать, что будет с обитателями этих мест, если они лишатся такого источника органики. Комментируя эту работу,

эколог из Принстонского университета США Роберт Прингл назвал голубых гну лососями Серенгети («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2017, 114, 7489—7491, doi: 10.1073/pnas.1708571114). Тихоокеанские лососи идут на нерест из океана в озера и реки, обычно бедные питательными веществами. После нереста рыбы умирают, насыщая воду органикой. Их миграция привлекает медведей, волков и других наземных хищников и падальщиков, которые убивают 40—50% рыб и значительную часть питательных веществ переносят на сушу в виде мочи, фекалий и объедков. Таким путем прибрежные экосистемы получают до четверти всего азота. По некоторым данным, волки, отъевшись на лососях, так хорошо размножаются, что снижают поголовье прибрежных популяций лосося. Гну обеспечивают приток питательных веществ в обратном направлении, с берегов в воду.

Эти вещества чрезвычайно важны для пищевых цепей африканских пресных водоемов. Воды Мары очень мутные от огромного количества взвешенных частиц, растениям там темно, и потому основную часть органики речные обитатели получают с суши. Что будет с ними, если прекратятся миграции гну и люди уничтожат слонов и бегемотов? В Серенгети эти животные пока в безопасности, их численность даже растет потихоньку. К сожалению, этого нельзя

сказать о многих других мигрирующих животных. Биомасса тихоокеанского лосося, заходящего на нерест в реки северо-запада США, снизилась в историческое время на 93%, соответственно уменьшилось и количество приносимой рыбой органики. Поголовье американских бизонов не идет ни в какое сравнение с XVIII веком, когда миллионы животных кочевали по прериям. Численность сайгаков снизилась с миллиона в 1992 году до 50 тысяч в 2008-м. Нарушение путей миграции повлияло на потоки питательных веществ, однако понять, что именно изменилось, трудно из-за недостатка исходных данных. Ученым остается исследовать миграции, которые еще сохранились.

Теперь, когда определилось колоссальное влияние гну на речные экосистемы, надо понять, почему животные тонут в таком количестве. Возможно, играет роль структура берега, численность стада (небольшие группы животных переходят реку благополучно), уровень воды и поведение туристов. Вообще, влияние туристов на успех переправы участники проекта планируют исследовать особо. Интересно выяснить, какова судьба других веществ, попадающих в воду: калия, кальция, железа, молибдена? И как массовая гибель гну влияет на рыболовство, которым занимаются люди ниже по течению?

Примерно сто лет назад копытные Серенгети сильно пострадали от пандемии чумы рогатого скота. Однако их численность восстановилась, и миграции гну по-прежнему впечатляют. Нарушенные экосистемы возрождаются, если не мешать природе. В данном случае люди должны заботиться о сохранении поголовья животных и следить, чтобы у них были миграционные коридоры.

Н. Анина

REACH: ЧТО ОН МОЖЕТ И ЧЕГО НЕ МОЖЕТ

В июне 2007 года вступил в силу регламент Европейского союза по «регистрации, оценке, авторизации, ограничению производства и использования химических веществ» — Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, сокращенно REACH. В истории Евросоюза это наиболее детально разработанный законодательный акт, занимающий более 1200 страниц текста; в документе 141 статья, дополненная 27 приложениями.

Рeach — многозначное слово, как и большинство английских слов. Как глагол оно может означать следующее: протянуть руку, добиться чего-либо, простираться, доходить и т. д. А как существительное — предел досягаемости, область влияния. Вероятно, разработчики регламента имели в виду все эти значения одновременно; хотя в словарях можно найти и другие, например — производить впечатление на кого-либо.

Главное положение этого документа — требование тщательного изучения каждого химического продукта, производимого в Европейском союзе в количестве более одной тонны в год, чтобы оценить возможные риски для производителей и потребителей. Это включает всю цепочку передвижения химиката, вплоть до полки на кухне или в ванной. Слова «производимого в ЕС» могут означать также переработку различных веществ, в том числе ввезенных из других стран, выделение из природных источников (от растений до угольных шахт) и т. д. Требования к веществам, которые являются промежуточными и быстро перерабатываются в конечный продукт, мягче.

Казалось бы, вот решение всех проблем, связанных с «химией»! Химические вещества используются в производстве множества вещей, от компьютеров до детских игрушек, от одежды и обуви до косметики. Многие химикаты — стабилизаторы, эмульгаторы, пенообразователи, антиоксиданты — вводят, правда, в очень малых количествах, даже в кремы для лица и зубную пасту. Если на каждого из полумиллиарда жителей ЕС произвести всего два миллиграмма, то и получится тот самый минимум в одну тонну, с которого начинаются требования регламента. Так что можно предположить, что жители европейских стран лучше других защищены от вредных и ядовитых химикатов. Ведь в таком объемистом документе, наверное, должны быть прописаны все возможные и невозможные требования и рекомендации — что именно следует предпринимать в каждом конкретном случае. Нам же в России остается только издать аналогичный документ, на радость всем защитникам окружающей среды. А еще лучше — с учетом местных особенностей.

Однако критика регламента REACH началась сразу после его принятия — и с самых разных направлений. Прежде всего, практически нет шансов, что кто-либо из ответственных лиц, принимающих решения, внимательно, как говорится, с карандашом в руке, прочитает эти 1200 страниц. И не только прочитает, но и поймет там абсолютно все и сделает выводы. Даже экспертам в области химии и экологии такое вряд ли под силу. Именно для



таких документов лучше всего подходит известное выражение «Дьявол кроется в деталях». Утверждается, например, что в документе заложен «принцип экологической предосторожности». Этот принцип для многих кажется логичным и очевидным, но у него нет четкого научного обоснования. Более того, во многих случаях анализ данного принципа по критерию «затраты — выгода» показывает его экономическую неэффективность.

Далее, известно, сколько проблем создадут отходы. Мы это наблюдаем ежедневно, особенно в населенных пунктах вокруг самых крупных городов, жители которых требуют закрыть существующие свалки и мусоросжигающие заводы и протестуют против открытия новых. Однако в REACH об этом ни слова — авторы рассмотрели любые проблемы, могущие возникнуть при эксплуатации изделия или использования химиката, а что будет после истечения этого срока, их не интересовало. Документ требует строгого выполнения разных предупредительных мер, их цель — предотвращение маловероятных или даже невероятных событий. Это ставит в невыгодное положение химическую промышленность в странах ЕС, поскольку конкуренты в Америке и Азии не обязаны выполнять столь строгие правила. Особенно больно это бьет по европейским малым и средним химическим предприятиям. Кроме того, большинство российских производителей и экспортеров как в химической отрасли, так и других отраслях промышленности считают законодательство REACH барьером для доступа отечественной продукции в страны Европейского союза.

Похоже, разработчики регламента забыли, что глобализация касается также химической промышленности и рынка химической продукции. Как результат — регламент побуждает европейские химические компании переносить производство за пределы ЕС. В пределах Европы — например, в Швейцарию и Норвегию. В них достаточно жесткие экологические законы, поэтому перенос производства в такие страны не несет никаких угроз жителям Европы. Другое дело — Китай или Индия, с их огромными территориями. Промышленность в этих и некоторых



flickr.com / isado



СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

обсуждения возможных рисков и методов их снижения. По сути, эта стратегия сформулирована в виде категорического императива Иммануилом Кантом. Конечно, этим принципом руководствуются далеко не все компании, но тенденция именно такова.

К неожиданным последствиям может привести требование регламента — все вещества, если их годовое производство превышает одну тонну, должны быть зарегистрированы с предоставлением полных данных об их токсическом действии. Но чтобы выполнить это требование, необходимо провести много миллионов тестов на животных! Ведь по закону нужно проверить, не окажет ли вещество какое-либо вредное влияние на испытываемых животных не только в первом поколении, но и во втором. Правда, эксперты считают, что значительную часть данных можно получить путем компьютерного моделирования, однако в любом случае от 10 до 50% данных, по мнению разных экспертов, необходимо получать на основании реальных экспериментов *in vivo*. Уже через год после принятия регламента 65 тыс. компаний подали 2,7 млн заявок относительно 140 тыс. веществ. Выполнить все токсикологические тесты оказалось просто невозможно, не говоря уже о многомиллиардных затратах. Неудивительно, что появились призывы смягчить законодательство, например в ряде случаев не изучать воздействие химикатов на потомков. Альтернативой остаются эксперименты на личинках рыб, *in vitro*, а также совершенствование алгоритмов компьютерного моделирования.

А что у нас, в России? Вот что можно прочитать на официальном сайте Российского союза химиков, в статье исполнительного директора Союза Игоря Кукушкина «Мысли о REACH из России». «Сложности, а если точнее, полное непонимание или нежелание по проведению каких-либо плановых изменений по созданию баз данных веществ, содержащих информацию об их свойствах, опасности и безопасности, маркировки и т. д., приводит к тому, что исследования, проводимые российскими компаниями, будут аккумулироваться в Европе. Россия, в свою очередь, на данной стадии по этому вопросу не хочет проявлять никакой заинтересованности. По нашим подсчетам, на имя премьер-министра РФ было направлено около десятка писем. Если судить по ведомственным цепочкам прохождения писем, то вопросами, связанными с законодательством REACH, занимаются Минпромэнерго, Минэкономразвития и Министерство иностранных дел. По теме же вопроса — токсикологические исследования веществ — это прямая ответственность Минздравсоцразвития. Возникает ощущение, что то ли письма особо не читали, то ли мнение бизнеса особенно никого не интересует. На все наши обращения в Минздравсоцразвития никто не проявил никакой заинтересованности».

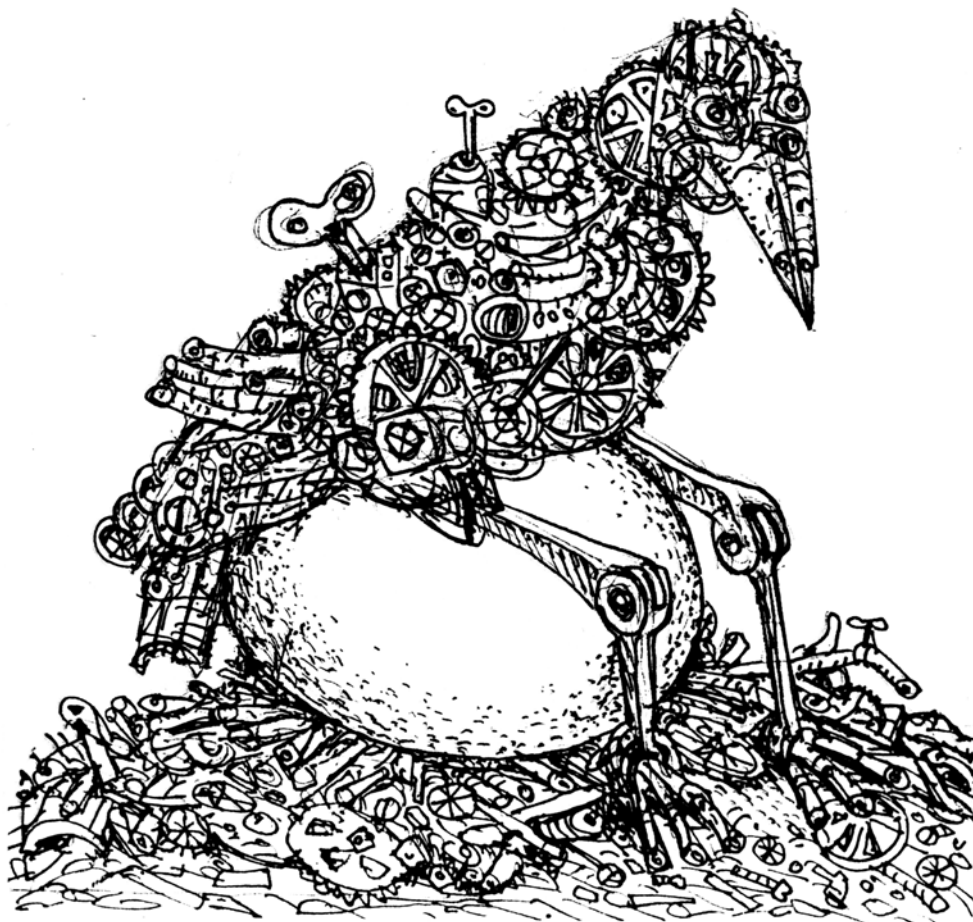
Статья была написана, по-видимому, несколько лет назад; остается надеяться, что с тех пор положение дел улучшилось. Во всяком случае, на сайте «Стандарты и качество» утверждается, что «практически все российские химические компании провели регистрацию своей продукции в соответствии с европейским законодательством REACH».

И.А.Леенсон

других странах отрицательно влияет на природу не только на локальном уровне, но и через границы. Развивающиеся страны часто используют устаревшую или запрещенную в развитых странах технологию. Импорт продукции из этих стран в Европу отчасти нейтрализует намерения регламента REACH.

В связи с этим можно вспомнить почти анекдотическую историю, которая случилась в середине XIX века в США, в небольшом городке Сиконке, штат Массачусетс. Сиконк был расположен на границе Массачусетса с соседним штатом Род-Айленд. В 1859 году в Сиконке с участием промышленника Джорджа Уилсона из Род-Айленда было организовано химическое предприятие, производившего удобрения и пекарский порошок. С самого начала у нового производства возникли проблемы с законодательством штата Массачусетс, которое регулировало допустимые пределы загрязнения воздуха промышленными предприятиями выбросами вредных веществ в атмосферу. Местные жители предъявили владельцам химического завода судебный иск. Его владельцы решили проблему самым необычным способом: им удалось добиться небольшого переноса границы между соседними штатами. При этом западная часть Сиконки, где располагался завод, отошла к Род-Айленду, а законы этого штата были не такими строгими, как в Массачусетсе. И трубы завода могли теперь дымить на вполне законном основании.

На самом деле химпром европейских стран еще до принятия регламента REACH принимал меры, предусматривающие решение возможных отрицательных последствий производства. Производители сами считали себя ответственными за соответствие технологии и выпускаемой продукции требованиям безопасности; помимо прочего, рабочие, инженеры и руководители сами ощущают на себе действие тех же неблагоприятных факторов, что и местные жители. Еще несколько десятилетий назад стратегия руководства химическими предприятиями была простой: для компании важнее всего ее собственные интересы, поэтому требования закона следует выполнять лишь по минимуму. Теперь стратегия меняется в сторону открытости,



**Если вы
скачали этот
номер
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**

**внести посильный взнос на оплату труда
журналистов, редакторов, художников
и корректоров вы можете, оплатив один
номер или целую подписку
в нашем киоске по адресу:**

http://www.hij.ru/buy_subscribe/

**Если вам
надоело
скачивать
случайные
номера
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**



**с любого номера вы можете подписаться
на бумажную или электронную версию
журнала по адресу**

http://www.hij.ru/buy_subscribe/

Можно ли обойтись без нефти

Капитану первого ранга,
профессору Андрею Витальевичу Платонову,
с уважением и симпатией

С.А.Эйгенсон

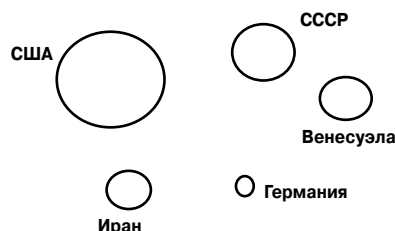
В течение всего XX века нефть играла важнейшую роль в истории. И все же, к примеру, Германия смогла при остром дефиците нефти продержаться шесть лет, хотя уже тогда говорили: «Современная война — это война моторов». Нефть играет не менее важную роль и в XXI веке. Надо ли бояться, что она кончится?

Шесть лет при дефиците нефти

Многие свидетели начала Второй мировой войны во Франции вспоминают развешенный повсюду лозунг французского министра Поля Рейно: «Мы победим, потому что мы сильнее!» В итоге этот слоган оказался правдой, однако на пути к этому были поражение и оккупация Франции, многие миллионы смертей и разрушения по всей Европе. Уверенность в победе основывалась на том, что в распоряжении союзников находились почти все ресурсы планеты, во всяком случае, они были недоступными Гитлеру. Союзники превосходили германо-итальянский блок в 2,7 раза по населению, в 7,5 раз по территории, и британский флот отрезал агрессора от большей части земного шара.

Единственный из основных стратегических ресурсов, который был у немцев в избытке, — каменный уголь. Ситуация с нефтью показана на рис. 1 — своя добыча покрывала менее 9% потребности. Без шведской железной руды, финского никеля, французских бокситов, никарагуанского каучука, карибской и американской нефти, балканского зерна и многого другого Германия садилась на голодный паек. Американский журнал «Oil and Gas» 7 сентября 1939 года писал, что только 11% импортируемой нефти поступает в Третий рейх из доступной по суше Румынии да еще 1,7% из СССР, все остальное идет из-за моря. Еще через неделю в том же журнале появилась статья под названием «Нацистская военная машина перед лицом нехватки нефти». Автор статьи Стэнли Норман предсказывал нехватку жидких топлив в Германии с середины 1940 года, хотя он особо упоминал о наличии в рейхе больших резервов нефти и нефтепродуктов и о значительном производстве синтетического бензина и дизельного топлива из угля, а также этилового спирта из картофеля.

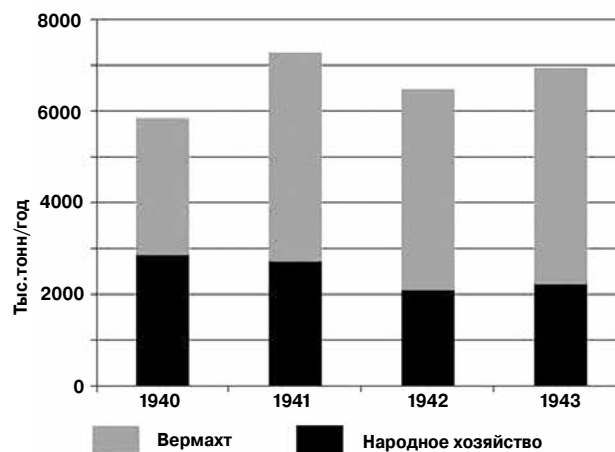
Собственно, это и делало для вермахта обязательным блицкриг. Долгой войны на собственных ресурсах он не мог выдержать. Однако за сентябрь 1939 года под немецким контролем оказались ресурсы западной половины Польши, в апреле 1940-го ресурсы Норвегии и путь к шведской руде Кируны, в июне — лотарингская железная руда и многие



1
Сравнительные объемы добычи нефти в некоторых странах (1939)

ресурсы французских колоний. Нефть и нефтепродукты в определенных объемах поступали в Германию из сталинского Советского Союза, а также из Румынии и Венгрии.

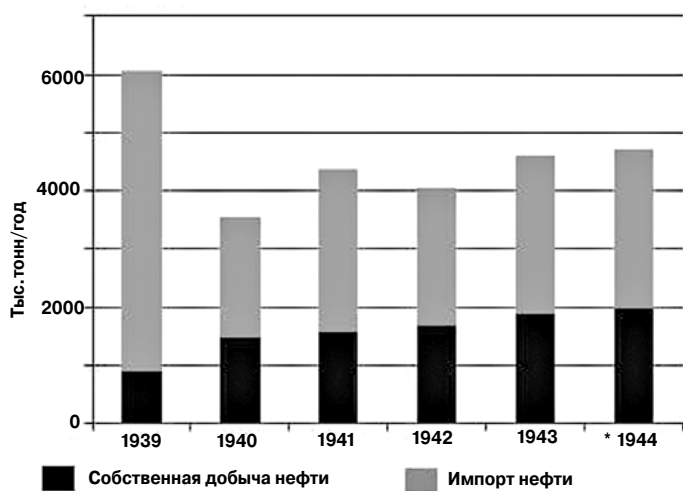
Однако из-за океанов ничего легально привезти было нельзя, контрабандой кое-что проникало даже из самой Великобритании (через Испанию), но это были крохи. Кроме того, на иждивении у Берлина оказалась Италия. Если немцам не хватало нефти и некоторых металлов, то итальянцам не хватало всего. Военное производство у Муссолини было развито неплохо, но базовые отрасли индустрии — металлургия, химия, станкостроение — сильно отставали или зависели от импорта сырья. Расходы на Италию были сравнимы с собственным потреблением рейха. Так, в 1942 году, последнем перед выходом итальянцев из игры, потребление моторного топлива в Германии (без вермахта) было равно 357 тыс. тонн, а экспорт в Италию — 285 тыс. тонн, поставки топлива для военно-морского флота дуче — 280 тыс. тонн, для германской кригсмарине осталось всего 140 тыс. тонн.



2
Потребление Германией моторных топлив (без масел)

По опыту предыдущей мировой войны все знали, что потребность в нефтепродуктах в военное время возрастает в три раза; германский экономист Ф. Фрейденсбург уже в 1937 году определил германскую потребность в импорте нефти в случае войны в 20 млн тонн. Он был оптимистом, другие предсказывали в два раза больше. Реальное же германское потребление нефтепродуктов оказалось в три — шесть раз меньше (рис. 2), то есть сэкономили на всем.

При этом собственная добыча нефти в рейхе (включая аннексированные Австрию, Чехословакию и французский Эльзас) выросла с 1940 года по 1944-й (по первому кварталу в пересчете на год) с 1465 тыс. до 1963 тыс. тонн. Таким образом, своя добыча росла почти до самого конца, но ее, конечно, было мало. Как же все-таки сумела Германия продержаться почти шесть лет войны? Тут несколько причин: каждой из них в отдельности было бы недостаточно, но все вместе они позволили протянуть до мая 1945-го.



* По первому кварталу в расчете на весь год

Нефть рейха: собственная добыча, импорт, предвоенные запасы, трофеи

Собственная добыча, импорт нефти и нефтепродуктов в Германии времен Второй мировой войны показаны на рис. 3. По поводу румынского и венгерского экспорта в Германию много не скажешь. Венгрия Миклоша Хорти, получив из рук Гитлера Южную Словакию и Закарпатье в 1938 году, а по Венскому арбитражу Северную Трансильванию, стала верным вассалом фюрера и отдавала Германии все, что могла. Румыния пыталась сначала традиционно ориентироваться на Францию, но после ее падения отдала по указке Берлина Бессарабию Советскому Союзу, Северную Трансильванию — венграм, Добруджу — болгарам. С приходом к власти в Бухаресте кондукатора маршала Йона Антонеску Румыния пошла целиком в русле германской политики. За это ей позволили расправиться с рвавшимися к власти собственными нацистами Хория Симу и Кодряну, обещали в будущем, после победы над Сталиным, возврат Бессарабии и новые земли за Днестром. Так что и румыны были готовы отдать фюреру все, что могли. До весны 1944 года тут проблем почти не было. В мае 1944-го два бомбовых налета американской авиации на Плоешти снизили выпуск горючего наполовину. А после августа того же года румыны перешли на сторону союзной коалиции и вывоз топлива в Германию прекратился.

Но и до этого были чисто технические трудности. До войны основной румынский экспорт нефти (80% из 4,5 млн тонн) шел через порт Констанца в Германию, Великобританию, Италию, Францию и другие страны Средиземноморья и Европы. Война сделала этот маршрут невозможным. Трубопроводов в европейские страны почти не было, оставался вывоз небольшими танкерами по Дунаю. До войны это составляло только 20% экспорта, и быстро увеличить количество этих танкеров было нельзя.

Та же проблема встала и перед СССР. Весь советский экспорт шел через порты Черного моря, главные покупатели — Великобритания, Италия и Турция. Но путь через проливы в Средиземное море был закрыт с началом войны, поэтому рейх, как покупатель нефти и нефтепродуктов, стал в определенной мере заменой заморских клиентов, и, если мы говорим о спасительности для Германии этой торговли, надо учесть и ее выгодность для СССР.

По поводу оккупированных территорий Советского Союза можно сказать, что в 1941 году немцам достались в целостности промыслы и нефтезаводы Западной Украины. Но вот в 1942 году, когда вермахт нацелился на Кавказ, Сталин поручил молодому замнаркома Н.К.Байбакову вывести из строя

3
Собственная добыча,
импорт нефти и нефтепродуктов
Германией в годы войны



РАССЛЕДОВАНИЕ

промыслы Майкопа. Тот блестяще справился с задачей. Все скважины были выведены из строя, так что, несмотря на попытки немцев возобновить добычу, им не удалось получить более 11 тонн в сутки, что в пересчете на год равно всего 3,5 тыс. тонн, при том, что довоенная добыча «Майкопнефти» была 2333 тыс. тонн. А Байбаков еще и сумел восстановить все эти скважины после войны.

Запасы Германии на август 1939 составляли 2176 тыс. тонн, в том числе авиабензина, автобензина и дизтоплива 1366 тыс. тонн. Надо сказать, что немцы всю войну старались поддерживать достаточные запасы нефти и нефтепродуктов, и только к весне 1945 года, когда все месторождения были захвачены Красной армией и союзниками, а заводы по производству искусственного жидкого топлива и нефтеперерабатывающие заводы разрушены авиацией, эти запасы истощились.

Что касается трофеев: в результате кампании на Западе в 1940 году немцы захватили 745 000 тонн топлива, по результатам кампании 1941 года (это преимущественно СССР) — 112 000 тонн. И в результате экспроприации итальянского топлива после выхода Италии из войны немцам досталось 140 000 тонн. Нашим дизельным топливом вермахт практически не мог воспользоваться на месте, так как их танки работали на бензине. Что могли, вывозили в фатерланд, где оно требовалось подводным лодкам Денница, надводным судам и тракторам. Так или иначе, «война себя окупала», хотя бы частично. Но только до того, как фронты покатались назад в пределы фатерланда.

Синтетические жидкие топлива

Это производство нефтепродуктов из угля гидрированием (рис. 4) или по методу Фишера — Тропша. Первая такая установка заработала в 1928 году в саксонской Лёйне (рис. 5), однако бензин получался в десять раз дороже импортного американского. Тем не менее, когда наци пришли к власти,



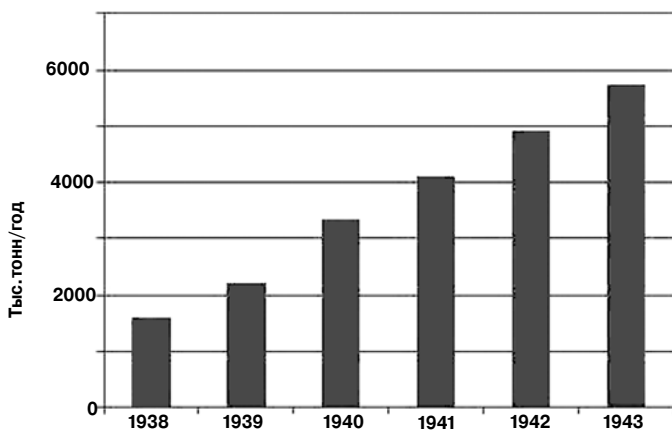
4
Установка гидрогенизации угля в Блехамере (Силезия).
Аэрофотоснимок американского самолета-разведчика до бомбежки, 1944 год



5
Химический комбинат «Лейна», Саксония-Ангальт, 1940 год

они всячески стимулировали такое «автаркичное» производство. Уже во время войны было построено 26 установок гидрирования и Фишера — Тропша. Кроме того, использовались этиловый спирт, полученный из картофеля, бензол из коксохимии и сланцевая нефть. В отличие от нынешней, ее извлекали из сланцев на специальных установках. Такие установки еще до войны работали в Эстонии, Латвии, Франции, и со временем они оказались под контролем вермахта.

Строительство заводов синтетического топлива продолжалось и во время войны, так что его производство возрастало до весны 1944 года (рис. 6). После успешных бомбардировок союзной авиации, разрушивших ряд заводов, оно покатилось вниз. Рейхсминистр вооружений Альберт Шпеер описал это в своих мемуарах так: «С налетом девятистот тридцати пяти бомбардировщиков 8-й американской воздушной армии на несколько заводов по производству горючего в Центральной и Восточной Германии в воздушной войне началась новая эра — крах немецкой военной промышленности». С продвижением советских и союзных войск по территории рейха заводы один за другим прекращали давать топливо вермахту и люфтваффе уже без бомбардировок.



6
Рост производства синтетических топлив в Германии

Основное производство приходилось на долю гидрогенизации угля. Этот процесс и появился раньше, и установки начали строить еще по четырехлетнему плану. Кроме того, этим процессом производился почти весь германский авиабензин. Установки Фишера — Тропша давали только сравнительно хорошее дизтопливо и автобензин. Определенный вклад в производство моторных топлив сделали разгонка каменноугольной смолы, а также производство этилового спирта из несортного картофеля.

Газогенераторные автомобили

Суммарное количество работающих автомобилей в 1935 году в Германии было равно 1054 тыс., в Австрии — 45,2 тыс. и в Чехословакии 62,6 тыс.: всего 1161 тыс. автомобилей. В 1940 году в Германии, включившей в себя Австрию и Чехию, числилось 1656 тыс. авто, в том числе 1272 тыс. легковых автомобилей и 384 тыс. грузовиков. Годовой выпуск автомобилей в рейхе (включая, конечно, Австрию и Чехию) колебался во время войны между 100 и 150 тысячами в год. При этом доля автотехники, поступающей в вермахт, с 1939 до 1944 года увеличилась с 15 до 90%. В этих условиях 500 тыс. авто, оборудованных газогенераторами, означают, что практически почти все невоенные немецкие автомобили заправлялись не автобензином, а дровами и бурым углем (рис. 7). Более того, известны случаи, когда газогенераторы ставили на танки — конечно, на учебные (рис. 8). Между прочим, это упоминается в романе Дитера Нолля «Приключения Вернера Хольта», изданном в ГДР и очень популярном в СССР в 60-х годах.

Штирлиц в известном фильме ездил без такого «самовара», но то, что мы с вами видели в кино, — «мерседес» (по роману — «хорьх») — машина не Штирлица и не В.В. Тихонова, а специально купленный для съемок Мосфильмом автомобиль, и странно было бы увидеть на нем газогенератор в 1973 году. Режиссер Татьяна Лиознова, конечно, специально этим вопросом не занималась.



7
«Мерседес-бенц» 170V с газогенератором

8
Немецкий танк Pz.Kpfw. III с газогенератором



Лошадь вместо автомобиля

Про Вторую мировую войну было известно, что это будет «война моторов». Все помнили слова Керзона о Первой мировой: «Союзники приплыли к победе на волне нефти», а также формулу «Победа союзников над Германией — это победа грузовика над локомотивом». Первое документированное употребление выражения «война моторов» — это раскопал К.В. Душенко, — название серии статей швейцарского инженера С. де Штакельберга в журнале «Швейцарское военное обозрение» (1931, 10–12). Статья упоминалась в советской печати в 1932 году. В 1941 году это выражение употребил И.В. Сталин в докладе на торжественном заседании 6 ноября 1941 г. Однако практически степень моторизации войск СССР, Германии и Японии была далекой от 100%.

Относительно Третьего рейха этого и теперь многие не понимают. В старых советских фильмах и романах о начале войны красноармейцы всегда в лучшем случае с трехлинейками и пешком, а немцы всегда со «шмайсерами» и на мотоциклах с колясками или автомобилях. На самом деле в штате германской пехотной дивизии образца 1940 года



9
Конный обоз вермахта, 1941 год

предполагалось наличие 12 609 винтовок и карабинов и всего 312 пистолет-пулеметов, то есть автоматов. Рейхсминистр вооружений Шпеер вспоминал впоследствии о своей поездке на фронт в декабре 1943 года: «Солдаты и офицеры жаловались на недостаток легкого пехотного оружия, особенно — эффективных автоматов. Солдатам приходилось довольствоваться трофейным советским оружием этого типа. Гитлер нес прямую ответственность за сложившуюся ситуацию. Пехотинец Первой мировой войны, он до сих пор хранил верность хорошо знакомому карабину».

То же было и с моторизацией. По штату пехотной дивизии вермахта на 16 860 человек личного состава полагалось 1743 верховых лошади, 3632 тягловых лошади, 895 повозок, 31 прицеп, 500 велосипедов, 530 мотоциклов (из них 190 с колясками), 394 легковых автомобиля, 536 грузовиков (из них 67 с прицепами). Таких дивизий было 100 из 127, начавших войну против СССР. Кроме того, были еще 9 моторизованных, 17 танковых и 1 кавалерийская дивизия.

В то же время в стрелковой дивизии РККА, по штатам 1940 года, числилось 10 240 винтовок, 1204 пистолета-пулемета Шпагина, 827 автомашин всех видов, 88 арттягачей и тракторов, 4218 лошадей.

В германской стрелковой роте на 201 человека личного состава полагалось 16 пистолетов-пулеметов, 12 ручных пулеметов, 44 пистолета, 130 карабинов, три противотанковых ружья, три 50-миллиметровых миномета. Кроме того, рота располагала одной лошадей под седлом, 12—18 тягловыми лошадьми, тремя конными повозками, 8 велосипедами, одним мотоциклом, одним мотоциклом с коляской. Всего же в вермахте в разгар войны, в 1943 году, было примерно 1,4 млн лошадей (рис. 9). Конечно, они требовали фуража, как минимум 10–12 кг каждой лошади ежедневно, итого свыше 6 млн тонн в год. Но овес и сено были все же более доступны для вермахта, чем нефть. Частью их поставляло собственное сельское хозяйство, часть можно было добыть у союзников и на оккупированных территориях. Вообще продовольственная служба рейха работала неплохо. И фураж доставлялся в достаточном размере, и продовольствие для населения империи, в отличие от Первой мировой войны с ее страшной «брюквенной зимой» 1917 года, почти до самого конца, до 1945 года поступало в Германию исправно, не меньше биологических норм. Заметим, что, когда фронт покотился назад на Запад, какое-то количество вермахтовских лошадей стало попадать в трофеи Красной армии. И фронтовики вспоминали, что на советском рационе, «разом густо, разом пусто», немецкие лошади болели и часто выходили из строя. У своих их кормили более регулярно.

Конечно, этот ресурс крайне сложно пересчитать в тысячи тонн нефтепродуктов. Но попробуем, хотя бы приближен-



но. Если взглянуть на количество лошадей и автомобилей в пехоте и артиллерии, можно допустить, что без гужевого транспорта количество автомобилей пришлось бы увеличить наполовину и, соответственно, расход автобензина в вермахте — примерно на треть. Тогда для середины войны, для 1943 года, получаем около 400 тыс. тонн.

Итоги

На 1943 год по разным данным получается потребление моторных топлив и их заменителей от 9,5 до 11,3 млн тонн. Тут суммарно и вермахт с люфтваффе, и кригсмарине (примерно 84% потребления), и гражданские потребители, включая «хорьх» штандартенфюрера Штирлица (оставшиеся 16%). Конечно, это сильно уступает американским ресурсам, но с Красной армией уже можно сравнивать. Мы в 1943 году добыли около 18 млн тонн нефти, однако надо учесть, что примерно половина ее потреблялась в виде мазута и только другая половина превращалась в моторные топлива и масла.



10
Вклад различных источников в обеспечение рейха моторным топливом

Посмотрим немецкие ресурсы по источникам (рис. 10). Как видим, крупнейшим из них было получение жидких топлив из угля методом гидрогенизации. Затем идет импорт нефтепродуктов, главным образом из Румынии. Вот по этим двум ресурсам были нанесены удары американской авиации 12 и 28 мая 1944 года. После этих налетов рейхсминистр вооружений Шпеер и сделал вывод, что «началась новая эра — крах немецкой военной промышленности». А после того, как Красная армия в августе 1944-го заняла Плоешти, а союзники вырвались со своего нормандского плацдарма на просторы Франции, стало можно говорить о коллапсе системы обеспечения топливом, как и вообще вермахта и рейха.

Но надо честно признать, что ценой мобилизации всех своих возможностей Германия сумела сделать невозможное: обеспечивать жидким топливом свои вооруженные силы и народное хозяйство почти шесть лет Второй мировой войны.

Послесловие: Вечен ли нефтяной век?

Без свечотца науки
и с нефтью будут потемки.

Д.И. Менделеев

В последние годы несколько снизился накал страстей на тему «нефть иссякает, цивилизация на краю гибели». Пророчества Мэриона Кинга Хабберта об истощении нефти производили особенно сильное впечатление потому, что была точно указана дата максимума мировой добычи — 1995 год, после которого ресурсы нефти должны были резко покатиться вниз, вызывая так называемый олдувайский кризис. Олдувайская культура — палеоантропологический термин, наиболее примитивная культура обработки камня, таким образом, смысл предсказания — гибель всей индустрии, зависимой от нефтяного топлива, и возвращение в каменный век. Но 1995 год прошел, а добыча нефти продолжала расти, хотя и не так быстро. Кроме того, начала появляться новая технология, позволяющая экономить топливо. Хаббертианцы несколько раз после этого переносили «пик-ойл» на более поздние годы, но сегодня, кажется, и сами уже сомневаются.

Последней неожиданностью в нефтяном деле оказалось появление добычи «сланцевых» углеводородов. Для этого понадобилось разработать совершенно новые методы горизонтального бурения и гидроразрыва пластов. Пока такой технологией владеют только американцы, и все остальные страны должны обращаться к ним. Так что в начале XXI века выяснилось, кто может по праву называть себя «великой энергетической державой». Кстати, США и по объему добычи снова вышли на первое место в мире, 12,8 млн баррелей в день. За ними Саудовская Аравия — 12 млн, а на третьем месте Россия с 11 млн.

Но вечно ли нефти править миром? Рано или поздно мы (может быть, наши дети или внуки) доживем до дешевой термоядерной энергии. Пока что строительство во Франции экспериментального международного термоядерного реактора ИТЕР идет полным ходом, выполнено около половины работ. Доля России в этом проекте равна одной одиннадцатой, примерно 1,4 млрд долларов, или в 18 раз меньше, чем нам обошлась Сочи́нская зимняя Олимпиада. Начало работы этого реактора ожидается на 2025 год — уже недалеко. А через полвека после этого, возможно, придет пора дешевой энергии из трития, дейтерия и лунного гелия-3.



Это не значит, что нефть совсем не будет нужна людям. Для производства органических материалов — волокон и пленок — нефтяные и газовые углеводороды останутся самым выгодным и удобным сырьем. Не стоит бояться, что к тому времени их не останется на Земле. При современных технологиях мы можем добыть максимум треть от геологических запасов нефти. Две трети остаются в пласте, отрезанные от наших скважин водой и непроницаемыми породами. Однако когда добыча прекращается, в пласте начинается формирование вторичного месторождения за счет гравитационного расслоения более тяжелой воды и более легких углеводородов. Нашим потомкам достанется эта нефть, к тому же появятся новые методы увеличения нефтеотдачи, которые будут разработаны или уже разрабатываются.

Посмотрим на человеческую историю. Первое, что нам записывают в биографию археологи, — это каменный век, причем «в трех частях». Древний палеолит начинается примерно 2,5 млн лет назад, еще не у нас с вами, а у других, ныне вымерших представителей рода *Homo*, и заканчивается 10—12 тыс. лет назад с изобретением лука, гарпуна, рыболовной сети, музыки, танцев и первых религиозных идей. Мезолит для подавляющего большинства людей промелькнул быстро, но у некоторых народов он продолжается до сих пор — у пигмеев и бушменов в Африке, аборигенов Австралии и некоторых индейских племен Амазонии. Потом приходит неолитическая революция и приносит орудия из шлифованного камня, земледелие, скотоводство, рыболовство, а затем керамику, оседлую жизнь, зачатки частной собственности и протогосударства. Появляются новые религиозные идеи, живопись с символическим содержанием и, возможно, протопоззия.

Потом приходят металлы. Сначала медь, потом ее сплавы с мышьяком и оло-

вом — бронза. Каменный век сменяется, во всяком случае, в передовых в ту пору долинах Нила, Евфрата, Тигра и Хуанхэ, бронзовым. Каменный век, как мы считаем, кончился — однако вовсе не потому, что кончились ресурсы камня. Более того, и в век бронзы изделия и инструменты из нее были далеко не у каждого. Сравнить количество бронзы и камня затруднительно, но, что касается ее главного компонента — меди, по нынешним оценкам, собственное производство меди в долине Нила достигало около 4 тонн в год. Добавим еще дань от зависимых стран и добычу в походах. Известно, что из одного своего похода Аменхотеп II привез не менее 45,5 тонн меди. Наверное, мы можем оценить дань и добычу как вдвое увеличивающие ресурсы меди. И будет у нас для Египта, страны, переходящей из медного века в бронзовый, никак не больше килограмма меди на душу в год. Этого, конечно, мало, чтобы произвести из нее все необходимое оружие и инструменты. Во всяком случае, сегодня, когда медь давно вытеснена почти полностью из такого производства, ее годовой выпуск на душу в мире превышает 3 кг.

Из чего делали оружие и инструменты египтяне? Хотя каменный век вроде бы кончился, но — из старого доброго камня. Во всяком случае, археологи раскопали недалеко от дворца фараона мастерскую, делавшую деревянные серпы с кремневыми вкладышами-микрוליдами. И это — широко распространенное явление, в армии фараона были отряды пехотинцев, вооруженных каменными молотами. А в наши дни потребление камня для разных целей равно 0,18 м³ на душу в год. То есть примерно полтонны — и это уже в виде готовых изделий. Такое масштабное использование камня и не снилось ни *Homo habilis* нижнего палеолита, ни человеку неолита. Как выразился министр нефтяной промышленности Саудовской Аравии, шейх Заки Ямани: «Каменный

век закончился не потому, что в мире кончились камни. Также и нефтяной век закончится не потому, что у нас кончится нефть». И медный, и бронзовый века закончились не потому, что истощились на Земле месторождения меди.

Такая же картина получается с добычей и использованием железа. В Древнем Риме, в самый расцвет железного века, использовали до 1,5 кг железа на душу в год. Своего не хватало, и Рим импортировал железо даже из далекого Китая. Позже, на пороге Первой промышленной революции в конце XVIII века, Англия производила и использовала около 30 кг железа на душу в год. Мы сколько угодно можем называть свой век «веком пластмасс» или «веком алюминия», но производство только одного из «черных металлов» — стали сегодня равно в мире 227 кг на душу в год. Правда, первенство по выплавке стали ушло из Питтсбурга, Эссена, Шеффилда и Екатеринбурга в Китай, Японию, Бразилию, Индию и Корею. Но тут ничего удивительного нет — на дворе «цифровой век», постиндустриальное общество.

А что у нас было с «угольным веком»? Первыми стали использовать уголь как источник энергии, кажется, еще римляне. Достоверно известно, что в средневековом Китае топили углем. Марко Поло описывает это так: «По всей области Кайтай есть черные камни; выкапывают их в горах, как руду, и горят они, как дрова. Огонь от них сильнее, нежели от дров, он продержится во всю ночь, до утра. Жгут эти камни, потому что и дешево, да и деревья сберегаются». Китайцы же первыми научились делать из каменного угля кокс. Но массовое производство кокса и использование его в металлургии начинается в Англии в 1735 году. Великобритания долго была первой угольной державой мира. Так что Россия, воюя с англичанами под Севастополем, отправляла в топки своих немногочисленных паровых машин купленный через посредников кардифф. (Так называли в те времена лучший сорт британского каменного угля — из Кардиффа.)

В 50-е годы прошлого века Белорецкий металлургический комбинат в Башкирии работал еще на древесном угле. Но это был, наверное, последний такой комбинат в мире и уж точно в СССР. Вся черная металлургия работала на коксе. А вершиной угольного века надо, вероятно, считать 1913 год, когда именно добычей угля, а не нефтью или газом определялись энергетические возможности любой страны и всего мира. Тогда среднемировая добыча угля на душу населения была равна 740 кг. Сегодня угольный век, конечно, закончился. Доля угля в мировом энергобалансе равна только 28%, а в Российской Федерации и того меньше — 13%. И вот при таком падении роли угля его среднемировая добыча на душу

населения равна 1130 кг/год — выше в полтора раза, чем в 1913 году.

Конец той или иной эпохи происходит не оттого, что исчезает ключевой ресурс, а оттого, что появляются новые потребности человечества, которые этот ресурс уже не может удовлетворить, и на смену ему появляется, после соответствующего технологического переворота, новый ресурс. Это же произойдет с нефтью. Она вряд ли сможет полноценно удовлетворять энергетические потребности, которые появятся у населения Земли к концу нашего века. И на смену ей придет новый ресурс. Как представляется сегодня, это будет мирный термояд. Конечно, одними термоядерными электростанциями энергетика не обойдется, развиваться будут и другие типы генераторов энергии. Прежде всего, по-видимому, возобновляемые источники, например использование энергии ветра. На сегодня ее вклад в мировое производство электричества чуть больше 3%. Но есть лидеры — Дания еще в начале XX века стала развивать ветроэнергетику, сегодня у нее ветряки дают около 42% электроэнергии. Несколько неожиданным и очень обнадеживающим выглядит ускоренное развитие ветрогенераторов в Китае, уже обогнавшем и Евросоюз, и США.

Строго говоря, человечество уже пережило однажды «ветряной век» и его конец. Это столетия с XVI по XVIII, когда парусники сменили верблюдов и лошадей в качестве главного средства дальних перевозок, а ветряные мельницы использовались и для помола зерна, и для валяния сукон, и для осушения нидерландских полей, и для орошения (в Италии и Испании). Тогда это сразу же сказалось на структуре российского вывоза, где главным экспортным товаром надолго стала пенька (45% экспорта). Ведь век парусов — это век канатов, а капронов-нейлонов еще не было. Но в XIX веке на смену ветру и воде пришел пар — и на транспорте, и в производстве энергии. Ветряной век кончился, однако не потому, что ветры перестали дуть. К счастью, не перестали, что и делает возможным возвращение ветроэнергетики.

Когда-нибудь, наверное, количество используемой человеком энергии станет проблемой само по себе, будет грозить местными и глобальными перегревами. Пока до этого очень далеко, все опасения относительно перегрева планеты связаны не с выделением тепла, а с изменением характеристик атмосферы под действием выделяющихся «химических отходов» углеродной энергетике — водяных паров и углекислого газа. С этим, конечно, надо бороться, даже если всеобщего потопы и катастрофического изменения климата планеты в ближайшее время ожидать не приходится. Однако с подобными проблемами наука и техника в принципе справляется — если серьез-



РАССЛЕДОВАНИЕ

но взяться за дело. Во всяком случае, понятно, в каком направлении должны изменяться современные технологии.

Но технологический прогресс не отменит второе начало термодинамики — увеличение количества используемой человеком энергии приведет к увеличению «тепловых отходов». Я вспоминаю, как подростком впервые увидел на одном из уральских заводов не замерзающий и зимой пруд около местной ТЭЦ. Потом мне пришлось повидать и громадный пруд, куда сбрасывала свою теплую воду большая Сургутская теплоэлектростанция. Такой сброс уже приводит к местному изменению климата. Над прудом круглый год стоит облако тумана, вода в нем никогда не замерзает и при сибирских морозах, а снег на берегу тает. Так не превратится ли наша планета в огромную копию этого пруда? По некоторым прогнозам, это произойдет к концу XXI века, но за оставшееся до этого время появится еще много самых разных прогнозов.

К этому времени лозунг «Земля — колыбель человечества, но нельзя вечно оставаться в колыбели» станет, вероятно, реальностью. Попробуем спрогнозировать ситуацию на конец XXI века. Согласимся с ООН и примем население Земли на 2100 год равным 11,2 млрд человек. Годовое потребление энергии на человека за 180 лет с 1820 по 2000 год увеличилось в четыре раза, с 20 до 80 гигаджоулей. Примем, что средние темпы роста потребления энергии на душу населения до 2100 года сохранятся. Тогда до 2100 года оно вырастет еще в 2,16 раза и будет равно примерно 173 гигаджоулям на человека. Умножаем эту цифру на количество указанного выше населения и получаем примерно $2 \cdot 10^{19}$ джоуля в год. Площадь поверхности Земли примерно равна $5 \cdot 10^{14}$ м², в году 31 536 000 сек. На квадратный метр поверхности Земли мы получим 0,0012 Вт/м².

Много это или мало? От Солнца Земля получает 1370 Вт/м² (так называемая солнечная постоянная). Это в миллион раз больше. Так что в этом направлении опасность будет не близка и к концу текущего века.



Будь внимателен, эксперт!

В декабрьском номере «Химии и жизни» за 2017 год была опубликована статья Р.В. Богданова «Право на диалог», в которой он в весьма корректных выражениях обосновал необходимость общения авторов научных проектов, подаваемых на конкурс в фонды, с рецензентами. Главный вывод заключается в некомпетентности экспертов. Часто вполне достойные заявки отклоняются из-за того, что попадают к рецензентам, плохо разбирающимся в сути проблемы. Тема эта острая и болезненная, однако такого рода дискуссии в околонучной печати встречаются очень редко, поэтому хочется продолжить ее на страницах «Химии и жизни», остановившись на системе рецензирования в Российском фонде фундаментальных исследований (РФФИ). Фонд выглядит как непробиваемый броненосец, в отношении которого похвалы допускаются, критика — нет. Немного исправим ситуацию.

РФФИ — первый из российских фондов поддержки науки, не самый богатый, однако, как считается, наиболее успешный, демократичный и продвинутый. Такого сформировавшегося за много лет работы фонда мнение научного сообщества. Образ этот в научных и околонучных СМИ создается самими успешными учеными, которые черпают из него хотя и понемногу, но давно и постоянно. Особые поклоны и реверансы делаются в адрес когорты доблестных и высококвалифицированных экспертов РФФИ. Кто их только не хвалил! Респектабельные академики европейского типа, соотечественники, благополучно отбывшие за рубеж, и даже руководители недавно созданного богатого Российского научного фонда.

Не прошло и пяти лет, как фонд позволил руководителям проектов знакомиться с текстами рецензий. А до того эта информация была полностью закрытой, так что у неудачников не было никакой возможности апеллировать. Предоставленный текст позволяет сделать заключение не только о компетентности эксперта, но и о его прилежании. Вот тут-то и появляются сомнения относительно и компетенции, и времени, которое эксперт потратил на ознакомление с существом заявки.

Должность эксперта РФФИ почетная, но требует существенной затраты времени, особенно если учесть, что в заявках бывает и по 25 страниц. Ученые — народ сильно занятый, а рецензию необходимо предоставить в срок. Когда время истекает, эксперт начинает спешно знакомиться с заявкой. Если обозначенная в ней область науки ему хорошо известна, рецензия получается грамотной. А если нет, получается то, что увидела недавно наша научная группа, представив на соискание гранта проект по структурированию тонких пленок.

В рецензии имеется семь пунктов. Это *актуальность заявленной темы исследований; новизна предложенного исследования; соответствие уровня исследований и ожидаемых результатов проекта мировому уровню; соответствие предложенных подходов и методов планируемых исследований поставленной цели и задачам проекта; уровень научных результатов руководителя проекта, в том числе за последние пять лет; уровень имеющегося научного задела и характеристика участников проекта; заключительные замечания эксперта.*

В первой рецензии из этих семи пунктов оказался заполненным лишь последний. Вот он.

Заключительные замечания эксперта. «Структурированные тонкие пленки находят многочисленные применения в микроэлектронике, лакокрасочной промышленности, при создании сенсоров. Особый интерес представляют плотно упакованные текстуры с ортогонально расположенными к поверхности короткими отрезками тонких нитей или волокон, поскольку они обладают высокогидрофобными свойствами. Существует ограниченное число способов создания такого рода поверхностей. Авторы предложили использовать простой способ получения текстурированных пленок, заключающийся в отверждении тонкого слоя суспензии микрочастиц магнетита и карбонильного железа на поверхности одного из полюсов постоянного магнита. Самоорганизация ферромагнитных микро- и наночастиц, диспергированных в термически и фотолитически отверждаемых олигомерах, а также в растворах полимеров в поле постоянного магнита будет исследована серией инструментальных методов, включающих оптическую, трансмиссионную, сканирующую электронную и атомно-силовую

микроскопию <...> Работа, конечно, полезная, но какая-то очень рутинная. Думаю, что ее можно поддержать».

А вот текст аннотации заявки.

«Структурированные тонкие пленки находят многочисленные применения в микроэлектронике, лакокрасочной промышленности, при создании сенсоров. Особый интерес представляют плотно упакованные текстуры с ортогонально расположенными к поверхности короткими отрезками тонких нитей или волокон, поскольку они обладают высокогидрофобными свойствами. Существует ограниченное число способов создания такого рода поверхностей. Недавно мы предложили простой и доступный способ, заключающийся в отверждении тонкого слоя суспензии микрочастиц магнетита и карбонильного железа на поверхности одного из полюсов постоянного магнита...» (Кстати, о влиянии магнитного поля на структуру таких пленок можно прочесть в «Химии и жизни», 2015, № 11. — Примеч. ред.)

Да-да, повтор не ошибка верстальщика: текст первой рецензии — полная копия заявки. Эксперт поступил просто. Не утруждая себя за неимением времени (а может быть, и за недостатком знаний) сочинением хоть какого-то словесного описания существа заявки, он выдал содержание аннотации за собственный текст и в конце с высоты своего блистательного положения благосклонно изрек: «Работа, конечно, полезная, но какая-то очень рутинная. Думаю, что ее можно поддержать». Абсурд! Зачем же поддерживать работу, если она рутинная? Не для поддержки рутины создан РФФИ.

Посмотрим на вторую рецензию. Она еще короче, хотя заполненных пунктов больше.

Новизна предложенного исследования. «В проекте присутствует оригинальный подход в рамках решения известной проблемы».

Соответствие уровня исследований и ожидаемых результатов проекта мировому уровню. «В числе публикаций авторов отсутствуют статьи в мировых рейтинговых журналах».

Соответствие предложенных подходов и методов планируемых исследований поставленной цели и задачам проекта. «Подходы, методы и

план исследований почти полностью соответствуют заявленной цели и задачам проекта. В проекте не освещено имеющееся оборудование. Не предусмотрена (по крайней мере, нет в описании) оценка гидрофобности получаемых композиций по углу смачивания».

Заключительные замечания эксперта. «Проект следует одобрить».

Эксперт также не затруднил себя сочинением какого-либо текста, но и выдавать чужой текст за свой не стал. Зато он весьма лаконично заполнил три раздела анкеты из шести и сделал заключительное замечание из трех слов. Констатировал, что существует оригинальный подход, который, как и методы и план исследований, «почти полностью соответствуют цели и задачам проекта». Почему «почти», в чем несоответствие, не указано. Но при этом, замечает эксперт, не освещено имеющееся оборудование и не предусмотрена оценка гидрофобности композиций по углу смачивания. В мировом уровне исследований, по-видимому, усомнился, поскольку «нет публикаций в мировых рейтинговых журналах». Уровень научных результатов руководителя и имеющийся задел оценивать не стал.

Замечание по поводу отсутствия информации об имеющемся оборудовании может показаться справедливым. В приложенном файле такого раздела действительно нет, так он и не требуется по новым правилам фонда. Раньше он был, теперь его нет. Странно выглядит и замечание об углах смачивания. На с. 12 заявки, в разделе «Ожидаемые научные результаты», сообщается: «Будут определены краевые углы смачивания». Не приводить же в проекте методику исследования, с которой знакомятся студенты по учебнику или по методичке, составленной преподавателем. А если бы рецензент дочитал заявку до раздела «Имеющийся у коллектива научный задел», то на с. 22 нашел бы и таблицу с названием «Таблица 1. Значения краевых углов смачивания для тестовых жидкостей», из которой он смог бы понять, что авторы в полной мере владеют не только методом определения краевых углов смачивания, но также и прочих энергетических характеристик поверхности.

Непонятно, отчего эксперт считает, что у руководителя и коллектива нет качественных публикаций. В списке имеется, например, статья в журнале «Silicon» (2015, doi: 10.1007/s12633-014-9240-0) с импакт-фактором 1.069. А обзорная работа в журнале «Успехи химии» (2013, 82, 10, 964–987), импакт-фактор 2.318, свидетельствует о том, что авторы в курсе последних событий, происходящих в области химии золь-гель процессов, с помощью которых получают высокогидрофобные покрытия. В обзоре много ссылок на собственные работы.

Приходится констатировать, что и во второй рецензии все замечания не впопад и эксперт не затруднил себя вдумчивым знакомством с заявкой.

Наконец, третья рецензия.

Актуальность заявленной темы исследований. «Недавно авторы предложили оригинальный способ создания поверхности со специфической структурой (плотно упакованная текстура с ортогонально расположенными к поверхности короткими отрезками тонких волокон), обладающей гидрофобными свойствами. Настоящий проект призван развить находку, он несомненно актуален».

Новизна предложенного исследования. «Поверхности подобного типа редки. Предлагаемый подход не только новый, он имеет свои оригинальные отличительные моменты (которые привнесены авторами проекта)».

Соответствие уровня исследований и ожидаемых результатов проекта мировому уровню. «Авторы вполне могут внести существенный вклад в развитие данного направления науки — они могут создать совершенно оригинальный вид обсуждаемых супергидрофобных поверхностей».

Соответствие предложенных подходов и методов планируемых исследований поставленной цели и задачам проекта. «Авторы настолько четко представляют свои проблемы и объекты, с которыми работают, что не вызывают никаких сомнений план и логика предлагаемых исследований. Они совершенно правильно расположили себя и в рубрикаторе».

Уровень научных результатов руководителя проекта, в том числе за последние пять лет. «Находка авторов представляется не только очень удачной, но и действительно очень перспективной в плане разнообразных практических приложений, касающихся создания защитных поверхностей. Конечно же жаль, что руководитель работ и его коллеги ограничивают публикационный уровень своей находки (пока ограничивают) такими публикациями, как, например, «Лако-красочные материалы и их применение» (2015, № 9, с. 18—21). Можно надеяться, что выделение гранта поможет поднять рейтинговый уровень их публикаций — к тому есть все основания».

Уровень имеющегося научного задела и характеристика участников проекта. «Да, действительно, все прекрасно и с квалификацией участников проекта, и с научным заделом. Практически они сами и создали весь задел для заявляемого проекта. Состав коллектива продуман и мотивирован».

Заключительные замечания эксперта. «Разделяю позицию авторов в отношении логики предполагаемых



ДИСКУССИИ

исследований (Они планируют дать феноменологическое объяснение обнаруженного эффекта с точки зрения физики магнитных явлений и физической химии структурообразования в дисперсных системах). Нет ни малейших сомнений в том, что заявляемый проект будет успешно выполнен».

Она также короткая, но как небо от земли отличается от двух предыдущих. В ней краткость — это сестра таланта и компетентности. Все разделы анкеты заполнены, все качественные оценки сделаны. Эксперт полностью в курсе темы, к которой относится заявка. Но проект не поддержан — две убогие рецензии перевесили одну качественную.

В каждом уважающем себя учреждении существует определенная иерархия работников. В РФФИ она тоже имеется. Есть отделы, назначены их начальники. Знакомятся ли они с тем, какого качества рецензии выдают их эксперты? Приведенные примеры показывают, что не знакомятся. В свое время Петр I издал указ: «Все прожекты зело исправны быть должны, дабы казну зряшно не засорять и отечеству ущерба не чинить. Кто прожекты станет абы как ляпать, того чина лишу и кнутом драть велю». Найдется ли в РФФИ руководитель, который однажды в сердцах воскликнет: «Кто рецензии абы как станет ляпать, того...» (накажу в меру своих полномочий)?

Обратимся снова к изречениям Петра Великого: «Указую господам сенаторам, чтобы речь держать не по писаному, а своими словами, чтобы дурь была видна каждого». Применительно к ситуации в РФФИ высокопоставленный руководитель мог бы заявить: «Указую господам экспертам, чтобы рецензии писали своими словами, чтобы дурь была видна каждого». Пока же создается впечатление, что сверкающий в лучах научной славы айсберг РФФИ, сверху белоснежный, в глубинной своей части уже подернулся ядовитыми водорослями некомпетентности, лени и недобросовестности своих работников.

Доктор химических наук
В. В. Семенов,

Институт металлоорганической химии РАН, vvsemenov@iomc.ras.ru

Не лекарством, а добрым словом

Психолог в кабинете стоматолога

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

Однажды у английской королевы Елизаветы I разболелся зуб. Врач настоятельно советовал этот зуб вырвать, но королева не решалась. А болел он сильно, государственные дела встали. Положение спас лондонский епископ Томас Эйлмер, убедивший Елизавету, что боль, которую предстоит вынести при удалении зуба, легче той, которую она терпит уже несколько дней. В доказательство он приказал хирургу вырвать один из собственных зубов, хотя у пожилого епископа их немного оставалось. Пример Эйлмера ободрил королеву, и она решилась на операцию. Вот что значит психотерапия!

Побег от стоматолога

Елизавету можно понять: в ее время зубы удаляли без анестезии. Современная стоматология располагает надежными средствами обезболивания, но мы все равно нервничаем перед визитом к стоматологу. А кое-кто откровенно боится. Это беспокойство даже получило специальное название — стоматологическая тревожность. Согласно статистическим данным, визитов к стоматологу боятся от 10 до 30% населения, в зависимости от того, опрашивают ли всех людей или только тех, которым предстоит лечить зубы. И поскольку беспокойство — явление частое, стоматологи должны быть готовы встретить его во всеоружии. О том, как это сделать, размышляют специалисты Падуанского университета Энрико Факко и Гастон Занетте («Frontiers in Psychology», 2017, 8:1155, doi: 10.3389/fpsyg.2017.01155). Они и стоматологи, и анестезиологи, и даже гипнозом немного занимались, так что знают, о чем говорят.

Даже если оставить в стороне соображения гуманизма и не беспокоиться о чувствах пациента, медикам гораздо удобнее работать, если человек в зубоврачебном кресле спокоен. Тревога — явление очень древнее. Это реакция на ожидаемую в будущем угрозу, истинную или мнимую. Этим она отличается от страха — адаптивного ответа на реальную опасность. Что может угрожать человеку у зубного врача? Чаще всего боязнь стоматолога связана с собственным негативным опытом его посещения или с опытом родных и знакомых. Было больно, лечение закончилось неудачно, пациент чувствовал себя беспомощным страдальцем в руках врача. Иногда угроза реальна — при серьезной операции возможны осложнения и травмы. Пациент может опасаться, что проблема куда серьезнее, чем ему кажется. И конечно, есть люди с повышенной тревожностью, которые опасаются всего.

Есть ли у человека причины для беспокойства или нет, организм, почувствовав тревогу, готовится встретить опасность. Первой на нее реагирует симпатическая нервная система. В кровь выделяется большое количество адреналина, в результате сердце колотится, дыхание учащается, больше крови приливает к скелетным мышцам, и в ней возрастает содержание глюкозы и кислорода. Насыщенная кровью мускулатура готова к дополнительным усилиям, необходимым для схватки с врагом или бегства. Эта физиологическая реакция так и называется: реакция борьбы или бегства.



Если тревога сильна, стоматолог кажется пациенту столь же опасным, как пещерный медведь. Ну хорошо, не медведь, а двуликий Янус, который лечит и в то же время заставляет страдать. И человек сам к нему пришел и сел в это ужасное кресло! Ситуация не позволяет ему ни бежать, ни сопротивляться. Ребенок, конечно, пытается, кричит и вырывается, а взрослому нельзя. При этом его организм готов к действию. И борьба превращается в агрессивное поведение: пациент сердится, может наругать врача или угрожать ему. А бегство проявляется как вазодепрессорный обморок. Сосуды расширены, пульс учащен, из-за скачка давления и гипервентиляции человек теряет сознание. Скорая помощь требуется пациентам стоматолога от 0,7 до 10 случаев на врача в год. Большинство этих инцидентов связаны не с заболеванием, а с последствиями страха и тревоги.

А теперь поставим себя на место стоматолога. Пациент от страха тянул с визитом до последнего, в результате вместо небольшой дырочки у него серьезная проблема. И такой субъект, весь в дырках, тревоге и фобиях, является на прием, ведет себя агрессивно или теряет сознание при виде бормашины. Стоматологи на работе тоже нервничают, да так, что стрессы, по мнению некоторых исследователей, доводят их до самоубийства. Хотя это, скорее всего, миф. Согласно другим данным, зубные врачи кончают с собой не чаще, чем медики иных специальностей. Однако от недостатка психологической помощи дантисты страдают. Нет, как хотите, а пациентов надо успокаивать.

Считается, что боязнь стоматолога присуща всем народам, всем культурам. И все же разные люди беспокоятся по-разному, и, прежде чем выбирать успокоительное средство, надо оценить степень их тревожности. Для этого существуют специальные шкалы. Первую из них разработал в 1969 году американский стоматолог Норман Корак (см. таблицу). Исследования с использованием этой шкалы показали, что среди пациентов с высокой стоматологической тревожностью чаще встречаются люди с алкогольной зависимостью, боязливые, с низкой самооценкой, агорафобией или расстройством поведения. У тревоги есть и внешние причины: предыдущий опыт, в том числе некорректное поведение врача или его низкая квалификация, и обоснованные ожидания трудностей, если у

Шкала стоматологической тревожности Кораха	Модифицированная шкала стоматологической тревожности
<p>1. Какие чувства вы испытываете накануне посещения стоматолога? А. Ожидаю визита к стоматологу с нетерпением. Б. Не испытываю никаких особых переживаний. В. Испытываю некоторое беспокойство. Г. Опасаюсь болезненных ощущений. Д. Seriously испуган возможными действиями врача.</p>	<p>1. Представьте, что завтра вам назначен прием у стоматолога. Как вы себя чувствуете? А. Не волнуюсь совсем. Б. Немного волнуюсь В. Достаточно сильно волнуюсь Г. Очень сильно волнуюсь Д. Страшно волнуюсь</p>
<p>2. Какие чувства вы испытываете, ожидая своей очереди в коридоре у кабинета стоматолога? А. Расслабление. Б. Беспокойство. В. Напряжение. Г. Значительное напряжение. Д. Страх, повышенную потливость, чувство тошноты.</p>	<p>2. Представьте, что вы сидите в поликлинике в ожидании вызова в кабинет стоматолога. Как вы себя чувствуете? Ответы как в п. 1.</p>
<p>3. Какие чувства вы испытываете, сидя в кресле стоматолога и наблюдая, как врач готовит к работе бормашину? Ответы как в п. 2.</p>	<p>3. Представьте, что врач сверлит вам зуб. Как вы себя чувствуете? Ответы как в п. 1.</p>
<p>4. Какие чувства вы испытываете, сидя в кресле стоматолога и наблюдая, как врач готовит инструменты, чтобы удалить зубные камни около десны? Ответы как в п. 2.</p>	<p>4. Представьте, что врач удаляет вам зубные камни. Как вы себя чувствуете? Ответы как в п. 1.</p> <p>5. Представьте, что врач-стоматолог делает вам обезболивающий укол в десну в область какого-либо дальнего верхнего зуба. Как вы себя чувствуете? Ответы как в п. 1.</p>
<p>Интерпретация результатов: — ответу «А» соответствует 1 балл; — ответу «Б» — 2 балла; — ответу «В» — 3 балла; — ответу «Г» — 4 балла; — ответу «Д» — 5 баллов.</p> <p>Сумма ответов на все вопросы может изменяться от 4 до 20 баллов. Если пациент набрал 17 или более баллов, то это говорит о его выраженной боязни стоматологического вмешательства и возможно о стоматофобии.</p>	<p>Интерпретация результатов Не волнуюсь совсем = 1 Немного волнуюсь = 2 Достаточно сильно волнуюсь = 3 Очень сильно волнуюсь = 4 Страшно волнуюсь = 5</p> <p>Сумма ответов на все вопросы может изменяться от 5 до 25 баллов. Если пациент набрал 19 или более баллов, то это говорит о его выраженной боязни стоматологического вмешательства и возможно о стоматофобии.</p>

пациента серьезная проблема. Эти данные еще раз подтвердили, что стоматологическая тревожность — непростое явление.

У теста Кораха есть один серьезный недостаток — он не учитывает, что многие люди боятся уколов. И в самом деле, приходит к стоматологу пациент, волнуется. Ему обещают, что больно не будет, сейчас лекарство введут, и все. Как, мало того что сверлить будут, еще и укол?! Положение позволяет исправить модифицированная шкала (см. таблицу). Ее использование, как правило, показывает больший уровень тревожности, чем шкала Кораха.

Примерно в то же время появилась визуально-аналоговая шкала тревожности. Она представляет собой отрезок длиной 10 см, на левом его конце полный покой и расслабление, на правом — самый жуткий страх, который только можно вообразить. На этом отрезке человека просят отметить крестиком текущий уровень тревоги. В отличие от шкал стоматологической тревожности, использование визуально-аналоговой шкалы требует карандаша и бумаги, обследование нельзя



провести по телефону. Кроме того, результат показывает ощущения пациента здесь и сейчас, вне гипотетического сценария «если завтра к врачу». При этом сценарий позволяет определить именно выраженность боязни стоматолога, а визуально-аналоговая шкала оценивает общую тревожность пациента вне зависимости от ситуации. Допустим, человек не боится зубного врача как такового, но ему предстоит удаление зуба мудрости, и он опасается возможных осложнений, например повреждения альвеолярных нервов. Такой пациент имеет низкую стоматологическую тревожность, а показатели по визуально-аналоговой шкале у него высокие. Так что тест на стоматологическую тревожность и визуально-аналоговая шкала тревожности не заменяют, а дополняют друг друга. Однако и в этом случае возможны ошибки.

Все шкалы имеют три уровня оценки. Если сумма баллов по шкале Кораха меньше 12, по модифицированной шкале — менее 14, а значение визуально-аналоговой шкалы меньше 51 мм, специалисты считают, что тревоги нет. Показатели 12—15, 14—18 и 51—75 мм, соответственно, свидетельствуют о тревоге. Более высокие баллы означают фобию (иррациональный, неконтролируемый страх или устойчивое переживание излишней тревоги в определенных ситуациях). Тем не менее многие пациенты с показателями несколько ниже тревожного все-таки боятся, и на них следует обратить особое внимание.

Союз боли и тревоги

Кажется, что проще всего успокоиться, приняв лекарство. У представителей рода *Homo* такие возможности были с незапамятных времен. Как показали исследования зубных камней неандертальцев, живших около 60 тысяч лет назад, они жевали аптечную ромашку и тысячелистник. Оба растения горькие, малопитательные, но хорошо известны своими противовоспалительными и успокаивающими свойствами. Их до сих пор используют при бессоннице и тревожных расстройствах.

В позднем палеолите (40—12 тысяч лет назад) люди уже умели сверлить зубы, удалять сгнившую ткань и заполнять отверстия пчелиным воском. Археологи находили останки людей с кариозными зубами, которые носят следы лечебного вмешательства. По этим следам ученые смогли воссоздать зубообрабатывающие инструменты каменного века (рис. 1). У неолитических



1
 Реконструкция кремневых инструментов, которыми могли лечить больной зуб человека, жившего 14 400—13 800 лет до нашей эры в Италии (слева). Инструменты имеют различную форму, что позволяет подобраться к зубу со всех сторон (справа)



стоматологов была, по-видимому, даже дрель с кремневым наконечником, приводимая в движение тетивой. Возможно, такое устройство придумали, чтобы сверлить отверстия в бусинах, а затем приспособили для нужд стоматологии (рис. 2).

Где лечат зубы, там и «две спутницы вечных», боль и тревога. У древних лекарей, видимо, имелись успокоительные средства. Во всяком случае, шаманы успешно используют лекарственные растения, обезболивающие и успокаивающие. Арабские врачи в древности клали на нос и рот пациентам губки, пропитанные смесью опиума, алкалоидов конопли, черной белены, мандрагоры, черного паслена и других растений. В Южной Америке инки и майя использовали для успокоения и обезболивания листья коки.

Гиппократ придерживался целостного подхода к лечению, он полагал, что воздействовать надо и на тело, и на разум. В Древнем Египте пациенты ночевали в особых помещениях при храме Изиды в Мемфисе и Сераписа в Канопе, Александрии и Фивах. В Греции еще до Гомера аналогичные процедуры проводили в храмах Аполлона и Асклепия. Во сне им являлся бог, который ставил диагноз и давал советы, как победить болезнь. Артемидор Далдианский, живший во II веке в Эфесе, собрал много примеров в соннике «Онейрокритика». Он пишет, например, как одному человеку приснился Асклепий, пронзивший ему мечом живот. У этого человека открылась язва желудка (в другом переводе — абсцесс), но благодаря операции он вылечился.

Современная медицина предпочитает использовать лекарственные средства, отказавшись от словесного воздействия. Поскольку тревога и боль неразлучны, успокоение (седация) и анестезия также должны идти рука об руку. В Северной Америке принята глубокая седация, то есть погружение человека в сон. Поскольку спящий чувствует боль, ему вводят анестетики. Лекарства можно вводить внутривенно, что нехорошо, потому что многие не любят уколов, с помощью ингаляции (этот метод предпочтителен для детей) и перорально. Одно из известных средств глубокой седации — кетамин. Забыться и заснуть — мечта пациента, оказавшегося в кресле стоматолога, но мечта опасная. Глубокая седация требует большого умения, ее рутинное использование в сочетании с общей анестезией чревато осложнениями и даже смертью.

Исследователи из Университета штата Кентукки проанализировали публикации в специальных журналах с 1960 по 2015 год и нашли сообщения о 148 случаях смерти после стоматологической помощи, в среднем 2,6 за год («Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology», 2017, 123, 194–204. doi: 10.1016/j.oooo.2016.10.015). Семьдесят случаев произошли в Северной Америке, столько же в Европе, семь в Азии и один в Южной Америке. Основной причиной смерти послужила анестезия, глубокая седация или осложнения, связанные с лечением (70 случаев из 148). Люди умирали из-за передозировки лекарства, аллергии на него, побочных эффектов препарата, недостаточного наблюдения за пациентом. В других случаях больные скончались от сердечного приступа, инфекции, затрудненного дыхания, кровотечения.

По этой причине в европейских клиниках глубокую седацию не практикуют. Стоматологи используют одно успокаивающее



2

В поселении Мехргарх (Пакистан) 9000—7500 лет назад зубы сверлили. Негативные реплики отверстий представляют собой конусы максимальной диаметра 1,6 и 1,3 мм и глубиной 1,5 и 0,7 мм

средство, а не смесь их, которое вводят внутривенно малыми дозами до полного расслабления. Пациент в это время не спит и общается с врачом, может выполнить команду: «Сплюньте!» При этом нет риска, что больной в бессознательном состоянии вдохнет слюну, кровь или обломки зубов. Специалисты Падуанского университета гордятся тем, что провели более 15 тысяч поверхностных седаций без единого осложнения.

А еще лучше постараться обойтись без лекарств, хотя бы успокаивающих. Стоматологическая тревожность — во многом выученное состояние, которое формируется у человека на основе своего и чужого негативного опыта. Самое время вспомнить целостный подход Гиппократа и попытаться переучить пациента, воздействуя на его сознание. Итальянские исследователи предлагают врачу начинать с эмпатического общения, то есть поговорить с пациентом, продемонстрировать ему понимание и сопереживание. Пусть врач станет для своего больного епископом Эйлмером. Доброе слово творит чудеса. Можно подробно объяснить, как будут лечить зуб и как его обезболит. Когда человек понимает, что происходит, он не так боится. Этот метод называется ятроседацией. Есть, в конце концов, гипноз. Он не только успокаивает пациента, но и притупляет боль. Потому что боль, как и тревога, — это субъективное состояние, которым пациент отчасти сам может управлять, и зависит оно, в том числе, от степени его спокойствия. Гипноз ослабляет восприятие боли и уменьшает выраженность реакции борьбы или бегства.

Лекарства можно использовать, когда беседы не помогают или пациент не поддается гипнозу. В конце концов, успокоительное — это разовая мера на одну пломбу, а поведенческие подходы позволяют навсегда избавиться от тревоги или существенно ее ослабить.

Сегодня зубы, как и тысячи лет назад, сверлят, пломбируют или удаляют, хотя методы и инструменты, конечно, изменились. К сожалению, чем технологичнее становится медицина вообще и стоматология в частности, тем она бездушнее. В больном видят не человека, который нуждается в ободрении и помощи, а механизм, который необходимо починить. Тут уж не до чувств. Неудивительно, что стоматологическая тревожность никуда не делась, несмотря на великий технический прогресс. Однако в начале третьего тысячелетия пациенты вправе рассчитывать на понимание и сочувствие дантиста, его правильное поведение и комплексный подход к лечению. Ведь человек — это не только тело, но еще разум и чувства, на которые лучше воздействовать не лекарством, а словом.

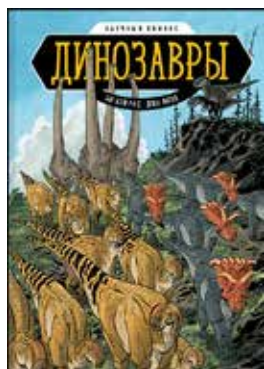


Джеймс Глик
Путешествия во времени.
История
Манн, Иванов и Фербер,
2018
Перевод с английского:
Наталья Лисова



Джеймс Глик всесторонне исследует концепцию четвертого измерения и путешествий во времени: как она возникла, как развивалась — в литературе и науке — и как повлияла на восприятие времени в целом. Он показывает, что эта идея прочно вошла в современную культуру, она присутствует и в современной физике, и в художественной литературе. История путешествий во времени начинается с конца XIX века, когда Герберт Уэллс написал «Машину времени», когда технологические и научные прорывы — от парового двигателя и телеграфа до раскопок древних цивилизаций — меняли наше восприятие времени. Джеймс Глик описывает историю этого полного парадоксов явления с того момента и до наших дней.

Эм-Кей Рид и Джо Флуд
Динозавры. Научный комикс
Манн, Иванов и Фербер,
2017
Перевод с английского:
Мария Скаф



Динозавры — одна из величайших загадок истории Земли. Как они выглядели? Когда появились? К кому из современных животных динозавры ближе всех? Когда и из-за чего они вымерли? Из этой книги вы узнаете, как начиналась палеонтология; кто был первым человеком, обнаружившим окаменелые остатки динозавров; что такое «костяные войны» и кто в них победил; как мы определяли возраст Земли сто лет назад и как делаем это сегодня; почему некоторые окаменелости сохранились до наших дней, а другие нет; были ли у динозавров перья; что делать, если вы обнаружили динозавра и хотите придумать ему название, и многое другое.

Насим Талеб, Ричард Докинз,
Как рождаются эмоции.
Революция в понимании
мозга и управлении эмоциями
Манн, Иванов и Фербер,
2018
Перевод с английского:
Евгений Понииков



Лиза Барретт проливает свет на потрясающую науку о наших эмоциях и показывает, почему она важна для таких разных областей жизни, как здоровье, воспитание детей или романтические отношения. В нашем понимании эмоций и разума сейчас происходит революция, которая заставит нас переосмыслить и лечение психических и физических заболеваний, и понимание личных взаимоотношений, и подход к воспитанию детей, и в конечном счете наш взгляд на самих себя. Автор книги — профессор психологии — объединила знания об эмоциях, открытиях нейробиологии, социальной психологии и философии, доступным языком рассказала о новой теории и о многочисленных аспектах эмоций в нашей повседневной жизни.

издательство
МАНН, ИВАНОВ И ФЕРБЕР



КНИГИ

Джой Ито и Джефф Хоуи
Сдвиг. Как выжить
в стремительном будущем
Манн, Иванов и Фербер,
2018
Перевод с английского:
Ольга Поборцева



Мир становится все более сложным, технологические изменения растут экспоненциально, меняется все — от бизнеса до культуры, от публичной сферы до нашей личной жизни. Инструментарий современного бытия становится все более быстрым, дешевым и малоразмерным; процесс этот развивается по экспоненте, и миллиарды незнакомых людей Земли внезапно оказываются в одном клике, твите или посте друг от друга. Подобные периоды радикальных перемен всегда порождали победителей и проигравших: успеха добьются те, кто научится мыслить по-иному. Джой Ито, директор лаборатории MIT Media Lab, и профессор Джефф Хоуи, редактор журнала Wired, рассказывают о девяти ключевых принципах, которые нужны, чтобы не потеряться в стремительно наступающем будущем.

Дэниел Левитин
Путеводитель по лжи.
Критическое мышление
в эпоху постправды
Манн, Иванов и Фербер,
2017
Перевод с английского:
Ольга Терентьева



Сегодня информацию можно получить практически мгновенно, государственные лидеры появляются в ваших социальных сетях, сигналы об «экстренных сообщениях» ежечасно привлекают ваше внимание. Но где найти время, чтобы определить, не содержатся ли в новостях псевдофакты, искажения данных или откровенная ложь? Нам нужны эффективные стратегии, чтобы понимать, стоит ли доверять тому, что нам говорят. За последние пять лет мы создали больше искусственной информации, чем за всю предшествующую историю человечества. Дезинформация известна человечеству с античных времен. Но сегодня дезинформация стремительно распространяется, а ложь может стать мощным инструментом в формировании социальной и политической стратегии.

Подробности на сайте:
<https://www.mann-ivanov-ferber.ru>

Человек — не венец творения

Кандидат биологических наук

Е.П. Виноградова,

доктор биологических наук

Д.А. Жуков

Многие верят, что «человек — венец творения». Внимательно рассмотрев человека, проанализировав его анатомию, физиологию, поведение и приспособленность вообще, легко прийти к выводу об ошибочности этой формулы. Человек далеко не лучшее из созданий, населяющих планету Земля. Если человек — продукт творения, то он, скорее всего, дипломная работа закоренелого троечника.

Ф

изические кондиции человека посредственные. Диапазон характеристик среды, в которых он может существовать, весьма узок. Ничтожное отклонение температуры воздуха вызывает у него дискомфорт: +24 — ему жарко, а +18 — уже прохладно. Требования к атмосферному давлению, газовому составу воздуха, напряженности магнитного поля тоже предъявляет непомерно завышенные. А что говорить о переносимости человеком ионизирующих излучений! Здесь ему далеко до тараканов или золотых рыбок.

Человек слаб и крайне неповоротлив. Двигается медленно, прыгает недалеко и невысоко. Тот, кто в состоянии перепрыгнуть планку на высоте собственного роста, награждается званием мастера спорта. Не говоря о блохе, даже такие тяжелые звери, как большие кошачьи, превосходят по этому показателю человека в несколько раз.

Человек слаб и беззащитен. Кожу его легко поранить листом писчей бумаги. Зубы меняются только единожды в жизни, а не вырастают каждый раз, когда это необходимо, как у акулы. Когти слабые, непригодные для раздиранья чего-либо достаточно прочного, хотя бы сухой почвы. Осознавая их функциональную ничтожность, многие люди нарочито заботятся о красоте своих ногтей. Считать свои недостатки досто-



инствами — распространенный метод психологической защиты. А клыков и рогов и вовсе нет.

Строение скелета имеет множество недостатков. Позвоночник ненадежен, между позвонками слишком тонкие хрящевые диски, свод стопы слаб, колени — это просто кошмар. Ну, скажите, зачем нужна коленная чашечка, эта самая пателла? От нее же одни проблемы. Таз недостаточно широкий, что делает роды весьма рискованным процессом. Каких-то двести лет назад, когда акушерства фактически не существовало, основной причиной смерти женщин были роды. Сравните человека с кошкой, у которой самое широкое место на теле — это голова. А рождает кошка легко и бесппроблемно, и по несколько раз в год. Автор дипломного проекта «Человек» попытался справиться с проблемой родов, вставив женщине огромное количество гормона прогестерона. Прогестерон разрыхляет соединительную ткань, в частности ослабляет связки костей таза. Но как это бывает с неумехами, хвост вытащили, а нос увяз. Разрыхляются связки не только таза, но и во всех других соединениях костей. В результате искривление позвоночника встречается у девочек в десять раз чаще, чем у мальчиков, спортсменки травмируют колено в пять раз чаще спортсменов-мужчин, а плоскостопие — вообще «женская» болезнь.

Многие говорят, что все это — позвоночник, свод стопы, широкий, хотя и недостаточно широкий таз — издержки прямохождения. Но зачем это прямохождение нужно? Еноты со своими умелыми лапками прекрасно передвигаются на четвереньках. Очень похожие на человека обезьяны, которых мы в своей непомерной гордыне назвали «человекообразными», если и манипулируют верхними конечностями, то делают это сидя или зацепившись задними конечностями за ветку дерева. Кто-нибудь из людей использует руки на ходу? Нет! Только в нынешнем тысячелетии наконец нашлось занятие для рук идущего человека — спиннер. Если же преимущества прямохождения заключаются в лучшем обзоре, то почему не копировать сурикат? Сторожа вытягиваются ввысь, стоя на задних лапках, а локомоция совершается обычным четырехлапым порядком. Или посмотрим на южноафриканских собак бассенджи. Для лучшего обзора в вельде они научились замечательно высоко прыгать. Но ходить на двух лапах и не думают.

Узким тазом конструктор человека обидел женщин, но он не забыл унижить и другую половину человечества. Где бакулюм, кость пениса? У многих зверей, в том числе и почти у всех приматов, в составе скелета есть эта кость внутри полового члена, а у человека — нет. Отсюда огромные психологические про-

блемы у множества мужчин, а вторично и у женщин.

Строение других систем организма тоже вызывает массу вопросов. Зачем нужно было совмещать вход дыхательной и пищеварительной систем? Ежегодно погибает по крайней мере десять тысяч человек только из-за того, что крохотный кусочек пищи попадает в дыхательные пути. Лишь в 1974 году человек додумался до более или менее эффективного способа удаления инородных тел из дыхательных путей. Даже не все человечество додумалось, а один-единственный врач Генри Геймлих и, спасибо ему, поделился своим изобретением — «маневром Геймлиха» — с другими людьми. Но о сомнительных умственных способностях человека речь еще впереди.

Хорошо, что пищеварительную систему наш конструктор сделал в виде трубки, а не с одним отверстием, как дыхательную. Но куда он вывел выходное отверстие? В непосредственной близости к репродуктивным органам, которые лишенный бакулюма человек фетишизировал. Не говоря об эстетическом аспекте такого сближения, это просто антисанитарно. Вдобавок этот крохобор совместил у мужчин половые протоки с мочевыводящими. В результате многочисленные инфекции, передающиеся половым путем, приводят к поражению в первую очередь почек, что часто бывает несовместимым с жизнью.

А возьмем органы чувств! Человек практически лишен обоняния и вкуса. Воспринимает только резкие запахи, вроде чеснока, да и то лишь в таких концентрациях, от которых даже микробыдохнут. Чтобы насытиться вкусовыми впечатлениями, ему непременно нужно на котлету горчицу намазать. А найти по запаху и вкусу полезную травку, подобно многим другим животным, человек решительно не в состоянии.

С глазом, конечно, просто смех.

Что бы мы сказали о фотоаппарате, в котором аналого-цифровой преобразователь находится между объективом и матрицей?

Заметим, что в глазу осьминога нет такого конструкционного абсурда

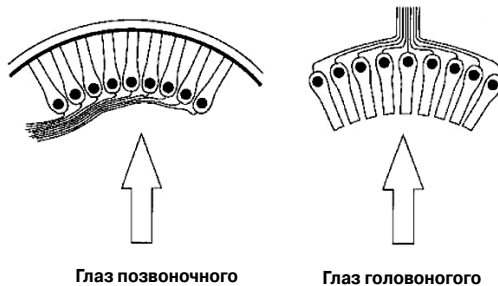


В сравнении с другими животными человек глух как тетерев. Даже собака, вконец обленившаяся за последние тридцать тысяч лет нахлебничества у человека, — даже она улавливает звуки человеческих шагов за многие десятки метров. Да еще и отличает по походке хозяина от незнакомца. Воспринимаемый человеком частотный диапазон узок. От 40 до 15 000 Гц — это просто ничто. А ведь инфра- и ультразвуки несут массу полезной информации об окружающей среде, не говоря о коммуникативных возможностях или об использовании ультразвука для эколокации.

Глаз человека — пример того, как не надо делать. Одна только инвертированная сетчатка чего стоит! Чтобы достичь фоточувствительных элементов, луч света сначала должен пройти через несколько уровней кровеносных сосудов (Галлера, Саттлера и Бруха). Пробегающие через эти капилляры лейкоциты могут восприниматься как мелкие светлые движущиеся точки, если мы смотрим на синий свет. Затем лучу света надо пройти через сплетения нервных волокон и несколько слоев нервных клеток — биполярных, горизонтальных, амакриновых и ганглионарных.

В результате для возбуждения нервных элементов требуется огромное количество фотонов, а где их взять в темное время суток? А неизбежные искажения исходного изображения? Не надо напоминать и о том, что инфракрасный и ультрафиолетовый диапазоны для человека недоступны, а сколько он от этого потерял, хотя бы чисто эстетически!

Физический аспект оптики человеческого глаза ниже всякой критики. Герман Гельмгольц, «первый врач среди ученых и первый ученый среди врачей», писал в середине XIX века: «Если бы оптик хотел продать мне инструмент, который имел бы столько таких дефектов, я бы счел полностью обоснованным обвинить его в небрежности в сильных выражениях и вернул бы инструмент назад... Глаз имеет все возможные дефекты, которые могут быть найдены в оптическом инструменте».



УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

Один из дефектов известен всем, кто бывал в тире. Чтобы прицелиться, надо совместить три точки: мишень, мушку и прорезь целика. Но глубина резкости, которую обеспечивает наш глаз, ничтожна. Глаз может сфокусироваться лишь на одной из этих трех точек. Даже мушку и целик, разделенные на стволе пистолета десятком сантиметров, мы не в состоянии разглядеть одинаково отчетливо, а мишень и вовсе видится при этом туманным пятном.

А ведь рядом с нашим дипломником работали и хорошие ребята, отличники. Взять, скажем, глаз стрекозы или глаз кальмара — это же превосходная работа. Но наш разгильдяй даже сплести не смог, а взялся изобретать сам. В результате мы имеем то, что имеем.

Много еще есть недостатков в конструкции человека, не будем их все перечислять, потому что и так уже грустно. Как же поступил наш троечник или, скорее всего, его научный руководитель? Он не уничтожил работу, как поступили руководители дипломных проектов «Русалка», «Кикимора» и некоторых других. Видимо, очень хотелось, чтобы студент все-таки защитился и ушел поскорее с глаз долой. Он принялся исправлять системные недостатки конструкции, наращивая системы управления — центральную нервную систему. Заметим, что по этому пути идут и некоторые современные незадачливые конструкторы. Например, создатели космического телескопа «Хаббл» плохо рассчитали кривизну зеркала. Фотографии получались размытыми, совсем не такими, как ожидалось. Возвращать телескоп на Землю — дорого, совсем забросить жалко. Пришлось сконструировать огромную электронную систему, корректировавшую выходной сигнал, отвезти на челноке этот шкаф на орбиту и вставить в телескоп. Тогда изображения стали получаться приемлемого качества.

Итак, что там с «Человеком»? Глаз плохой — наростим зрительные доли коры больших полушарий. Они, правда, стали занимать едва не весь затылок, но зрение в итоге улучшилось. Рожает тяжело, болезненно? Добавим окситоцину — гормону, который стимулирует

роды, — функцию амнезии. Если бы женщина не забывала, какие страдания испытала во время родов, то ни за что не согласилась бы во второй раз пройти через эти многочасовые муки, и человечество быстро бы исчезло. Забыли вставить бакулюм — сократим время полового акта. Пускай львы совокупляются по несколько часов, а мужчине для достижения эякуляции достаточно и 60 секунд, что считается нижней границей нормальной продолжительности фрикции.

Животные общаются главным образом с помощью обоняния, а наш создатель сэкономил на обонятельных рецепторах — попробуем увеличить обонятельный мозг. Не получилось. Потому что места в голове не так уж много. Как же людям общаться друг с другом? Пришлось создавать систему речевой коммуникации, развивать в коре больших полушарий зоны Брока и Вернике для восприятия речи и ее формирования.

Эти и многие другие осложнения привели к страшной путанице в распределении функций между структурами головного мозга. Достаточно взглянуть на гиппокамп — «старую кору». Он — центральное место нейрогенеза, но также участвует и в формировании памяти, и в ориентации в пространстве, и в регуляции стрессорного ответа, и в функции замирания (умение сидеть и не высовываться исключительно важно для выживания), и в формировании эмоций. Но гиппокамп не резиновый. Хотя он и содержит 400 миллионов одних только гигантских пирамидных

нейронов, этого не хватает для всех перечисленных функций. Пришлось память распределить по множеству других отделов мозга, а эмоциогенные функции раскидать по миндалине, гипоталамусу и другим соседним с гиппокампом структурам.

Такая теснота и путаница привели к тому, что в мозге не осталось места для инстинктов. Оказалось, что просто негде хранить врожденные программы поведения. Некоторые кусочки инстинктов удалось пристроить. Но эти огрызки — немногочисленные врожденные пусковые сигналы — считать полноценными инстинктами конечно же нельзя. А как жить? Пришлось сделать так, чтобы человек учился всему-всему. Но поскольку в мозге не хватает места, остается лишь увеличить время на реализацию этой важнейшей функции. Четверть жизни человека отводится на процесс обучения, сопровождаемый созреванием отдельных мозговых структур. Только к двадцати одному году окончательно формируются те области коры, которые участвуют в долгосрочном планировании и социальном взаимодействии. Впрочем, многим людям и всей жизни не хватает для развития социального интеллекта.

Да что социальный! И простая смекалка развита лучше у ворон, которые догадываются достать плавающий предмет, бросая камушки в воду, а люди — нет. А тесты, скажем, на кратковременную память — их шимпанзе выполняет намного лучше человека.

К какому же выводу мы приходим, рассмотрев многочисленные недо-

статки строения и функционирования человека? Главный вывод: человек не может быть продуктом творения. Такую работу, которая тянет лишь на тройку с большим минусом, не мог выпустить добросовестный руководитель направления «Жизнь на Земле». Нам остается только присоединиться к мнению тех, кто считает человека продуктом длительной эволюции (сходные рассуждения см., например, в статье С.В. Багоцкого, «Химия и жизнь», 2015, 9).

Хорошо, что эксперименты с мозгом и особенно с речью удалась. Ведь чем человек выгодно отличается от всех прочих животных — это как раз приспособляемостью, способностью адаптироваться к самым разным изменениям физической и социальной среды. Если умеешь строить теплые дома и шить одежду, можешь себе позволить узкий температурный оптимум.

Обратим внимание на различие терминов «приспособленность» и «приспособляемость» (разные суффиксы). Приспособленность многих животных выше, чем у человека. Но они — глубоководная рыба, или ленточный червь, или блоха, или тигр — приспособлены к конкретным условиям существования. Тигру, например, вынь да положь 20 гектаров охотничьих угодий. Оставь ему 15 — умрет. Не то человек! Низкая приспособленность человека компенсирована высокой приспособляемостью, которую часто называют легче выговариваемым словом «адаптивность».

Высокой адаптивности всем читателям!

Гены хвостатости

26 сентября 2067 года состоялось торжественное собрание, посвященное юбилею академика РАН, лауреата Нобелевской премии по физиологии и медицине, автора метода восстановительно-каудальной генотерапии Яна Игоревича Уманова. Почти сорок лет назад он провел уникальный эксперимент, фактически открыв новое направление в эволюции человека. Накануне у него прошла пресс-конференция, после которой наш специальный корреспондент **Брэдли Бровкин** взял интервью.

Ян Игоревич, число ваших последователей превысило шесть миллиардов человек. Расскажите, пожалуйста, с чего началось столь массовое движение. Как вы пришли к идее каудальной генотерапии?

В процессе эволюции предки человека утратили хвост, и вместо него остался копчик, состоящий из нескольких сросшихся позвонков. Иногда рождаются дети с хвостом, но это везде воспринимают как патологию, и действительно, эти хвосты выглядят как уродство. Наша работа началась с вопроса: «Что утра-

тили люди, лишившись полноценного хвоста?» Ответить на него можно было, только восстановив утраченное.

Что дает восстановление хвоста?

Давайте сначала вспомним, как живет людям без хвостов. Уже к сорока годам костная пружина позвоночника уплотняется, теряет гибкость, защемляет нервные волокна и становится источником болезней. Восстановление каудального отдела оказывает оздоровительный эффект на весь позвоночник. Подвижность хвоста

обеспечивает постоянную стимуляцию спинного мозга, что, в свою очередь, благотворно влияет на работу головного мозга, всей нервной системы и, как следствие, на функционирование практически всех систем организма. В итоге имеем общее оздоровление человека и продление его жизни. Как мы говорим в нашей лаборатории: «Здоровье и долголетие — в хвосте!»

Известно, что первый эксперимент вы провели на себе самом. Почему? Процедура считалась настолько рискованной?



ПОЛВЕКА ТОМУ ВПЕРЕД



Риска никакого, если не считать уже упомянутого отрицательного отношения общества. По этическим соображениям, из-за возможной стигматизации человека с хвостом, процедура не могла быть проведена даже на добровольцах, поэтому пришлось стать самому себе подопытным. Во время работы я часто вспоминал исследователя XIX века Шарля Броун-Секара, который в возрасте семидесяти двух лет делал себе инъекции вытяжек половых желез животных.

Технические подробности эксперимента сегодня хорошо известны. Из клеток-остеобластов каудального отдела позвоночника гамадрила нами был выделен комплекс генов, отвечающих за развитие хвоста у этих приматов. Затем гены были встроены в геном индуцированных стволовых клеток, которые имплантировали в копчиковый отдел позвоночника человека. Таким способом удалось индуцировать рост хвоста у подопытного — вашего покорного слуги. В результате был выращен настоящий подвижный хвост, существенно улучшивший состояние моего позвоночника и всей опорно-двигательной системы организма, а с этим и весь комплекс физиологических функций.

Что вы ощущали во время эксперимента?

Процедура весьма болезненная, но именно рост хвоста через острую боль в области копчика пробуждает сверхсознание и сверхспособности *Homo sapiens caudatus*.

Самое удивительное выяснилось позже. Оказалось, что длина вырастающего у пациента хвоста находится в прямой корреляции с интеллектуальными и творческими способностями эволюционирующей личности. Длиннохвостые индивиды настолько же превосходят

короткохвостых по уровню интеллекта, креативности и работоспособности, насколько короткохвостые эффективнее бесхвостых. Сегодня мы уверенно можем утверждать: восстановление хвоста — это новый этап в эволюции человека.

Какие социальные последствия имело ваше открытие?

Социальное значение нашей работы стало понятно не сразу, а предсказать заранее его было невозможно. Идея совершенствования и развития человека возникла в глубокой древности, непонятными были только пути эволюции человека. В прошлом люди надеялись улучшить свои умственные способности и физические возможности с помощью химических веществ, однако негативные побочные эффекты перевесили плюсы. «Как совершенствоваться?» — этим вопросом скептики ставили в тупик сторонников осознанной эволюции. Можно бесконечно тренировать память, заучивая большие массивы информации, стараться повысить интеллект, непрерывно упражняясь в решении разнообразных задач, тренировать тело — качаться, бегать, тянуться, плавать, прыгать. Бесспорно, необходимо поддерживать организм в работоспособном состоянии, но по большому счету это был тупик. Нужен был новый подход.

Издревле у некоторых народов существовали обычаи «украшать» свое тело татуировками или пирсингом. Считается, что это было связано с тотемизмом — религиозными представлениями данных этнических групп. В XX веке тату и пирсинг широко распространились по всему миру, но подразумевали уже не мифологическое родство с животными-тотемами, а еще не осознанное стремление к усовершенствованию своего тела.

Предложенная нами технология находится на стыке известных ранее ксенотрансплантации и технологии создания ГМО, при этом ее нельзя отнести ни к одной, ни к другой. Возможность восстановления хвоста открыла перед каждым человеком новые грандиозные возможности для его собственной личностной эволюции.

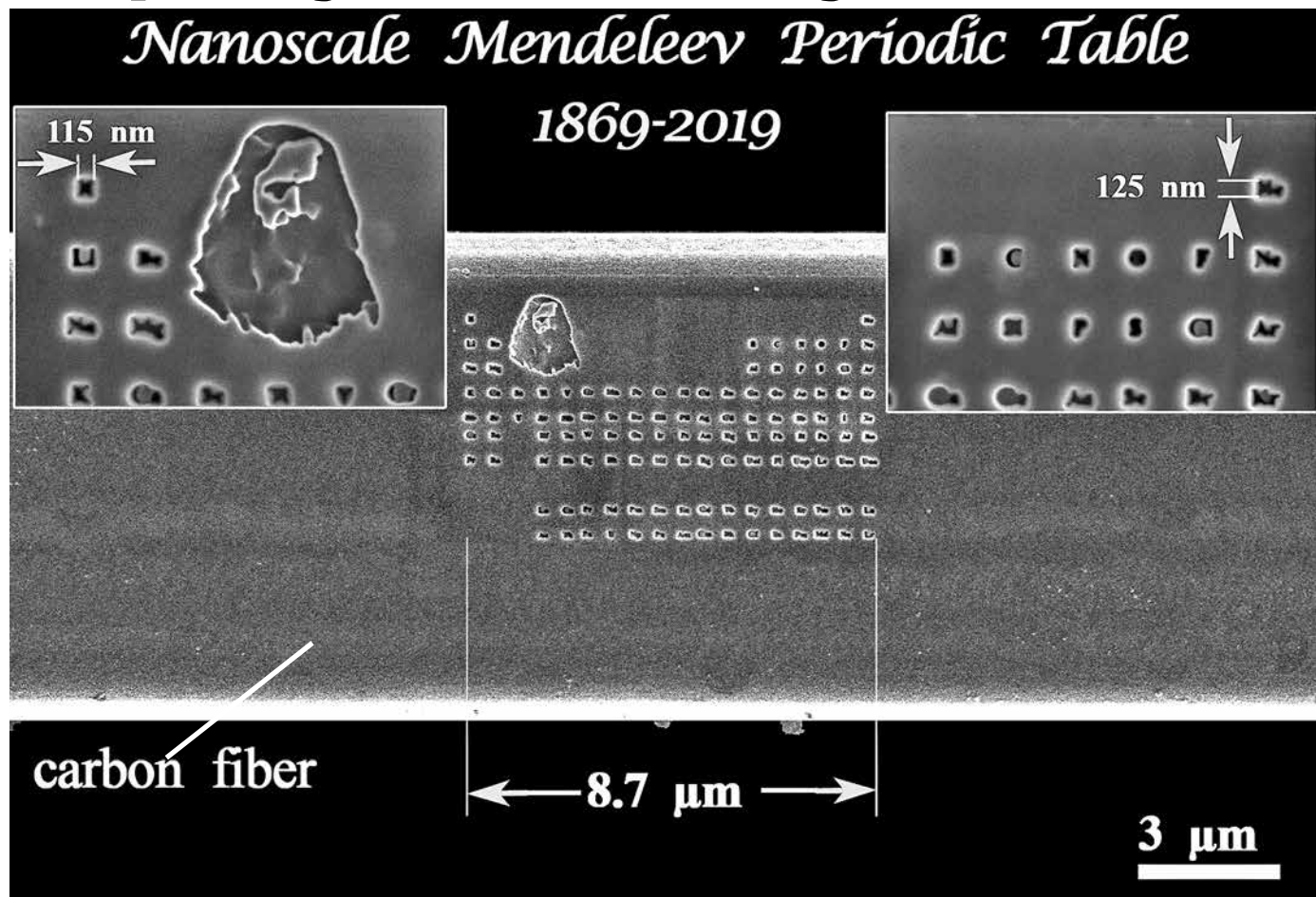
Как вы только что сказали, ваш эксперимент породил новый вид социального неравенства — неравенство хвостов. Не опасно ли это для человечества?

За прошедшие со времени первого эксперимента десятилетия операцию восстановления хвоста добровольно сделали себе несколько миллиардов человек. Постепенно мировое общество естественным образом разделилось на два класса: хвостатых и бесхвостых. В свою очередь, внутри класса хвостатых сформировались три подкласса: длиннохвостые, среднехвостые, короткохвостые. Теперь социальный статус *Homo sapiens caudatus* сразу виден: чем длиннее хвост, тем выше статус. Но, как мы видим, никакой классовой борьбы нет. Это свободный выбор каждого: получить инъекцию генов хвостатости и вырастить хвост, улучшить свое здоровье, повысив интеллект и работоспособность. Или жить как раньше.

В завершение пресс-конференции Ян Уманов поднял за спиной свой хвост столбом, помахал кончиком над головой и пожелал всем крепкого здоровья и успехов в самосовершенствовании.



Нарисую таблицу



В свое время основатель «Химии и жизни» академик И.В. Петрянов-Соколов строго-настрого запретил публиковать в журнале неканонические варианты таблицы Менделеева и советовал лучше ее вообще не трогать. Мы неуклонно следуем этому правилу, лишь в крайних обстоятельствах позволяя себе его нарушать, например в связи с синтезом большого числа новых элементов в ускорительных экспериментах. Однако 2019 год объявлен ООН Международным годом Периодической таблицы химических элементов. Открытие Д.И. Менделеева, которому в 2019 году исполняется 150 лет, по данным опроса авторитетного «Journal of Minerals, Metals and Materials Society» (см. «Химию и жизнь», 2006, № 11), признано величайшим достижением человеческой технологической мысли за все тысячелетия существования технологий. Российское химическое общество имени Д.И. Менделеева начало подготовку заранее: при поддержке факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова и Фонда инфраструктурных и образовательных программ провело в рамках XII интернет-олимпиады «Нанотехнологии — прорыв в будущее!» конкурс фотографий, на которых «изображены интересные и необычные варианты Периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева или отдельных химических элементов». Призы, в том числе 20 пополняемых архивов журнала «Химия и жизнь», были вручены 31 марта 2018 года.

Гран-при конкурса достался Наталье Архаровой, Андрею и Антону Ореховым из Института кристаллографии им. А.В. Шубникова и ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН. Они превзошли подвиги лесковского Левши — выгравировали таблицу Менделеева на углеродном волокне. Вот объяснение сути их работы.

«Заглянем внутрь сканирующего двухлучевого электронного микроскопа. Фокусированный поток ионов

галлия Ga^+ летит со скоростью 3×10^6 м/с (всего в 100 раз меньше скорости света) и ударяется о поверхность материала. Эти ускоренные тяжелые и большие ионы выбивают материал с поверхности, образуя впадины. Величина и шероховатость таких впадин зависит от силы тока ионного пучка, а также от вида материала. Углеродные волокна состоят из легкого элемента и очень чувствительны к ионному пучку, поэтому для нанесения химических элементов

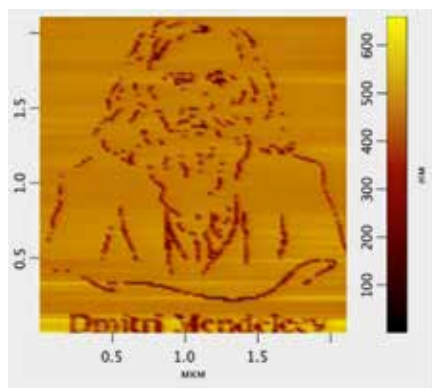
потребуется самый маленький ток — в пикоамперы.

Подготавливаем таблицу Менделеева в виде изображения букв, по которым будет происходить травление. И запускаем травление... Через несколько десятков секунд на углеродном волокне видны элементы таблицы Менделеева, а также фотография самого автора. Размер полученной таблицы составляет $5 \times 8,7$ мкм, а размер отдельных букв — около 100 нм. Итак, благодаря

современным возможностям электронной микроскопии таблицу Менделеева удаётся расположить на углеродном волокне диаметром в 10 микрометров».

В лаборатории сканирующей зондовой микроскопии МБОУ «Лицей № 2» города Чебоксары Валерия Погорелова и Ксения Янаглова подготовили микровариант одной из ячеек таблицы, а именно той, что содержит главный элемент жизни — углерод, и заняли первое место. Конечно, и в их творчестве оказался представлен портрет автора таблицы, как же без него. Вот что пишут сами авторы работы: «Нам представилась возможность научиться сканировать и создавать изображения с помощью сканирующего зондового микроскопа «Nanoeducator» в школьной лаборатории. В процессе изучения принципов работы атомно-силовой динамической литографии мы провели множество экспериментов для получения качественного изображения». Валерия и Ксения выбрали наилучшие параметры для проведения литографии и нарисовали изображение ячейки углерода из Периодической таблицы химических элементов, которая заняла квадрат 4x4 мкм, а размер портрета Д.И.Менделеева — 2x2 мкм. Для справки: средняя толщина человеческого волоса — 100 мкм.

А вот Ольга Ефремова из Великобритании решила пойти другим путем и создала макроскопическую таблицу Менделеева, сшив ее в виде ковра. Играя на этом ковре, ее дочери выучили символы химических элементов, а одна из них, десятилетняя Кира, так вдохновилась, что написала короткий рассказ



про то, как химические элементы из своих символов составляли человеческие имена: ClOY, KIRa, AllStair, SeLiNa.

На будущий год победителей многочисленных конкурсов, входящих в состав олимпиады, ожидает огромное количество призов — в 2018 году только на их вручение организаторам пришлось затратить более двух часов. А в числе главных — возможность поступления в ведущие вузы страны без экзаменов.



СОБЫТИЕ

Справка

Интернет-олимпиада «Нанотехнологии — прорыв в будущее!» продолжает традиции олимпиады, проводимой с 2007 года. Ежегодно в ней принимают участие около 10 000 школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей.

Олимпиада включает ряд конкурсов, которые позволят любому участнику в максимальной степени проявить свои силы, знания, опыт и творческие способности. Большинство конкурсов проводятся в два этапа: заочный (отборочный интернет-тур) и очный.

Основной, теоретический тур олимпиады для школьников, проводится по комплексу предметов — химия, физика, математика и биология. Отдельно проводится конкурс проектных работ школьников — «Гениальные мысли». Для самых маленьких школьников предусмотрен конкурс «Юный эрудит».

Для студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и преподавателей организован конкурс научно-популярных статей «Просто о сложном», в котором предлагается изложить простым языком материалы своих научных статей в высокорейтинговых журналах, и конкурс тьюторов, который позволит отобрать научно-исследовательские проекты для реализации школьниками.

Дополнительно для студентов старших курсов проводится Всероссийский этап олимпиады по нанотехнологиям, победители которого смогут принять участие в международной студенческой олимпиаде по нанотехнологиям в составе команды Российской Федерации.

С.М.Комаров



Все фото : Theodore Gray

Сотворение периодического стола

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

По-русски слово «таблица» имеет лишь одно значение — способ структурирования данных, раскладывание их по ячейкам, которые объединены в ряды и колонки. Не так в английском языке, где слово table означает и таблицу, и стол. Как правило, это не приводит к конфузам, всегда понятно, какой именно table имеется в виду. Однако нет правил без исключений. Вот, например, швейцаро-американец (или американо-швейцарец, пресс-релиз премии не дает подробностей) Теодор Грей получил Игнобелевскую премию по химии 2002 года за четырехногую периодическую таблицу

Однажды Грей читал книгу Оливера Сакса «Дядя Вольфрам», в которой описана история семьи потомственных химиков. И ему встретилось упоминание про periodic table display, которым автор в юности любовался в Кенсингтонском музее науки. «Периодический стол. Странно, какой такой периодический стол? — задумался Грей. — Ах, не стол, а Периодическая таблица на стене музея, вот оно что». Однако было поздно — идея сделать периодический стол запала ему в душу, тем более что в компании «Wolfram Research», сотрудником которой он был, как раз не хватало большого стола для собраний его рабочей группы по созданию пользовательского интерфейса для программного средства «Mathematics». Кстати, эта компания, основанная в 1987 году Стивеном Вольфрамом, известна созданием языка программирования Вольфрам, который позволяет сочетать вычисления на локальном компьютере с облачными вычислениями, единообразно оперировать самыми разными объектами — от чисел до потоков цифрового видео, программировать же так, будто пишешь на естественном языке.

«Конечно, я бы никогда не стал делать периодический стол, если бы в моем распоряжении не оказалось пантографического гравировального станка. Я его купил по случаю на распродаже имущества местной больницы — он обошелся в 50 долларов при исходной цене в 1700», — вспоминает Грей. Такой станок за счет чистой геометрии позволяет копировать изображение с увеличением либо с уменьшением. Для этого



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Будущему лауреату сразу же стало понятно, что каждой группе элементов должен соответствовать свой тип дерева, в какой-то степени вызывающий ассоциации со свойствами элементов этой группы. Столь же очевидным было, что на изготовление основы пойдут уже упомянутые бруски орехового дерева, поскольку они все еще были в избытке. Гравировальная машина могла иметь дело с небольшими и достаточно тонкими кусками дерева, поэтому столешницу пришлось делать наборной, из отдельных панелей — по одной для каждого элемента. Поначалу Грей хотел приклеить эти панели на заранее собранную столешницу, но потом подумал, что это плохая идея — из-за колебаний влажности и температуры тонкие панели, да еще из разных сортов дерева, несомненно, станут коробиться, и вся красота очень скоро покроется трещинами. Тогда появилась идея не закреплять панели в ячейках, а разместить их в специально выбранных углублениях единой столешницы. После этого созрело окончательное решение: проделать под панелями углубления, в которые можно положить образцы соответствующего элемента. Панель в этом случае становилась крышкой хранилища.

Идея хорошая, но для этого ведь надо как-то просверлить достаточно большие отверстия в твердой древесине, и нужно их по меньшей мере 120. Занятие для людей трудолюбивых, обладающих сверлильным станком. Станок-то у Грея имелся, но небольшой, целый брусок в него не засунешь. Поэтому он решил бруски распилить на отдельные ячейки — для каждого элемента свою — и работать с ними индивидуально. Потом пришла очередь инструментов. Грей в своих воспоминаниях отмечает, что он сторонник религии, которая запрещает работу неэлектрическим инструментом — только быстрые и мощные механизмы позволяют не тратить попусту драгоценное время. Позиция мастеров, которые могут работать только пилой, каждый зубчик цепи для которой заточен лично каким-нибудь мастером точения пил Ибечи Яматути, ему не близка.

В общем, закипела работа. Сто двадцать ячеек для хранения элементов — это большой объем отходов: на фотографиях, которые Грей выложил на свой сайт, видно, как его малолетние помощники резвятся в кучах ореховых опилок и стружек. В общем, бруски порезаны на квадратики, в каждом просверлено трехдюймовое отверстие, затем фрезой выбрано квадратное углубление — и заготовки для стола готовы. Грей наклеил ячейки на столешницу и стал подбирать материал для изготовления панелей — для человека, работающего с деревом, это примерно как для ценителя коньяка оказаться на дегустации элитных напитков. Благородные газы символизировал клен, спиленный на участке соседа, — тот бы не простил, если бы такое дерево использовали на что-то менее благородное. Для переходных металлов — их в таблице больше всех, целых 40 штук — Грей выбрал белый дуб. После



Периодический стол в процессе изготовления и некоторые его детали

на одном конце коромысла пантографа крепится иглолка — она двигается по углублению в шаблоне, а на другом — рисующее устройство, которое при перемещении воспроизводит в некотором масштабе путь, пройденный иглолкой.

Это был не первый опыт Грея по изготовлению офисных столов. Первым был так называемый треугольный стол. Задача реконструкцию офиса, Грей решил дополнить интерьер красивой мебелью. К сожалению, каталоги офисной мебели представляли сплошное уродство, а на дизайнерскую цены оказались столь неправдоподобно завышенными, что не имело смысла рассматривать варианты. Ничего не оставалось, как временно переqualificироваться из программиста в столяры. Стол должен был стоять перед двумя диванами и не занимать слишком много места, вот и пришла идея сделать его треугольным. Грей был человеком запасливым — когда-то купил на аукционе большую партию брусков из грецкого ореха размером 2x8 дюймов, и эти бруски лежали у него в сарае. Вот из них, пользуясь найденным в Сети руководством по сборке треугольных столов, он изготовил столешницу, ножки и все прочее, что нужно для данной конструкции, украсившей быт программистов.

Однако в случае с периодическим столом задача была гораздо сложнее хотя бы потому, что никакого руководства пользователя для решения подобной задачи к моменту начала работ не существовало, до всего приходилось доходить своим умом, причем два дня в неделю и в компании трехлетних помощников.



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛА

этого логично было взять красный дуб для редкоземельных элементов. Водород — элемент особенный. Нет для него ничего более подходящего, чем эбенное дерево. К сожалению, у Грея был лишь один кусочек такого дерева, который он в свое время выменял на бутылку алкидного лака. «И о чем я тогда только думал, надо было брать два», — горестно рассуждал Грей: водород ведь ставят и над литием, и над фтором.

Чтобы продемонстрировать идею легкости щелочноземельных элементов, подошла отнюдь не легкая береза. Так уж получилось. Щелочные металлы часто хранят в мутных банках с маслом, поэтому для них подошел тик — такого же цвета, как машинное масло. Символом металлов главных подгрупп стала вишня, она столь же хорошо обрабатывается и такая же гладкая, как металлы. Прекрасным дополнением к вишне оказались красноватые кусочки гавайской акации коа — ее Грей выбрал для панелей металлоидов. Оставались галогены. На них пошло кентуккское кофейное дерево — оно звучит столь же особенно, как и галогены, а кроме того, его удалось купить по случаю совсем дешево.

Но вот ячейки и панели сделаны, отполированы, пропитаны маслом, и пора переходить к гравировке. Тут не может быть ошибок — ничего исправить будет нельзя. Пришлось провести небольшое исследование, ведь и плотности, и температуры плавления и многое другое у одних и тех же элементов в разных справочниках несколько различаются. Еще одна проблема — названия. Американский aluminum или британский aluminium? Сорок первый элемент — ниобий или колумбий? Грей решил выбрать те названия, которые прижились на американском рынке.

Но когда все было готово, появилась еще одна сложность: у шрифтов, прилагавшихся к пантографу, все буквы прописные, шрифты со строчными стоят очень дорого. А в символе элемента — и строчная, и заглавная. Как быть? Неужели весь труд насмарку? И тут происходит чудо: Грей внезапно узнает, что неподалеку прикрывает свой бизнес ювелир, у которого есть коллекция бронзовых готических шрифтов с большими и маленькими буквами. Грей приобрел ее за 10 долларов, а новая она стоила 400. Так вышло, что элементы на периодическом столе обозначены готическими буквами. Как видно из фото, шрифт — это пластинка, на которой выгравирована буква.



Пантографический гравировщик и пластинка с готическим шрифтом, с помощью которых были нанесены надписи на деревянных панелях периодического стола

Игла пантографа движется внутри этой буквы, а устройство на другом конце гравировает ее увеличенный образ.

И вот работа закончена. В неиспользуемых ячейках расположились панели с легендой — благодаря им, зная дерево, можно легко найти группу элементов, а зная химию — определить дерево. Ну а не зная ничего, ничего и получишь.

Готовый периодический стол нужно было наполнить образцами. Грей отмечает, что даже представить себе нельзя, какое множество элементов можно выделить в чистом виде из товаров, которые продаются в супермаркете. Медь и алюминий — из проводов, свинец — из рыболовных грузил. Дело это оказалось таким увлекательным, что сейчас в коллекции Грея 2379 образцов, 471 минерал, 14 рассказов, 1711 вращающихся изображений, 1536 картинок, 78 видео и 47 звуков, которые так или иначе касаются 118 элементов.

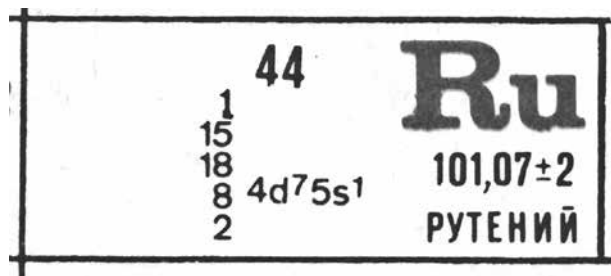
Как только он стал выкладывать сведения о растущей коллекции в Сеть и получил в 2002 году признание от Игнобелевского комитета, оказалось, что у периодического стола имеется немалая аудитория. Грей стал вести ежемесячную колонку в сетевом «Popular Science Magazine», вступил в альянс по изготовлению высокотехнологичных дисплеев для музеев, занялся продажей оптом и в розницу образцов элементов и их наборов, а также изготовлением и распространением фильмов и постеров об элементах Периодической системы Менделеева. Кстати, в октябре 2018 года Теодор Грей планирует принять участие в Московском фестивале науки.



Периодический стол прочно занял свое место в офисе программистов



Рутений: факты и фактики



А. Мотыляев

ЭЛЕМЕНТ №...

Кто открыл рутений? По общепринятой версии, это сделал в 1844 году профессор Казанского университета Карл Карлович Клаус, который исследовал остатки руды после извлечения платины. В первых попытках ему посчастливилось найти в них много неизвлеченного металла, и Клаус занялся было созданием более эффективного способа. Однако дальнейшее изучение показало, что, как правило, платины остается немного. «Надежда применить мой способ для выгодного извлечения платины исчезла, осталось только исследование, интересное для науки», — писал Клаус. В этом-то исследовании он выделил шесть граммов неизвестного светлого металла, которые отправил в Стокгольм — Йенсу Якобу Берцелиусу на анализ. Тот поначалу не поверил, что найден новый элемент, но потом, проведя опыты, согласился с мнением Клауса. Так появился элемент рутений, имя же его происходит от латинского названия России.

Однако есть в этом деле интрига. В 1808 году Ян Снядецкий, ректор Императорского Виленского университета, написал письмо президенту французской Академии наук Жан-Батисту Даламберу о том, что его брат Анджей нашел в платине новый элемент — вестий, названный так по имени недавно открытой малой планеты Весты. Аналогичное письмо ректор отправил академиком в Санкт-Петербург; процедура извлечения нового металла была подробно описана в приложениях к обоим письмам. Впоследствии возникло мнение, что этим металлом и был рутений. Однако современные исследователи внимательно прочитали те письма и нашли, что вестий рутением никак быть не мог. Во-первых, Снядецкий выделил его из жидкой фракции, получившейся при растворении платины в царской водке, а рутений как раз в ней и не растворяется. Во-вторых, металл был получен в виде хлорида, нерастворимого в спирту, тогда как хлорид рутения в спирту хорошо растворяется («Comptes Rendus Chimie»,

2012, 15, 7, 580—584, doi: 10.1016/j.crci.2012.01.007). Выходит, и французские и русские академики справедливо отказали исследователю в заявке на открытие. Вообще же Анджей Снядецкий известен тем, что написал первый учебник по химии на польском языке и издал первый в истории фундаментальный труд по биохимии — «Теорию живых существ».

Кому мешает рутений? Ядерщикам. Для них он — один из самых неприятных реакторных ядов. Рутений, как и многие другие элементы, получается из осколков деления урана и плутония. Эти тяжелые элементы в атомном топливе совсем не нужны: мало того, что они захватывают нейтроны, снижая эффективность ядерной реакции, так они еще и бывают радиоактивными. В частности, у рутения есть два относительно долгоживущих изотопа, с периодами полураспада 39,26 суток для рутения-103 и 373,59 — для рутения-106. Первый распадается и исчезает во время выдержки отработанного топлива, а вот второй приходится извлекать при переработке топлива. И этот рутений — крайне неприятный элемент, который никак не хочет расставаться ни с ураном, ни, что самое главное, с плутонием. Более того, оказавшись в сточных водах, рутений и тут проявляет свой вредный характер — норовит просочиться в грунтовые воды и делает это гораздо более умело, чем другие элементы, рожденные в атомном реакторе. Интересно, что при распаде плутония на рутений приходится более 30% осколков деления, то есть от плутониевого реактора рутениевой грязи получается гораздо больше, чем от уранового. Плох рутений еще и тем, что его высший оксид RuO₄ плавится при 25,4°C, а кипит при 40°C, то есть это хорошо летучая жидкость, которая, если уж она появилась, легко разносится по помещению или окружающему пространству.

Что такое рутениевый инцидент 2017 года? Его хронологию и некоторые подробности о нем можно узнать, например, из аналитического

онлайн издания «Геоэнергетика.ru» (<http://geoenergetics.ru/2017/10/19/magate-stavit-tochku-v-skandale-vokrug-ruteniya/>). Двадцать девятого сентября специалисты Федерального центра ФРГ по радиационной защите сообщили о повышении уровня рутения-106 в воздухе нескольких стран Европы: «Станции наблюдения по всему континенту зафиксировали увеличение содержания ¹⁰⁶Ru, анализ по выявлению его источника предположительно находится в 1000 км от Германии, на территории Восточной Европы. Поскольку зафиксировано содержание только этого радиоактивного изотопа, авария на АЭС в качестве причины его появления исключается. При зафиксированной концентрации ¹⁰⁶Ru в воздухе опасность для здоровья человека исключается».

Шестого октября французский Институт радиационной защиты, IRSN, выдал свою версию. «Расчеты IRSN, основанные на уровнях концентрации, измеренных в нескольких европейских странах, и на метеорологических условиях последних нескольких дней, по-видимому, указывают на то, что загрязняющий воздух мог прийти из южных районов Урала. IRSN продолжает свои исследования, чтобы попытаться подтвердить происхождение этого загрязнения атмосферы».

Высказанные французами предположения имели следствием заявление немецкого Федерального ведомства по радиационной защите от 9 октября: «Причина недавно зафиксированного небольшого повышения показателей радиоактивного рутения-106 по-прежнему неясна. Однако с высокой долей вероятности его источник находится на Южном Урале. Другие регионы на юге России по-прежнему нельзя исключать. Учитывая тот факт, что Россия считается источником радиоактивного выброса, Федеральное министерство окружающей среды ожидает реакции как ответственных российских агентств, так и МАГАТЭ, а также разъяснения и предоставления достоверной информации о причинах повышенного уровня рутения».

Российские предприятия ответили, что никаких аварий в этот период на ядерных объектах не было, а МАГАТЭ провело расследование и издало следующий меморандум.

«В период с 3 по 6 октября 2017 года ИЕС при МАГАТЭ был проинформирован некоторыми странами — членами МАГАТЭ о том, что в образцах воздуха были обнаружены малые концентрации ^{106}Ru . Измерения не содержали данных о концентрации каких-либо других радионуклидов (например, ^{137}Cs) и находились на уровнях, значительно более низких, чем допустимые. Начиная с 06.10.2017 ситуацией интересовалось все больше государств — членов МАГАТЭ. В связи с этим и с установленной в таких случаях процедурой, 07.10.2017 ИЕС при МАГАТЭ направил официальные просьбы государствам-членам ответить на два следующих вопроса:

1. Были ли произведены измерения ^{106}Ru в воздухе и, если «да», могут ли результаты быть переданы в МАГАТЭ?

2. Были ли какие-то недавние события в тех странах, где зафиксировано появление ^{106}Ru и, если «да», то может ли информация быть передана в МАГАТЭ?

На сайте USIE был создан раздел для передачи всей информации под названием «Измерения ^{106}Ru в Европе», на котором этой информацией могли делиться государства — члены МАГАТЭ и международные организации. С 08.10.2017 МАГАТЭ публикует на сайте USIE всю информацию, которая была предоставлена государствами-членами в ответ на запрос.

Большинство публикуемых данных основаны на исследовании образцов воздуха, полученных в течение последних семи дней. Обобщенно измерения ^{106}Ru фиксировались в пределах от 10 мкБк до 100 мБк на кубометр воздуха, с наибольшим показателем 145 мБк, зафиксированным в Бухаресте 30.09.2017. В дополнение к измерениям ^{106}Ru Шведское агентство по радиационной безопасности 09.10.2017 сообщило о трех случаях фиксации ^{103}Ru очень низкой концентрации.

Отсутствие каких-либо других продуктов деления в образцах воздуха означает, что источником ^{106}Ru не являются реакторы АЭС. ^{106}Ru используют для лечения онкологических заболеваний глаз, однако уровни активности препаратов, используемые при таких способах лечения рака, не способны вызвать проблемы, если они будут рассеяны в воздухе. В некоторых научных источниках указано, что ^{106}Ru может быть использован для радиоизотоп-

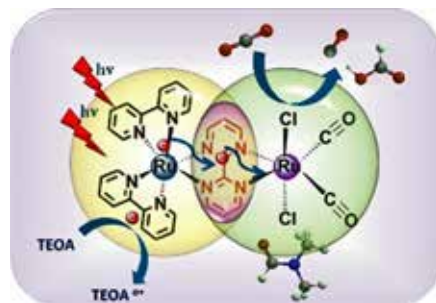
ного термоэлектрического генератора, однако такое использование не является распространенным из-за короткого периода полураспада.

На основании данных мониторинга и информации, предоставленной государствами — членами МАГАТЭ, не было определено какого-либо конкретного события или конкретного места рассеивания ^{106}Ru в атмосферу».

Так инцидент был исчерпан, однако загадка, откуда взялся этот рутений в осеннем небе над Бухарестом, осталась неразгаданной. Видимо, навсегда.

Кому нужен рутений? Его использование невелико: если в 60-х годах XX века производство рутения исчислялось сотнями килограммов, то спустя полвека это несколько тонн. Самая важная особенность рутения — его способность с легкостью принимать все возможные валентности, от 0 до 8, да еще образовывать кратные связи между своими атомами. Такую гибкость используют, применяя рутений как катализатор либо в виде соединений, где его атом окружен различными лигандами, либо в качестве добавки к платине.

Не исключено, что в этом качестве рутений поможет человечеству бороться с проблемами нефтегазовой экономики, а именно помочь переходу к водородной экономике и утилизации углекислого газа. Например, из-за того, что свет легко возбуждает атомы рутения, соединения с ним служат фотосенсибилизаторами, которые помогают разлагать воду солнечным светом и освобождать из нее водород без всяких затрат нефтегазовой энергии. Из двух атомов рутения, прицепив к ним свои наборы лигандов, можно сделать и катализатор для разложения солнечным светом углекислого газа с возможностью последующего синтеза муравьиной кислоты (водород при этом берется из жертвенного углеводорода, см. рис.). При этом один атом рутения служит антенной, а второй



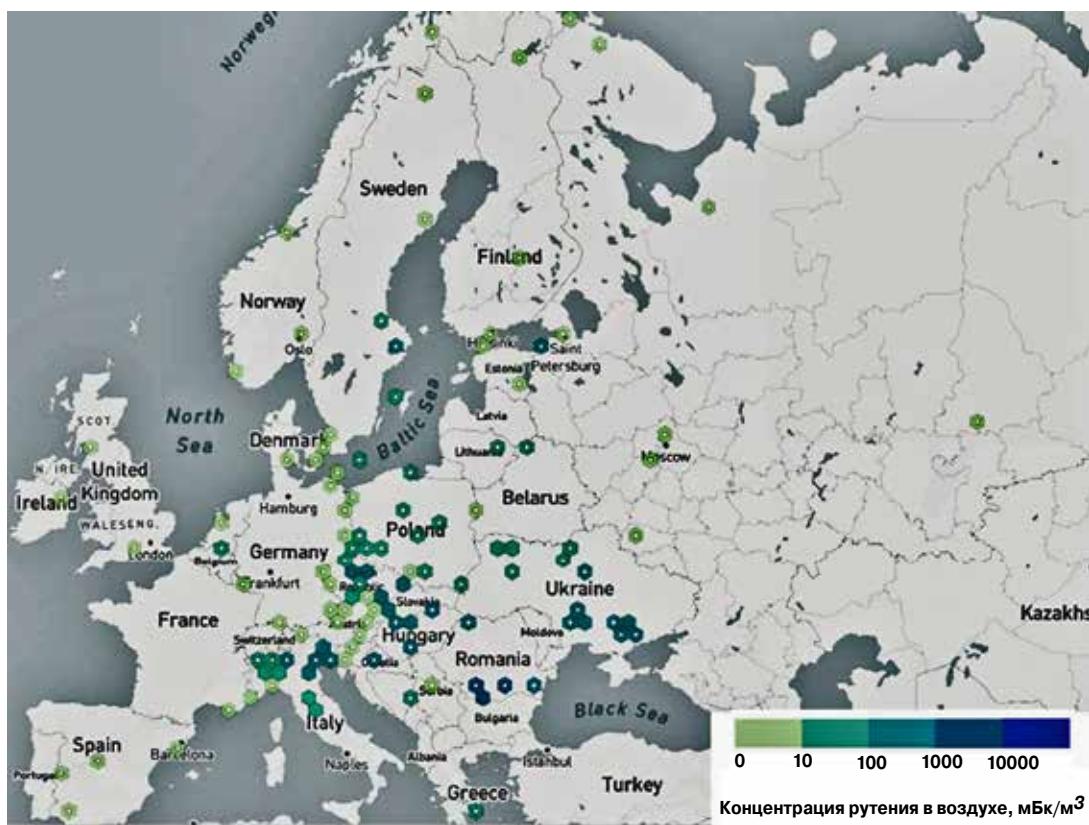
В системе из двух атомов рутения один возбуждается светом, а второй благодаря этому возбуждению разрушает молекулу углекислого газа («Journal of Industrial and Engineering Chemistry», 2017; doi: 10.1016/j.jiec.2017.12.037)

катализирует реакцию. Интересно, что другой рутениевый катализатор выполняет обратную задачу — разрушает муравьиную кислоту, высвобождая водород, что пригодится в топливных элементах. Вообще, рутений прекрасно соединяется с водородом — один его объем способен поглотить 1500 объемов газа. Однако поскольку рутений крайне редкий элемент, вряд ли из него станут делать хранилища водорода для водородных автомобилей.

Зачем рутений планетологам? С его помощью они пытаются выяснить загадки происхождения Солнечной системы. Вот, например, такой вопрос: как кристаллизуются железо-никелевые ядра планет? Согласно современной модели планетообразования, в определенный момент истории все планеты представляют собой расплавленные капли, движущиеся по орбите вокруг светила. В этом состоянии начинается так называемое фракционирование — тяжелые элементы собираются в ядрах, а легкие всплывают в верхние слои мантии и формируют потом твердую кору; на Земле, например, — из оксидов кремния и алюминия. Кстати, эта модель порождает вопрос: откуда на поверхности Земли взялись месторождения тяжелых металлов. Ведь они все должны были утонуть так глубоко, что даже вулкану практически невозможно их вынести наружу. Так вот, ядро может оставаться в жидком состоянии, а может и закристаллизоваться, причем неясно, идет ли фронт кристаллизации снаружи или изнутри.

Добраться до ядра человечеству пока что не под силу, но можно изучать обломки ядра одной из планет — железо-никелевые метеориты. По распределению изотопов того же рутения можно попытаться понять, как кристаллизовалось ядро, ведь легкие изотопы рутения отталкиваются в жидкость, а тяжелые концентрируются в твердом веществе. Пока, правда, попытки безуспешны. Например, изучение нескольких метеоритов показало, что одни действительно образовались из первого материала, выпавшего из расплава, а другие — из остающейся жидкости. Однако в некоторых метеоритах присутствуют одновременно области и с тяжелыми, и с легкими изотопами. Видимо, и тут имела место дендритная ликвация, когда в прослойках между образовавшимися кристаллами остается обогащенная легкоплавкими элементами жидкость.

По изотопам рутения можно также узнать, откуда шла бомбардировка Земли после формирования твердой коры, если сравнить соотношение



Концентрация рутения в воздухе, мБк/м³



ЭЛЕМЕНТ №...

Карта распределения рутения-106 в воздухе над Европой осенью 2017 года по данным МАГАТЭ

изотопов рутения в метеоритах и в образцах древней мантии. Сравнение показывает, что, скорее всего, бомбардировка шла железными метеоритами и так называемыми энстатитовыми хондритами. Такие хондриты сейчас — редкий тип метеоритов, они содержат много неокисленного железа. Видимо, подобные метеориты и создали на Земле месторождения тяжелых металлов, коль скоро исходные канули в глубинах планеты.

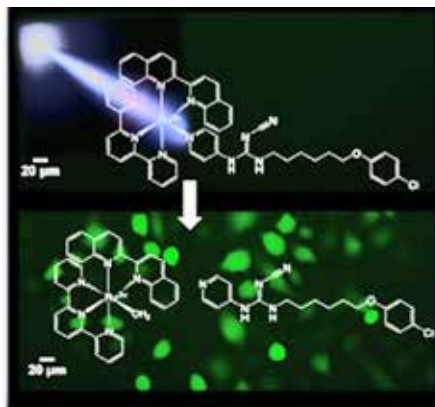
Как рутений защитит дегустаторов?

От искусства дегустатора зависит качество виски, коньяка, купажированного вина или чая, в общем, всего, что смешивают из продукции разного производства, а точнее, зависит стабильный из года в год вкус этих продуктов. Но перечислены, так сказать, безобидные продукты. А что, если нужно оценить остроту перца? Оказывается, и на этот случай имеется свой дегустатор, но вряд ли его работу можно признать столь же безопасной, как у пробователя коньячных спиртов. Химики пытаются помочь: изобретают датчики на капсаицин, главный жгучий алкалоид горького перца. В частности, рутений существенно повышает чувствительность такого датчика и его способность распознавать остроту перца.

Что делают с рутением медики?

Рутений находится в центре внимания разработчиков новых лекарств. Дело в том, что родственная ему платина оказалась открытием для онкологов. Изготовленные из ее соединений препараты (первым из них был цисплатин) сегодня составляют чуть ли не половину всех средств, применяемых для химиотерапии. Однако не секрет, что химиопрепараты отнюдь не безопасны, они разрушают здоровые клетки, что ведет к тяжелым побочным эффектам. Кроме того, некоторые клетки опухоли развивают устойчивость и к

платиновым препаратам. Естественно, возникает желание повторить успех платины с каким-то ее соседом по таблице Менделеева, тем более что с химической точки зрения — переменная в широких пределах валентность, способность образовывать сложные металлоорганические соединения — все платиноиды подобны. Рутений — один из чемпионов по числу лигандов, которые можно привязать к этому металлу. При попадании в организм либо непосредственно в целевую клетку лиганды могут отщепляться и выполнять свою разрушительную функцию, или же все соединение может работать как яд, уничтожая митохондрии, или, соединяясь с ДНК, мешать жизни клетки. Из рутениевых соединений пытаются сделать и препараты для фототерапии: такое вещество становится убийственным после того, как поймает квант света и возбудится. К сожалению, пока особых успехов нет, в клиническую практику никакой рутениевый препарат не вошел, а некоторые клинические испытания показывают, что его препараты совсем не эффективнее известных. Однако с учетом того разнообразия соединений, которым может похвастаться химия рутения, когда-нибудь исследователям и пациентам может и повезти.



При освещении от рутениевого комплекса отщепляется фрагмент, который убивает клетку («Journal of Inorganic Biochemistry», 2018; doi: 10.1016/j.jinorgbio.2017.11.018)



Гриб с дерева шии

Если бы китайцы жили в средней полосе России, нам бы уже все уши прожужжали рассказами о целебных свойствах какого-нибудь опенка зимнего. Но они живут там, где живут, поэтому мировую известность приобрел другой древесный гриб, шиитаке из семейства негниючниковых, по-латыни *Marasmiaceae*.

Шиитаке, он же *Lentinula edodes*, лесной гриб Восточной Азии, растет на мертвых либо умирающих широколиственных деревьях: буках, дубах, каштанах. Одно из них, каштанник остроконечный *Castanopsis cuspidata*, по-японски называется шии. Отсюда и пошло японское название гриба, «гриб, растущий на дереве шии», под которым он стал известен во всем мире. Название неточное, потому что он растет не только на этом дереве.

Происхождение шиитаке достоверно не установлено. Согласно одной из легенд, его вместе с другими сокровищами природы пять тысяч лет назад подарил миру Шэнь-нун, китайское божество земледелия и медицины. Есть также мнение, что это подарок Будды. Будда — существо, достигшее просветления; таких просветленных было несколько, и самый известный нам Гаутама-Будда, живший в VI—V веках до нашей эры, в их числе не первый. Так что дарение вполне могло состояться несколько тысяч лет назад. Чтобы Будда не забывал наделять свой презент полезными свойствами, по стволам и бревнам, на которых росли грибы, регулярно постукивали деревянными молоточками.

Шиитаке — довольно крупная мясистая шляпка на жесткой, волокнистой ножке. Ножки редко едят, разве что бульон из них варят. А шляпка на 90% состоит из воды. Сто граммов сырых грибов содержат всего 34 калории, в них 7% углеводов, 2% белков и менее 1% жира, и неудивительно, что шиитаке используют для снижения веса. В грибах также присутствуют витамины группы B, витамин С, микро- и макроэлементы (калий, магний, натрий, кальций), а также терпеноиды, стероиды, фенолы, нуклеотиды и другие биологически активные вещества. Есть особая форма шиитаке — «цветущий гриб», по-китайски хуа-гу. У них особенно крупная мясистая светлая шляпка, которая своим рисунком напоминает китайцам цветы. Хуа-гу образуются, когда холодно и сухо.

В общем, гриб как гриб. Но он, как оказалось, обладает весьма ценным качеством — его можно культивировать. Все началось в Китае. Некий У Сан Куан, живший во время династии Сун (960—1127), заметил, что, если срезать ветку с дерева, заросшего грибами, и поливать ее, грибы продолжают расти. Позже в Японии научились заражать спорами грибов дубовые бревна. Чтобы грибница созрела, требовалось время, и такие грибные поленицы представляли большую ценность. Их владельцы запросто могли ограбить, и в Средние века в Японии шли настоящие грибные войны. Сейчас шиитаке массово выращивают в разных странах на смеси опилок и отрубей, что во многом и способствовало их международной популярности. А прославились они благодаря лечебным свойствам, которыми наделяет эти грибы традиционная восточная медицина.

Грибы стали использовать как лекарство в эпоху династии Мин (1368—1644). Считается, что шиитаке поддерживает силы, помогает преодолеть усталость и боль, оздоравливает сердце, легкие и печень, изгоняет кишечных паразитов, улучшает циркуляцию крови и лечит простуду, а также действует как афродизиак, источник мужской силы и молодости. Японцы с древних времен использовали гриб для лечения сахарного диабета. В последнее время о шиитаке говорят как об антиканцерогенном и противоопухолевом средстве. Будда о своем подарке явно не забыл.

Однако западные медики — скептики, рассуждения о дисбалансе между процессами в организме пациента и восстановлении нарушенных потоков энергии их не впечатляют. Им нужен список активных веществ, механизм их действия и клинические доказательства эффективности препарата. А с этим у шиитаке проблемы.

Эпидемиологических исследований о влиянии шиитаке на



состояние здоровья, в частности на развитие спонтанного рака, нет. Мы не знаем, насколько чаще или реже болеют люди, работающие на грибных фермах и проживающие в местности, где он традиционно произрастает. Китайцы принимают гриб целиком, используют также порошок шиитаке и его экстракты. Особенно популярен масляный экстракт, его получают из тонко порезанных сушеных грибов и употребляют в пищу.

Исследования порошка и экстрактов шиитаке, проведенные *in vitro* и на животных, показали, что эти продукты обладают антипролиферативным, иммуностимулирующим, гепатопротекторным, антимуtagenным и противоопухолевым действием. Сушеные грибы снижают уровень липидов в плазме крови крыс, при этом у животных с гипертензией нормализуется давление. Считается, что и людям с повышенным давлением и высоким содержанием липидов шиитаке помогает. У мышей, зараженных некоторыми видами рака, порошок шиитаке уменьшал заболеваемость и стимулировал работу иммунной системы. Однако он с различной эффективностью действует на разные линии мышей, и непонятно еще, как он повлияет на пациентов.

Еще один бич нашего времени — кариес. Порошок шиитаке тормозил его развитие у крыс, которых посадили на кариогенную диету. В экспериментах *in vitro* масляный экстракт мешает бактериям, вызывающим кариес, образовывать биопленки и оседать на гидроксиапатите (это основной материал зубной эмали). В то же время при поедании шиитаке он недостаточно долго находится в полости рта, чтобы проявился антибактериальный эффект.

Ученые активно исследуют действие отдельных компонентов гриба, самый известный среди них — полисахарид лентинан, бета-(1,3)-D-глюкан, который содержится в мицелии и плодовых телах шиитаке. Считается, что противораковым и иммуномодулирующим эффектом обладает именно он. Противоопухолевое действие лентинана доказано в экспериментах *in vitro* и на животных, и японцы его используют для лечения некоторых видов рака. Неоперабельным больным он продлевает жизнь на год, хотя качество этой жизни остается под вопросом, и усиливает действие лекарств. Полноценных клинических исследований этой проблемы с должными контролями нет, и, пока их не проведут, лентинан вряд ли будет принят на вооружение западной клинической медицины.

Как ни странно, знания о лентинане порождают новые проблемы. Бета-глюканы расщепляются в кишечнике и теряют значительную часть противоопухолевой активности, поэтому пероральный прием лентинана неэффективен. Его вводят только внутривенно (животным внутрибрюшинно). Следовательно, за возможные целебные свойства целого гриба лентинан не отвеча-



ПАНАЦЕЙКА

ет. Очевидно, биоактивную роль в нем играют другие вещества.

Такие вещества специалистам известны. Среди них белок лентин — предположительно антиоксидант, антимикробный, противовирусный, противогрибковый и противоопухолевый агент; белок латкрипин-3, который демонстрирует антиоксидантную и противоопухолевую активность в культуре клеток; полисахарид LEM (*L. edodes mycelia*), который содержится только в мицелии гриба и стимулирует активность иммунной системы. Циклическое сероорганическое соединение лентионин, ($C_2H_4S_5$), частично ответственное за аромат шиитаке, обладает антибактериальным и противогрибковым действием. Напоминаем, что все эти данные получены только на животных и клеточных культурах.

Шиитаке снижает содержание липидов в плазме крови, возможно, всех без разбора, а может быть, лишь некоторых — медики еще не разобрались окончательно. Вещество, ответственное за снижение уровня холестерина, называется эритраденин, это пуриновое производное. Он эффективен при пероральном приеме, хотя в кишечнике всасывается всего 10% вещества. Внутривенное введение бесполезно, эритраденин очень быстро выводится через почки.

Так мы вернулись к поеданию грибов, и тут оказывается, что на лечебные свойства шиитаке влияет способ их приготовления. Жареные грибы теряют больше всего белка, золы и углеводов, но в них повышается содержание жира и энергии. Варка увеличивает общее содержание глюканов, но они все равно разваливаются в кишечнике, так что нам это безразлично. И жарка, и варка существенно ослабляют антиоксидантную активность продукта, а приготовление на гриле и в микроволновке ее увеличивает. Поэтому никаких грибных супов. Шиитаке — на гриль!

Если жевать в лечебных целях сырые или недоваренные грибы, они могут вызвать дерматит. Он возникает спустя сутки-двое после еды. На туловище и конечностях появляются красные полосы, напоминающие следы от ударов. Высыпания сильно зудят и проходят недели через две, если их не лечить. Большим хорошо помогают антигистаминные препараты. Первые случаи дерматита были замечены в Японии, но теперь, когда гриб выращивают в Азии, Европе, Северной и Южной Америке, хворают и там. У рабочих грибных ферм иногда развивается контактный дерматит после прикосновения к шиитаке.

Итак, лечебное действие шиитаке не доказано, а есть их нужно с осторожностью.

Предлагаю вашему вниманию рецепт известного американского миколога Пола Стаметса. Сначала приготовим соус. На 70% он состоит из оливкового масла, на 15% — из кунжутного, еще 10% составляют тамари или соевый соус и 5% — белое вино. Добавим сюда одну-две измельченные дольки чеснока и тщательно все перемешаем, потому что компоненты норвят разделиться. На полкило грибов нужно примерно треть чашки соуса.

Отрежем у грибов ножки, шляпки положим на противень пластинками сверху и зальем соусом так, чтобы он попал в щели между пластинками. Грибы нужно запекать 30—40 минут при 180°C или поджарить на гриле. Подавать горячими с морепродуктами, рисом, пастой или с чем придется.

Н. Ручкина



Художник С.Дергачев

Никогда

Софья Ролдугина



ФАНТАСТИКА

Если на пяти языках повторить «никогда», то можно отменить что-то плохое.

Уна не помнит, кто и когда объяснил ей это; кажется, она просто родилась с предустановленным знанием, как некоторые появляются на свет с обостренным чувством справедливости или непереносимостью глютенa. Только последствия в десять раз хуже, а видно их далеко не сразу.

...Уна хорошо помнит август девяносто шестого. Перекрученный каштан облюбовала стая голубей. Маревко дрожит над серым щербатым асфальтом, небо точно побелкой натерто; пятипалые листья скрючились и помертвело, бумажно шелестят. В доме через дорогу землянистая старуха пожевывает раскуренную кубинскую сигару, и дым повисает на акациях, стелется по земле.

Жарко.

Задохнувшийся в полиэтилене сэндвич не лезет в горло. Вдалеке нарастает рев мотора. Уна садится на корточки, лениво крошит хлеб: курлы-курлы-курлы, и в ушах уже стучит, когда с нижней ветки наконец спархивает белая птица.

Прямо перед фургоном.

Голубь впечатывается в лобовое стекло с тем же звуком, что и футбольный мяч. Под натужный скрип автомобиль сворачивает на обочину; тормозной след растягивается на добрую сотню шагов. Водитель чертыхается, хлопает дверцей, перегибается через капот. Уна в это время таращится на голубя: он то пытается растопырить крылья, то странно выворачивает шею, словно купается в невидимой луже. Крови нет, но присутствие смерти ощущается настолько ясно, что в горле пересыхает.

Старуха отводит руку с сигарой и смотрит из полумрака террасы.

Ниже по улице водитель, вытирая взмокший лоб, возвращается за руль, и фургон трогается с места. Едет медленно, опасно — даже вниз, с холма.

Вообще-то Уне голуби не нравятся. Но у этого кудрявый, ажурный хвост и стеклянные красные глаза — такого жалко. Она перетаскивает его на обочину, ныряет в дом, в сырую каменную прохладу, в отцовский кабинет. Словари тяжелые, выворачиваются из пальцев; к счастью, ей нужно всего два. Строгая, гладкая латынь и шершавый греческий.

Голова немного кружится от предвкушения; менять мир — все равно что держать в ладонке крошечного копошащегося птенца.

— Нэвер, нунквам, потэ, нимальс, най, — шепчет Уна, как заклинание, простирая руку над голубем с вывернутой шеей. — Нэвер, нунквам, потэ, нимальс, най...

Чуда не происходит.

Что-то не так.

Она мысленно перебирает лица одноклассников, голоса и слова — и цепляется за одного смуглого черноглазого мальчишку. Улыбчивый и угловатый, гневливый и быстрый — горе учителей, друг всех бездомных котиков. Живой... живой.

— Нунка, — говорит Уна, пробуя слово на язык — и оно отзывается звоном. Старуха на террасе приподнимается настороженно. — Нэвер, нунквам, потэ, нунка, най!

Улица выворачивается лентой Мебиуса — ни начала, ни конца, а когда останавливается, то сэндвич в пакете цел, а белый голубь сидит на ветке, заинтересованно косит алым глазом. Внизу, под холмом, визжат тормоза, и раздаётся упругий удар — громче, чем от мяча.

Старуха роняет сигару, продирается через акации и магнолии. Ковыляет через дорогу — смуглые ноги похожи на высохшие куриные кости — и отвешивает Уне звонкую оплеуху.

— Никогда не смеи, — шипит. — Никогда.

Чувство смерти сильнее, чем в первый раз. Но виноватой Уна себя почему-то не ощущает.

Она помнит голубя.

Последствия видны далеко не сразу, но такие же одаренные выделяются в толпе издали — горят, как маяки, притягиваются друг к другу, как рифы и корабли.

Они знают.

Если на пяти языках повторить «никогда», то можно отменить что-то плохое; Уна с отличием оканчивает колледж и бросается в лингвистический запой, выхватывает отдельные слова, зазубривает фразы, точно запасается вариантами на долгую жизнь. Для каждого «плохого» — свое «никогда». Потом наступает короткий период охлаждения, а за ним новое увлечение — программирование. Там тоже языки, которые проще и сложнее одновременно. Раз уж не ты пишешь код, а ненужные куски нельзя удалить — можно их закоментировать или добавить условие: *if (какаятопроблема) goto...*

В консалтинговую компанию она устраивается легко, даже без опыта работы. Босс — высокий блондин с серым, нервным лицом — мало говорит и глушит кофе литрами, а выглядит так, словно постоянно испытывает боль.

— Ты часто?.. — спрашивает он в первый день, и чашка дрожит у него в руке.

Босс не договаривает, но Уне и так все ясно.

А еще волосы у него не просто светлые, а седые, вдруг понимает она.

— Иногда.

Вранье, конечно. И недели не проходит, чтобы не подправить что-то по мелочи. Несовершенство раздражает, как пятна кофе на свежевывстиранной рубашке.

— П-поосторожнее, — советует он сухо и возвращается за свой стол.

Уне смешно.

— Нэвер, нунквам, нимальс, нунка, най! — громко выкрикивает она.

Коллеги удивленно оборачиваются, а потом офис резко делает нырок — и возвращается уже обновленным. Никакого разговора не было... ни для кого, кроме них двоих, потому что босс тоже помнит неслучившееся.

Рабочая почта подмигивает красным огоньком. В письме одна строчка: «Я же просил».

Общая тайна приятно греет сердце; Уна не верит, что босс может всерьез сердиться на нее, такую же, как он, пока не просыпается на следующий день в чужой стране, в крохотной комнатке — без работы, без образования, под другим именем. Запоздало приходит осознание: «плохое» тоже бывает разное, для кого-то — пятно на ткани, а для кого-то — на репутации. Если Уна не терпела несовершенств, то почему должен он?..

В груди клокочет обида. «Посмотрим, кто кого».

Условия изменились, но сам код никуда не делся — и способность вписывать в него новые команды тоже.

Так начинается гонка.

Мир оказывается неизмеримо сложнее, чем виделось прежде. На то, чтобы отыскать ошибку, уходит почти месяц непрерывного анализа и откатов; Уна словно идет ощупью в темноте, ориентируясь только на собственную память о том, что, увы, не случилось, — и на скудные свидетельства новой жизни. В паспорте — коллекция виз и отметок о пересечении границ, в пластиковом пакете на дне чемодана — четыре удостоверения личности на разные имена и россыпь просроченных кредиток, запястья в шрамах, сгибы локтей — в синяках.

Последнее отменить легче всего, этот баг реальности — совсем свежий.

«Нэвер, нунквам, нимальс, нунка, — пишет Уна размашисто на стене, чувствуя сухость во рту. И, помедлив, заканчивает: — *if (flag == зависимость) { flag = «»; break; }*».

Иногда «прервать цикл» — это то же самое, что «никогда».

Поиски поворотного момента похожи на детективное расследование. Достать денег — не проблема: всего-то надо купить лотерейный билет и отменить проигрыш, ведь с точки зрения судьбы тут бинарная система: либо ноль, либо единица. Шестнадцать перелетов, три континента, два десятка городов... Воспоминания о новой-чужой-своей жизни — стеснительные призраки: они ускользают, стоит взглянуться пристальнее, и вот уже Уне кажется, что ее не существовало вовсе. Но для остальных людей эта реальность — единственная.

Мальчишку из средней школы, который подарил ей испанское «никогда», зовут Хавьер. Здесь их связывает давняя дружба, крепкая, какая возникает только у оглушительно одиноких изгоев, внезапно обнаруживающих, что не все сверстники равно глупы и жестоки. Это он подучил ее уехать в Уругвай — и он же пролил свет на дурацкую случайность, из-за которой все пошло наперекосяк.

— Эх, амига, — вздыхает Хавьер, потерянный и пьяный. Он вырос вполне симпатичным; был бы ослепительным — но, вот беда, разучился гневаться и улыбаться, да и жизни в нем критически поубавилось. — Не складывается, хм? От меня вот Нана ушла, мальчишек кинула. И, видит

Святая Дева, помню про твоего папашку и как ты у нас ныкалась, а каждый день рука к бутылке тянется. Каждый день, веришь?

Уна возвращает ему подружку одной бессмысленной фразой на выдохе — и остается одна. Хавьер не пришел в бар, ведь дома дел невпроворот, веришь, амига? Но ей и не нужно уже: память кропотливо хранит несказанное. Стоит потянуть за ниточку — и распускается кружево, прямо до ослабленной петли, до червоточины. В этой реальности сильный и успешный отец Уны проиграл муниципальные выборы из-за какого-то дурацкого, не вовремя заданного вопроса на пресс-конференции. Одно потянуло за собой другое: стресс, задавленная агрессия, скандалы и алкоголь.

Однако трудное детство оставило ей не только шрамы на запястьях, но и дьявольскую изворотливость, какой не было у прежней Уны. И пятнадцать иностранных языков — прожитых, прочувствованных, навеки вшитых в подкорку.

Грех этим не воспользоваться.

— Ну надо же, — бормочет Уна и водит пальцем по черно-белой фотографии в газете пятнадцатилетней давности. Отец глядит в объективы камер потерянно, а журналистка радостно улыбается — исторический момент крушения идеалов. — Похоже, я недооценивала политику. А ведь это такой же код.

Кажется, теперь она знает, как отомстит несостоявшемуся боссу.

В некоторых наречиях «никогда» — это «ни единого раза», в других — «ни в какое время». Смысловые нюансы, которые прежде казались забавными, ныне решают все. Уна чувствует себя так, словно раньше брела вслепую, а теперь прозрела. Она рисует схемы, выстраивает параллели и впервые совершенно ясно осознает, почему в конкретной ситуации действительно определенное слово или знак.

Не важных знаний нет — и это тоже открытие.

Съемная квартира завалена распечатками и изрисованными скетчбуками. Вся биография босса как на ладони, выявлены и обнажены связи с тысячью событий, которые в то время происходили вокруг, и каждое вносило свою лепту. Политологии и социологии становится мало, и тут на помощь приходит математика, универсальный язык, — и, как ни странно, поэзия, поднимающая его на метафорическую недостижимую высоту.

Мир наконец предстает системой — сложной, бесконечно сложной, но открытой для познания.

На губах Уны — вкус запретного плода.

— Вот как, — шепчет она, отыскав наконец единственно верную отправную точку. — Ну, держись. Нэвер, нунка...

Череда почти неощутимых изменений выводит ее через неделю к тому самому офису, под распахнутые пластиковые окна — жарко, душно. Уна набирает номер, взятый с блестящего рекламного проспекта и, не представляясь, просит выглянуть.

У ее неслучившегося босса по-прежнему седые волосы и красивое, но болезненное лицо; взгляд — нечто среднее между «давай, удиви меня» и «пожалуйста, обойдемся без сюрпризов».

— Твой отец голосовал за консерваторов! — звонко выкрикивает Уна и широко улыбается, а затем размашисто рисует граффити через стену, через дверь.

Баллончик шипит и плюется алой краской — два слова,

команда, математическая формула и строка из поэмы о судьбе и крахе. Реальность дрожит, опрокидывается в саму себя, и вот уже Уна с любопытством смотрит вниз из окна директорского кабинета, а бывший босс топчется у крыльца. Стрижка дурацкая, костюм дешевый, под мышкой — резюме в тонкой пластиковой папке.

Разозленным парень, впрочем, не выглядит. Скорее... помолодевшим?

— Один-один, — негромко говорит он, и сердце почему-то подскакивает к горлу.

Полгода они осторожно обмениваются ударами, словно прощупывают друг друга. Меняют профессии, города и жизни; Уна почти всерьез обижается, когда обнаруживает себя с розовым ирокезом на сцене, и по-настоящему — когда никак не может понять, как босс это провернул. Отыскивает его, хватая за воротник — опять кофейные пятна, опять, ну как же можно быть таким неряхой — и рывкает:

— Где?!

Босс — в кои-то веки не скучный клерк, а прожженный журналиста — потерянно моргает, затем соображает:

— А, баг? В системе образования. Видишь ли, теперь в твоей школе преподавали рок-музыку.

«Да что за бред!»

Она закипает:

— И почему я, к чертям собачьим, ее тогда не возненавидела? — С языка рвутся слова поглубже — новая-чужая-своя судьба научила. Пока Уна еще сдерживается.

Босс аккуратно отцепляет ее пальцы от своего воротника.

— Психология. Учитель по вокалу говорил, что тебе надо петь нежнее... А у твоего друга Хавьера были касеты с Патти Смит.

Уна отпускает его.

Сначала она не верит, что из-за такой ерунды жизнь может покатиться по совсем другим рельсам, но вскоре убеждается сама. Это взрослые косные, а дети пластичны, и любое прикосновение оставляет на них след, да и к тому же они более уязвимы перед средой. Схема мира снова усложняется — и в то же время становится более понятной.

Следующим ходом Уна отправляет босса в космос — просто так, чтобы не зазнавался.

А потом, на каком-то там по счету витке, она вдруг обнаруживает, что Хавьер мертв.

Вряд ли недобосс сделал это специально. Нельзя ведь учесть все, обязательно будут случайные жертвы, но даже развод родителей и отцовский запой, спрятанный глубоко в фантомных воспоминаниях, не ранит сильнее, чем скупые цифры в некрологе. Смуглый, веселый и злой мальчишка не дожил и до пятнадцати, схлопотал битой по затылку во время беспорядков и умер нелепым голенастым кузнечиком. А мог бы вырасти, стать не просто красивым — ослепительным, и, Святая Дева, как же хорошо он смотрелся со своей Наной, которую находил каждый раз, как чуял, — на любой ветке реальности.

— Ты сволочь, — отчеканивает Уна в трубку, и горло перехватывает. — Его-то за что?

Босс виновато сопит, потом говорит:

— Я все вер... — Но Уна уже нажимает на отбой.

Следующим же вечером она роняет в Тихий океан са-



ФАНТАСТИКА

молет. Из пассажиров не выживает никто, но в траурных списках ее интересует только пожилая пара, которая направлялась на тропические острова справить юбилей свадьбы. Через три часа Уна вносит еще одно дополнение в код — это легко сделать, если подготовиться заранее и нащупать слабые места, — и тайфун «Хавьер» так и не зарождается над океаном.

Катастрофа отменяется.

Но боссу-то все равно больно, ведь он помнит даже неслучившееся — так же ясно, как реальное. Так что теперь у каждого из них по некрологу за душой, счет снова один-один, только это какие-то мерзкие единицы.

Неправильные.

Уна пытается сбежать от него, затеряться и сама не замечает, как устраивает глобальный экономический кризис, куда там Великой депрессии. Всюду нищета, безработица, толпы беженцев; комфортные путешествия — удел избранных счастливиц, баловней судьбы, потому что билеты дороги, а визы дают крайне неохотно. Лотереи вырождаются, остаются подпольные казино и бары, а самое отвратительное — здесь нет кофе.

Два отката ничего не изменили. Кризис поослаб, однако на меню это повлияло мало.

Третий месяц Уна просиживает в чайной, глушит чашка за чашкой крепкую бурду, воняющую сырым венником, и пытается понять — почему. Экономика и политика бессильны, математическим формулам не хватает данных, а одной поэзии, похоже, слишком мало...

«Я сдохну от недосыпа, — крутится в голове. — Или венниками потравлюсь».

— Экологию не пробовала? — дружелюбно спрашивает босс, подсаживаясь за столик.

Надо же, отыскал — без социальных сетей и банковских карт, во всеобщей разрухе.

Даже лестно.

— В смысле?

Уточняющие вопросы, конечно, заставляют гордость корчиться в муках, но докопаться до истины и до кофе куда важнее... По крайней мере, так Уна говорит себе. А босс разворачивает карту — дурацкую, бумажную и вдобавок, похоже, с другой ветки реальности.

«По памяти он ее, что ли, рисовал?»

— Вот, смотри. Крупнейшие экспортеры кофе у нас тут — Бразилия и Колумбия, их сразу вычеркиваем, там народные волнения, лесные пожары, на два чиха это не разгрести. Далее — Вьетнам и Индонезия, но там в основном робуста, да и плантации сильно пострадали после цунами и землетрясений. А что насчет Африки? Эфиопия, Кения, Йемен... Всегда мечтал завалить мир йеменским кофе.

И тут Уну осеняет. Она ничего не может с собой поделаться — смотрит на него, как на героя, и улыбается.

— Ты гений. А я дура, если забыла о естественных факторах. Ведь у кризиса могут быть не только внутренние, но и внешние причины, не человечеством спровоцированные! Сначала у нас природные катастрофы и климатические изменения — а потом неурожаи, скачки цен, кое-где даже голод...

Она говорит и говорит, тут же, на словах, выстраивая формулу. В схему мира новые «пять слов» вписываются идеально, так и просятся на язык, на кончик карандаша — опробовать, испытать... А босс смотрит, не отрываясь, а потом внезапно целует ее болтливый рот. Отстраняется — и ни слова не говорит, а губы у него в чем-то красном.

«Моя помада», — осознает Уна и страшно пугается.

— Нэвер, нунквам, потэ, нимальс, най, — лепечет она. Будто это что-то меняет.

Кафе выворачивается наизнанку: баг устранен, неугодная переменная равна нулю. Но босс все так же безмолвен, дурно одет, и лицо у него горестное. Помады ни следа... Но что толку? Они оба помнят.

Заклинание дало сбой.

...Если на пяти разных языках повторить «никогда», то что-то плохое исчезнет. А что делать, если надо не вырезать фрагмент реальности, а повернуть неуправляемый поток в прежнее русло?

Уна не знает.

Кризис удалось вымарать, но половина Африки теперь охвачена войной. Память сбоит: было ли это в изначальной версии мира, или бездумные изменения так повлияли на историю? И казалось бы, какое дело состоятельному фрилансеру из маленького, но очень богатого европейского княжества до проблем на другом континенте, но почему-то перед глазами снова и снова встают строчки из некролога: «Хавьер Эрмано, 1986—2000, примерный сын и любимый брат...» Нет, он-то, конечно, жив, Уна проверяла, но сердце все равно болит, и чувство вины не отпускает.

Политика, экономика, история, география, экология — сколько еще нужно ввести переменных, чтобы люди перестали убивать друг друга?

Сколько еще языков и систем выучить, чтобы раз и навсегда взломать код?

— Тебе следует отдохнуть, — мягко говорит босс.

Уна подробно объясняет ему, куда он должен засунуть свои недоглаженные рубашки и сочувственные комментарии. И добрые советы тоже, можно даже не распаковывая.

Он пропадает на две недели. А потом, в одно прекрасное солнечное утро, прямо под ногами Уны автобусная остановка превращается в открытую платформу на шестидесятиметровой высоте, а за спиной отрастают крылья — большие, белые, сильные. И что с ними делать — решительно неясно.

— Видела бы ты свое лицо, — весело замечает босс.

Его футболка и джинсы такие драные, словно все городские коты объявили ему вендетту, а крылья черные, блестящие, точно искупались в смоле. С платформы на платформу он перепархивает уверенно, будто родился пернатым... Впрочем, так оно и есть.

Уна садится на край и свешивает ноги; внизу, под босыми ступнями, — цветущие крыши, зеленые стены и сады, сады, сады... Странно, чуждо и безумно красиво. Она

вслушивается в ветер, ловит запахи, звуки и выбирает между восторженным «Как?!» и раздраженным «Зачем?».

— Биология, эволюция, история, математика и, как ни странно, поэзия, — объясняет босс, глядя исподлобья. Солнце у него за спиной, и поэтому лицо выглядит темным, выражение нечитаемое. — Вуаля — мы биотехнологическая цивилизация. Войн почти нет, голода тоже. Единственный минус — нас меньше раз в десять.

Это как удар под дых.

Уна могла бы спросить: а как же Хавьер? Но дело не в нем, точнее, не только в нем. Ей дурно от мысли, что несколько миллиардов человек не получили даже шанса родиться; короткая, полная трудностей жизнь и смерть от выстрела в затылок или от лихорадки где-то под южным солнцем уже не кажется худшей из судеб.

— Верни все на место, — просит Уна хрипло.

Босс молча бросается с платформы, лишь в последнее мгновение раскрывая крылья.

Искать отправную точку приходится самой.

Слишком поздно накатывает понимание, что они не устраняли ошибки в исходном коде, а привносили их. Теперь система замусорена донельзя: старые законы не работают, а чтобы вывести новые, не хватает ни знаний, ни сил. Без смелости, порой безрассудной, ни выйти за границы уже изведанного, ни продвинуться вперед. Познание невозможно без нарушения норм и догм.

Однако беспечность и безответственность неизбежно ведут к краху.

Уна узнает о человечестве немало нового. Что даже крылатые, свободные, сытые могут развязывать опустошительные войны; что нет такой благой идеи, которую нельзя исказить и обернуть во вред; что даже посреди разверзшегося на земле ада явятся свои святые; что можно войти в одну и ту же реку дважды, но без всякой гарантии, что это будешь именно ты...

Мир — словно код, который постоянно развивается и сам плодит баги, словно язык, не знающий понятия «никогда».

«А если я — ошибка?»

Мысль появляется все чаще и тревожит все меньше.

Босса Уна теперь ненавидит — яростно и жгуче, как никогда раньше. За то, что он втянул ее в противостояние, приучил к большим ставкам; за то, что он всегда рядом, готов протянуть руку помощи, придержать за локоть, ухватить за шкурку и не пустить, — но предотвратить самое кошмарное даже ему не по силам.

В какой-то момент Уна обнаруживает, что порох не взрывается, и радостно вскидывается: вот он, сбой. Нужно только немного откатиться назад, вломиться в физику, закомментировать часть кода, и...

Здесь почти нечем дышать, и на языке сухая горечь.

По правую руку — бесконечная равнина: серое, черное, серое, черное. По левую — белые-белые волны. Небо низкое и холодное, сыплет мелким снегом. В глубине безжизненной земли прорастают взрывы — дым, кольцами нанизанный на огненные столпы; на ядерные купола нисколько не похоже, но Уна подспудно знает, что это даже хуже — своя-чужая-новая память подсказала.

Босс бредет вдоль кромки седого моря; рубашка хлопает на ветру, светлые штаны закатаны до колен.

— У нас минут пять, я думаю! — издали кричит он. И тут же, не меняясь в голосе: — Извини!

Уна хочет крикнуть: «За что?» — но горло перехватывает. А босс останавливается шагах в десяти от нее, словно между ними невидимая стена.

— Я вмешался в твой код, — говорит он. — И кажется, налажал.

И еще:

— Я не должен был отправлять тебя в Уругвай.

Это он, видимо, так шутит.

Язык присох к небу, а взгляд — к узкой полосе прибора. Уна думает, что все не зря, и она не жалеет ни о чем: спасибо за пятнадцать языков, за розовый ирокез, за кофе, за белые крылья... «Уна» — значит «рожденная для счастья».

Она и правда была счастлива.

«Если кто-то все еще пишет код, — крутится в голове, — если кто-то пишет мир, то пускай все это случилось. Не отнимай ничего, пожалуйста-пожалуйста-пожалуйста...»

Босс подносит к виску сжатый кулак с отставленным указательным пальцем, точно целится в себя.

— Никогда, — произносит отрывисто, словно стреляет. — Никогда, ни...

Уна зажимает уши и кричит изо всех сил.

Как будто это когда-то помогало.

...В августе девяносто шестого жара пробирает до костей. Перекрученный каштан облюбовала стая голубей. Марево дрожит над серым щербатым асфальтом, небо словно побелкой натерто, пятипалые листья скрючились, обожженные солнцем. Полный штиль — ни шелеста, ни шороха. На террасе в доме через дорогу старуха раскуривает в полумраке разломанную кубинскую сигару, и дым повисает над землей. Белого кудрявого голубя, который топчется на деревянных перилах, это, впрочем, несколько не беспокоит.

Ноги подламываются; Уна роняет сэндвич, завернутый в липкий полиэтилен, и бессильно опускается на обочину, в пыль. Рядом тормозит синий фургон.

— Эй, малявка, помощь нужна? — Водитель, усатый смуглый здоровяк, кажется, искренне встревожен. Уна мотает головой. — Ну, как знаешь.

Он дожидается, пока Уна встанет и отряхнется, и лишь потом трогается. Едет медленно, опасно — даже вниз, под горку. Уна спускается за ним. Выпуклое круглое зеркало — осторожней на поворотах, эй! — отражает нескладную девочку с седыми волосами.

У нее взрослое нервное лицо, словно она постоянно испытывает боль.

Босса Уна обнаруживает у подножья холма, там, где дорога резко виляет вправо. Он выглядит младше, лет пятнадцать-шестнадцать с виду, но в остальном нисколько не изменился, даже белая рубашка так же запятнана кофе. Сидит у дороги, подтянув колени к подбородку, смотрит вдаль...

«Только бы он помнил, — загадывает Уна про себя. — Только бы помнил».

Старенький велосипед аккуратно прислонен к знаку пешеходного перехода, почти невидимого за разросшимися кустами.

— Однажды меня сбил здесь фургон, — внезапно говорит босс. — Я месяц провел в госпитале, еле выкарабкался, думал о разном: мол, если бы... Но речь не о том. Ты ведь не оставишь меня?

Он смотрит так, что становится ясно: нет, ничего не забыл. Ни сбывшееся, ни несбывшееся. Уна садится рядом, приваливается к нему боком, несмотря на невыносимую жару, и шепчет:

— Никогда-никогда. Никогда, никогда, никогда.



Долгожданный, уникальный, удобный!

Вы покупаете архив, устанавливаете на свой компьютер, и он автоматически обновляется каждый месяц. Все самое интересное легко найти и в старых, и в новых номерах. Бесценные рассказы об ученых, о проблемах и методах химии, биологии, физики, материаловедения, история развития науки и техники, смелые гипотезы и идеи, опыты юных химиков, размышления мудрецов, антология научной фантастики второй половины XX – первой половины XXI века, рисунки ведущих художников-графиков, в общем, то, о чем более полувека пишет журнал «Химия и жизнь», есть в его электронном пополняемом архиве.

Цена 1600 р. на флеш-карте с доставкой почтой РФ и 1300 р. при самостоятельном скачивании дистрибутива с сайта. Узнать подробности об архиве и купить его можно на сайте журнала: (www.hij.ru), отправив письмо по адресу redaktor@hij.ru или позвонив в редакцию по телефону (495) 722-09-46 по рабочим дням с 11 до 17-30.

Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г. Москва,
Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 30101810400000000225, БИК 044525225
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.

Стоимость подписки на второе полугодие 2018 года: с доставкой по РФ — 1140 рублей, при получении в редакции — 720 рублей. Об электронных платежах см. www.hij.ru. Справки по телефону (495)722-09-46.



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

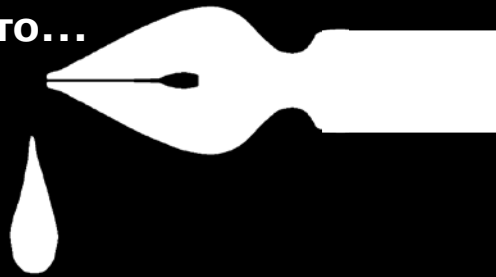
Загадочная вода Земли

Происхождение земной воды — одна из серьезных загадок планетологии. Казалось бы, все просто. В туманности, остающейся после формирования Солнца, падает температура и конденсируются пылинки различных вещества. Потом они слипаются и порождают зародыши планет, а те, сталкиваясь, формируют планеты на соответствующих орбитах. При этом солнечный ветер постоянно выдувает то, что не сконденсировалось, на задворки системы. Так вода из внутренних областей вылетает до места конденсации водяного льда — между орбитами Юпитера и Марса. Поэтому на всех четырех ближних планетах воды быть не может по определению. Чтобы ее все-таки обеспечить, планетологи предлагают бомбардировку Земли кометами, прилетевшими из района, где вода есть. Эта вода вступала в химические реакции с земными минералами, формировала оксиды и оставила в них неизгладимый след — характерный изотопный состав.

Эту логичную мысль решили использовать исследователи из нескольких институтов Великобритании, США и Франции во главе с Ричардом Гринвудом из Открытого университета («Science Advances», 28 марта 2018 года). Они проанализировали изотопный состав кислорода вулканических гор на дне океана и в тех образцах, что экспедиции НАСА привезли с Луны. Как оказалось, составы очень похожи, словно лунные породы — это и есть земные. Луна же, по мнению многих, родилась из Земли. Стало быть, считает Гринвуд с коллегами, раз состав схож, возникают ограничения на время происхождения земной воды. Их расчет показал: на Земле должна быть гидросфера уже ко времени отделения от нее Луны. Но этого не может быть, потому что этой воде неоткуда было взяться, ведь гипотетическое столкновение двух зародышей планет, которое породило Землю и Луну, произошло очень рано — через 100 млн лет после появления Солнца. Никакой кометной бомбардировки тогда не было, до нее оставалось еще более миллиарда лет. Получается, что планетологам надо серьезно менять свои модели или придумывать другой механизм получения воды, например за счет водородной дегазации из ядра планеты. Либо ждать, что новые экспедиции на Луну, к радости конспирологов, привезут грунт с иным изотопным составом, нежели тот, что выгрузили из американских «Аполлонов».

С.Анофелес

Пишут, что...



...частицы самородного железа, найденные в осадках разных регионов мира и различного возраста, имеют внеземное происхождение, за исключением железа в осадках озер Жомболокского вулканического района, Восточный Саян («Физика Земли», 2018, 1, 113—127)...

...с помощью аналитической электронной микроскопии в кратере Жаманшин в Казахстане обнаружены разнородные фрагменты космического вещества, которые не могли находиться в метеорите одного типа, что подтверждает гипотезу о кометной, а не метеоритной природе кратера («Доклады Академии наук», 2018, 478, 4, 447—451)...

...в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН планируется создание нейтринного детектора на основе жидкого сцинтиллятора, который можно будет использовать как часть мировой сети таких детекторов для изучения внутреннего строения Земли («Ядерная физика», 2017, 6, 691—696)...

...NASA откладывает запуск космического телескопа Джеймса Уэбба (JWST) почти на год, до мая 2020 года («Nature», 2018, <https://www.nature.com/articles/d41586-018-03863-5>)...

...жертвами кибератаки Корпуса исламской революции стали 7998 профессоров в 320 университетах, из них 140 в США, а также 30 американских компаний и пять правительственных учреждений; похищено 31,5 терабайта данных, в том числе результатов научных исследований («Science», 2018, doi: 10.1126/science.aat6849)...

...аэрозоль электронных сигарет вызывает повреждения ДНК в клетках легких, мочевого пузыря и сердца мышей, а также подавляет репарацию ДНК в легких («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2018, 115, 7, E1560—E1569, doi: 10.1073/pnas.1718185115)...

...как показали эксперименты в замкнутых метаболических камерах, продолжавшиеся два года, люди на диете с 15%-ным ограничением калорий эффективнее использовали энергию во время сна, у них стали менее выраженными биохимические процессы, связанные со старением («Cell Metabolism», 2018, doi: 10.1016/j.cmet.2018.02.019)...

...получены данные, подтверждающие важность окислительного стресса в патогенезе болезни Паркинсона и целесообразность применения антиоксидантного действия в ее комплексной терапии («Нейрохимия», 2017, 34, 4, 344—349)...

...предложен метод обнаружения инопланетных форм жизни; метод использует ДНК-аптамеры, но может выявлять сложные структуры, не имеющие ничего общего с земной биохимией («Astrobiology», 2018, doi: 10.1089/ast.2017.1712, «Science», 2018, doi: 10.1126/science.aat6719)...

...секвенирован геном таракана *Periplaneta americana*; он изобилует экспансиями в семействах генов, связанных с адаптацией к неблагоприятным условиям, например ответственных за хеморецепцию и детоксикацию («Nature Communications», 2018, 9, 1008, doi: 10.1038/s41467-018-03281-1)...

...у классического объекта генетики, дрозофилы, неканонический мейоз, в частности, классические его признаки — синаптонемные комплексы, хиазмы и кроссинговер — есть только у самок («Успехи современной биологии», 2018, 138, 1, 68—82)...

...бурное размножение морского одноклеточного организма *Noctiluca scintillans* представляет угрозу для рыболовства, туризма и опреснительных установок в Аравийском море; последняя вспышка началась в ноябре 2017 года и на пике в январе покрыла площадь в три раза больше Техаса («Nature», 2018, 555, 7698, 569—570, doi: 10.1038/d41586-018-03698-0)...

...степень загрязнения водоемов можно оценить по метаболитам полициклических ароматических углеводородов, выявленных в желчи обитающих там рыб методами обычной и синхронной спектрофлуориметрии («Вопросы ихтиологии», 2017, 57, 6, 737—742)...

...природная среда горного Алтая в плейстоцене позволяла мигрировать с юга на север не только животным, но и древнему человеку — из Юго-Восточной Азии и Индокитая вдоль восточных предгорий Гималаев и хребта Наньшань до Зайсанской котловины и Алтая, что неизбежно приводило к обмену генным материалом («Палеонтологический журнал», 2018, 1, 61—85)...

...детеныши южного белого носорога *Ceratotherium simum simum* издают четыре типа звуков — повизгивание, фырканье, угрожающий звук и пыхтение, независимо от того, росли они с матерью или были воспитаны людьми (PLOS ONE, 2018, 13(3): e0192166, doi: 10.1371/journal.pone.0192166)...

...изучение в течение последних 20 лет черепов обыкновенной лисицы на Северо-Востоке Европы говорит о том, что увеличение размера черепа происходит в тесной связи с ростом среднегодовой температуры («Экология», 2018, 1, 60—65)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Таксист не нужен

Как сделать максимально безболезненным для людей переход от личного автотранспорта к общественному? За счет создания дешевой службы электрических такси-роботов. Такой вывод следует из результатов моделирования, проведенного Гордоном Бауэром из университета Беркли и его коллегами из Лоуренсовской национальной лаборатории Минэнерго США (агентство «News Wise», 27 марта 2018 года).

В их модели было рассмотрено движение такси-роботов в районе Манхэттена. Как оказалось, представление о том, что электромобиль надо снабжать все более емкими и дорогими батареями, не соответствует потребности города. В Манхэттене для обслуживания пассажиров лучше всего работают роботы с запасом хода до 90 миль на одной зарядке. Такой электромобиль оказывается дешевым, соответственно снижается и стоимость поездки. Если же сеть заправок достаточно густая — 66 штук на квадратную милю, — то у робота всегда найдутся время и место для пополнения запаса энергии. В результате стоимость обслуживания таксопарков уменьшится на порядок, выбросы углекислого газа сократятся на 73%, а потребление энергии — на 53% по сравнению с использованием бензиновых или газовых такси.

Конечно, такие роботы не поедут за город или в аэропорт. Однако комфортное передвижение людей по городу они обеспечат, а это большая часть поездок. Любители же дальних путешествий сохранят персональное авто, которое превратится из средства передвижения в роскошь. Или станут время от времени брать автомобиль в аренду.

«Такая служба будет очень удобной, и люди быстро к ней привыкнут. Мы проводили исследование по экономике освещения и были удивлены, как быстро светодиоды вытеснили с рынка лампы накаливания. Когда имеется лучший и более дешевый продукт, люди быстро принимают его. Я думаю, что в случае с транспортом мы очень скоро увидим те сильные изменения, которые следуют из нашего расчета», — говорит Брайан Герке из Лоуренсовской лаборатории.

А. Мотыляев



В объятьях ледяного сна

Одна из старейших и самых продуктивных идей в научной фантастике — идея анабиоза, то есть замедления или приостановки жизненных процессов человеческого организма, с тем, чтобы восстановить его нормальное функционирование, обычно через период, существенно превышающий срок жизни этого организма.

Бенджамин Франклин — не только политик, но и ученый-универсалист, и замечательный мыслитель — пришел к идее использования анабиоза для продления жизни еще в 1773 году. В одном из писем он предлагает следующее: «Кажется очевидным, что доктрины жизни и смерти в общем-то еще недостаточно поняты. Я хочу, чтобы было возможным... изобрести метод бальзамирования утонувших людей, так чтобы они могли бы быть возвращены к жизни через любой период, даже весьма длительный; из-за страстного желания увидеть и наблюдать состояние Америки через сотни лет я должен был бы предпочесть обычной смерти погружение в бочку мадеры с немногими друзьями до того времени, чтобы быть тогда оживленным солнечным теплом моей дорогой страны. Но по всей вероятности, мы живем слишком рано, в период детства науки, чтобы надеяться увидеть подобное искусство доведенным до совершенства уже в наше время».

Сам термин «анабиоз» появился только в исследовании немецкого ученого Вильгельма Прейера в 1873 году, хотя в художественной литературе случаи анабиоза описывались еще с XVIII столетия.

Уже в романе Луи-Себастьяна Мерсье «Год 2440», изданном в 1771 году, герой переносится в будущее во сне. В рассказе другого француза, Эдмона Абу, «Человек со сломанным ухом» (1861) мумифицированный полковник наполеоновской армии возрождается, чтобы отбить у изобретателя способа своего оживления собственную внучку. В рассказе Эдгара По «Разговор с мумией» (1845) оживает древнеегипетская мумия возрастом в пять тысяч лет, а в финале и сам герой просится на ее место, чтобы отправиться в будущее.

В романе знаменитого Луи Буссенара «Десять тысяч лет во льду» (1889) герой — швед, доктор Синтез — оживает после гибели в полярной экспедиции и находит мир населенным потомками китайцев.

Анабиоз не всегда был связан с холодом. В повести венгерского Жюль Верна, писателя Мора Йокаи «20 000 лет под льдом» (1889) герой оживляет двух первобытных людей, сохранившихся до его времен в кристаллах кварца. Как объясняет это повествователь, они должны были попасть в перенасыщенный раствор двуокиси кремния, став его ядрами кристаллизации. Чудодейственные свойства горного хрусталя сохранили их невредимыми в хрустальных контейнерах, пока не появился путешественник.

На анабиоз возлагались необычайные надежды. Писатель-фантаст и поэт, принадлежавший к направлению «биокосмистов», Александр Ярославский писал в «Поэме Анабиоза» (1922):

*Синей небесной угрозе
Нашу ли мощь расплескать?
Завтра весь мир заморозят
Анабиоза войска.*

*Холода львиная доза
Избавит от глупых задир,
Челюсти Анабиоза
Завтра захлопнут мир.*

Для тех, кого не устраивала обычная машина времени, анабиоз стал удобным и надежным средством путешествия в будущее, как правило, за пределы естественной человеческой жизни. Впрочем, были и исключения. В пьесе Владимира Маяковского «Клоп» (1928) герой переносится вперед только на 20 лет и попадает в преображенную революцией Россию, то бишь СССР. Где он со своими мещанскими наклонностями оказывается так же уместен и желанен, как и замороженный вместе с ним клоп.

В рассказе Александра Горбовского «Он проснется через 200 лет» (1964) устройство для анабиоза создает филолог — как средство отправиться к будущим космолетам и сияющим небоскрегам от строгой и несправедливой начальницы. И только в миг засыпания вдруг ощущает свое родство с окружающими людьми, единство с временем. Тем не менее герой остается ждать будущего в инее и синеватом свете анабиозной камеры.

В рассказе Валентины Журавлевой «Сквозь время» (1958) герой вынужден уходить в анабиоз. Он поражен проказой, и ледяной сон для него — возможность дожидаться появления спасительного лекарства. От рака спасается в анабиозе главный герой романа Николая Амосова «Записки из будущего» (1965, 2003). Замечательный писатель, ученый, врач, Амосов уделил много внимания научно-технической стороне дела. Его герой отправляется в будущее усилиями большого коллектива, после решения множества нетривиальных задач по поддержанию жизнедеятельности в замедлившемся организме.

С.А. КАРАСЕВУ, Самара: *Коронатор* — прибор для подготовки полимера для покраски, в нем поверхность обрабатывают коронным разрядом, после чего она становится гидрофильной и с ней лучше взаимодействует краска.

М.И. СТЕПАНЕНКО, Казань: *Опалесцирующие добавки, придающие лаку для ногтей мерцание*, — слюда, алюминиевый порошок, оксид-хлорид висмута и даже натуральный перламутр.

П.Н. НАЗАРЬЕВЫХ, Калининград: *Чайное пятно с хлопчатобумажной скатерти можно смыть нашатырным спиртом, подложив под скатерть мягкую ткань или бумагу; затем смочите очищенное место 10%-ным водным раствором лимонной кислоты и через 10—15 минут промойте водой.*

Л.А. ЯКОВЛЕВОЙ, Волгоград: *Зельтерская, или зельтерская, вода — хлоридно-гидрокарбонатно-натриевая минеральная вода из источника Нидерзельтерс (ныне Зельтерс-ан-дер-Лан) в Германии; в русской литературе зельтерской могли называть любую минеральную или газированную воду.*

В.С. ВОРОБЬЕВОЙ: Санкт-Петербург: *Два основных вида съедобных улиток — виноградная улитка Helix pomatia, с выпуклой светло-коричневой раковиной диаметром 40—50 мм, и садовая улитка Helix aspersa (Cornu aspersum), с более темной раковиной диаметром 25—40 мм; иногда виноградной улиткой называют и второй вид.*

Э. РОКИТИНОЙ, электронная почта: *Пища с отрицательной калорийностью, то есть такая, на переваривание которой затрачивается больше калорий, чем усваивается, — городская легенда; с некоторой натяжкой отрицательно-калорийной пищей можно считать холодную воду, которая согревается в животе и не приносит калорий; стебли сельдерея — низкокалорийная еда, но отрицательного баланса и тут не получается.*

Л.Ф. КУЗНЕЦОВУ, Екатеринбург: *Туалетная бумага растворяется в воде, в отличие от обычной бумаги, потому что сделана из более коротких волокон целлюлозы, пресловутая растворимая втулка, очевидно, тоже.*



ХИМИКИ И ЛИРИКИ

Природный анабиоз стал средством перенесения в наши дни вымерших животных и представителей древних цивилизаций. В рассказе Михаила Грешнова «Маша» (1961) из вечной мерзлоты вытаивает целый мамонт. В основе, конечно, рассказы ээка о том, что мясом вытаявших мамонтов можно питаться, и даже видели тритонов, оживших после размораживания.

В начале космической эры анабиоз стал замечательным средством преодоления не только бездны времени, но и пространства. Как штатное средство используют его космонавты на субсветовых кораблях. У Ивана Ефремова в «Туманности Андромеды» (1957) большая часть экипажа звездолета спит, бодрствуют только дежурные. В романе Станислава Лема «Непобедимый» (1964) спит в «гибернаторах» весь экипаж, чтобы пробудиться, когда автоматы определяют, что корабль приблизился к цели. В замороженном состоянии прибывает на Землю экипаж «Пицундского метеорита» — чужого звездолета из романа Александра Студитского «Разум Вселенной» (1962).

В романе Александра Колпакова «Гриада» (1958) к анабиозу прибегают родные улетающих на столетия космонавтов. Возлюбленная главного героя отправляется в Пантеон, чтобы дожидаться возвращения экспедиции... через миллион земных лет.

Нетривиальную версию ледяного сна представил Ларри Нивен в рассказе «Дождусь» (1964). Его герой, замерзая на Плутоне, при мгновенном охлаждении до сверхнизких температур сохраняет за счет сверхпроводимости активность в нервных цепях. Источник бесконечного раздражения для него — иней от последнего дыхания, осевший на глазах, и невозможность смахнуть его. В таком виде он и его товарищ могут ждать спасения очень долго.

Массовый анабиоз становится средством решения необычных земных проблем. В романе поляка Богдана Петецкого «Только тишина» (1973) все человечество погружается в анабиоз на 80 лет. Цель — дать природе возможность восстановиться, за это время вредная химия уйдет из верхних слоев коры до магмы. На планете остаются бодрствовать только дежурные звездолетчики, которым не привыкать к долгим вахтам у анабиозных камер своих товарищей, да диссиденты, идейные противники проекта.

А вот в цикле «Анабиоз» (2011), придуманном Сергеем Палием и Алексеем Гравицким, все человечество впадает в анабиоз без

подготовки — на тридцать лет. Очередной коллаيدر виноват. Здесь анабиоз — просто синоним еще одной большой катастрофы, прелюдия к постапокалиптическому миру. Интересен этот поворот темы только по сравнению с идеями наших космистов. Хорошо видно, как далеко и в каком направлении ушли искания улучшателей мира. Здесь «перезапуск» человечества не средство переноса героев в будущее или к звездам. Это как бы выброс истории вбок, от не слишком вдохновляющего российских фантастов столбового пути развития человечества к — возможно — более естественному с точки зрения фантастов ходу истории.

На пути ледяного сна возникают в высшей степени интересные ответвления и пересечения с другими фантастическими идеями. И уже не только в фантастике. Совсем недавно, 13 марта 2018 года, было объявлено, что двое американских ученых, Роберт Макинтайр и Джордж М. Фахи (стартап Nectome, <https://nectome.com/>), получили премию в 80 тысяч долларов «за сохранение мозга большого млекопитающего», присуждаемую Обществом сохранения мозга. Они сумели сначала заморозить мозг свиньи, а потом и человека с, по крайней мере, теоретической возможностью сохранения всех 150 триллионов его соединений. Целью этих экспериментов не является анабиоз в классическом понимании этого слова, никто не собирается оживлять замороженный таким путем орган. Но — теоретически, пока чисто теоретически — конфигурацию соединений нервных клеток в таком мозге можно проанализировать и перенести. В машину или в другой мозг. Исследования по анабиозу хоть и неспешно, но движутся вперед. Он по-прежнему остается заманчивой возможностью для преодоления космических расстояний, бездн времени и пространства. И возможно, когда-нибудь над анабиозными ваннами людей с Земли прозвучат слова, которыми будили пришельцев из далекой звездной системы 7327 после одиннадцатитысячелетнего сна в повести Георгия Гуревича «Прхождение Немезиды» (1957): «Проснитесь, спящие! Мы у цели!»

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**

21-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

КНІМІА

29.10–01.11.2018



Иновации
и современные
материалы



НЕФТЕГАЗОХИМИЯ



Startup ChemZone



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



Салон защиты
от коррозии «Коррус»



Реклама 12+



Организатор: АО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- 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»