



Ж

1

2016

НЗЖ И ВМХ







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,
Н.Л.Резник,
О.В.Рындина

Подписано в печать 15.12.2015

Адрес редакции
19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8
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.

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Жоса Де Мея «Узел и шар Эшера
с человеком Магритта в сконструирован-
ном ландшафте в цветах Дали».
Гениальные произведения бывают
причудливыми, и если темы нобелевских
исследований порой трудны для понима-
ния, то игнобелевские — просто
изумляют. Встречайте наши новую
рубрику «Мемуары Игнобеля».

*Тот думает о будущем,
кто вечером ставит тапки
носками от кровати.*

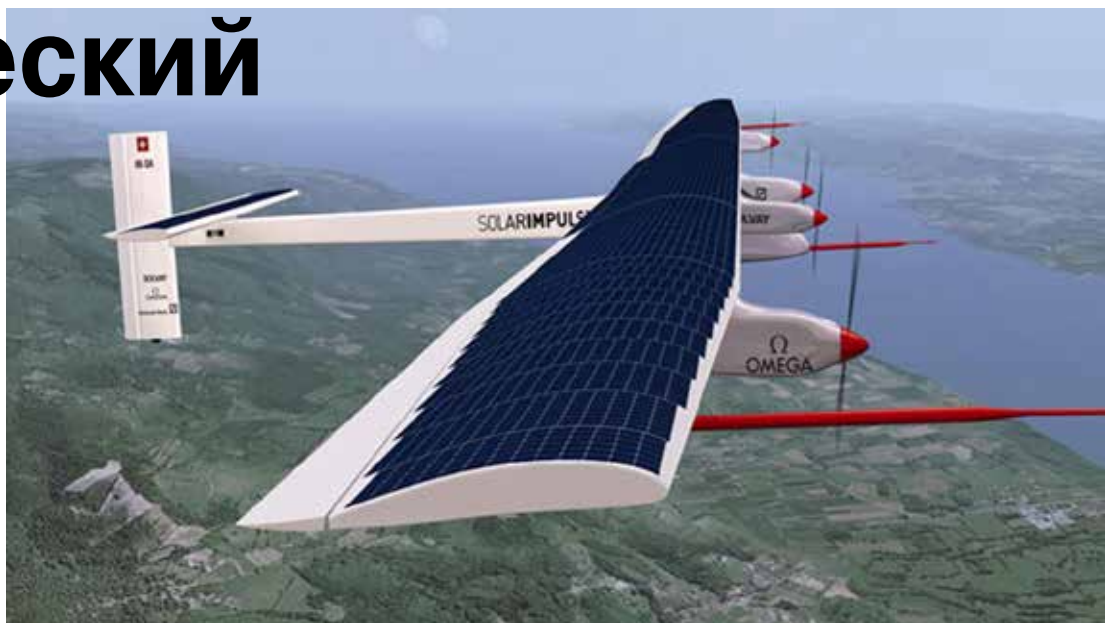
Михаил Диев

Содержание

Глубокий эконом ХИМИЧЕСКИЙ ОБГОН. С.Анофелес	2
Книги МАТЕМАТИКУ — В МАССЫ!	4
Архив ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ТЕХНИКА. А.Н.Крылов	5
Фотоинформация НА ПЫЛЬНЫХ ПРОСТОРАХ ПЛАНЕТ И КОМЕТ... С.М.Комаров	10
А почему бы и нет? СКОЛ И ЧЕРНАЯ ДЫРА. Ф.Манилов	12
Технологии НАНОТРУБКИ-РЕКОРДСМЕНЫ. Э.Г.Раков	14
Откуда твое имя? ИСТОРИЯ ХИМИИ С ГЕОГРАФИЕЙ. И.А.Леенсон	20
Элемент №... НИОБИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев	22
Нанофантастика ЭКЗАМЕН. Борис Пономарев	26
Мемуары Игнобеля ПОТНЫЙ ПАРАДОКС. С.М.Комаров	28
Проблемы и методы науки ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПРОКАЗЫ. С.А.Ястребов	30
Научный комментатор СТАТИНЫ И МЫШЦЫ. Н.Л.Резник	34
Дневник наблюдений ДЕМОКРАТИЯ ПАВИАНОВ. Н.Анина	36
Проблемы и методы науки ПОХВАЛА СТАРЫМ ДЕВАМ. Д.А.Жуков	38
Земля и ее обитатели ХИЩНЫЕ РАСТЕНИЯ НА ОХОТЕ И ЛОВЛЕ. Н.Л.Резник	42
Страницы истории ВРАЧ, ТЕОЛОГ И ФИЛОСОФ. В.А.Острогорская	46
Образование КАКИЕ СТЕРЕОТИПЫ ПРЕОДОЛЕВАЛ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВ? И.И.Гольдфаин	50
Что мы едим МАРЦИПАН. Н.Ручкина	52
Фантастика AB OVO. Денис Тихий, Ольга Рэйн	54
В погоне за точностью ПОСТОЯННАЯ, К КОТОРОЙ НЕ ИМЕЛ ОТНОШЕНИЯ АВОГАДРО. И.А.Леенсон.	64
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8
ИНФОРМАЦИЯ	19, 25
КНИГИ	27
КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ПИШУТ, ЧТО... ..	62
ПЕРЕПИСКА	64

Химический обгон

2015 год фактически стал годом химии. Об этом свидетельствует индекс инноваций, который уже пятый год создает агентство «Томсон Рейтерс», точнее, его специальное подразделение, где более четырех тысяч специалистов — инженеров, юристов, ученых — заняты сбором и обработкой информации в области интеллектуальной собственности и научных исследований. И впервые именно химические компании заняли так много мест в списке ста наиболее инновационных компаний мира: 12, а годом ранее было всего 6. Бывший лидер — промышленность полупроводников — отступил назад, вместо прошлогодних 21 компании стали те же 12. То же и в секторе компьютерного «железа» — 6 компаний вместо 13. На третьем месте теперь оказалась автомобильная промышленность (10 компаний), на четвертом фармацевтика (7 компаний).



Индекс инновационных компаний специалисты агентства рассчитывают, используя мировой патентный индекс DWPI. Его составляет британская компания «Derwent», анализируя патентную информацию полусотни стран, где существует соответствующая служба. Чтобы попасть в список инноваторов «Томсон Рейтерс», у компании должно быть не менее ста заявок на изобретение, поданных в последние пять лет. На втором этапе у отобранных компаний рассматривают соотношение общего числа заявок и тех, что прошли экспертизу и получили патентную защиту для

Шедевр химических технологий — солнечный самолет «Solar Impulse». В 2015 году он совершил 117-часовой беспосадочный перелет между Японией и Гавайями, доказав, что благодаря легким пластикам, эффективным солнечным элементам и надежным аккумуляторам можно летать бесконечно долго без доставки энергии с Земли

представленного изобретения. Третий критерий — участие в глобализации: эксперты проверяют, запатентованы ли изобретения не только в родной стране, но и за ее пределами; при этом учитывается патентование в КНР, США, ЕС и Японии. Четвертый критерий — значимость изобретения: как часто

Что делают лидеры

А что за химические компании оказались в списке лидеров 2015 года? «Mitsui Chemicals», «Nitto Denko», «Shin-Etsu Chemical», «Showa Denko», «Toray» (Япония), «3M Company», «Air Products», «Dow Chemical Company», «DuPont» (США), «Solvay» (Бельгия), «Arkema» (Франция), «BASF» (Германия). «Mitsui Chemicals»
Входит в состав группы компаний «Mitsui». Занимается производством конструкционных материалов, функциональных полимеров, а также нефтехимией и производством крупнотоннажных химических продуктов.

«Nitto Denko»

Начала свою деятельность в 1918 году с изготовления изоляции для проводов. Входит в группу «Mitsubishi». Делает прежде всего многочисленные пленки: изоляцию для проводов, мембраны для опреснения воды обратным осмосом, прозрачные электроды для интерактивных экранов, защитные пленки для автомобилей, пластиры для доставки лекарств через кожу, хирургические повязки.

«Shin-Etsu Chemical»

Крупнейшая химическая компания Японии, начала свою деятельность в 1928 году с производства азотных удобрений. Занята производством кремния, фотошаблонов, выпускает винилхлорид — сырье для производства ПВХ-пластиков. После по-

купки швейцарской компании «Clariant» «Shin-Etsu Chemical» стала еще и крупнейшим изготовителем метилцеллюлозы — из нее делают клей и загустители для множества продуктов, от красок до пищи.

«Showa Denko»

Начала с производства азотных удобрений в 1931 году. Работает в самых разных отраслях химии: в нефтехимии, производстве алюминия, выпуске электроники, производстве промышленных газов, агрохимии, изготовлении керамики и графитовых электродов.

«Toray»

Создана в 1931 году. Выпускает полимерные пленки и синтетические волокна, углеродные волокна и ткани, оптоволокно, компоненты электро-

ники, мембраны для очистки воды, жидкокристаллические экраны, стройматериалы, а также малотоннажные продукты для фармацевтов, агрономов и ветеринаров.

«3M Company»

В 1902 году начала с изготовления шкурки и других абразивов, изобрела множество полезных вещей. Это и скотч, и клейкие листочки бумаги для записей, а также магнитная лента для звукозаписи, цветной копировальный аппарат, диапроектор, легкая ткань для теплой одежды «Thinsulate» и многое другое. Согласно базовому принципу деятельности компании, не менее 30% дохода должно поступать от продажи продуктов, разработанных в последние четыре года.

«Air Products».

Создана в 1940 году. За-

на него ссылаются при подаче других заявок.

Интересно, что такая оценка инновационности прямо связана с экономическим успехом. Так, у вошедших в список 2015 года компаний ежегодный прирост доходов оказался на 6,01 процентного пункта выше, а показатель занятости рабочих — на 4,09 пункта, чем в среднем по мировой экономике, что можно рассчитать из биржевого индекса агентства «Моргана-Стенли» — мировой индекс MSCI. Но эта прибавка дается недаром: расходы на исследования и разработки у таких компаний выше на 1,86 процентного пункта, чем в среднем.

Распределение по странам показывает серьезный перевес Японии и США — им принадлежат 40 и 35 компаний соответственно. На третьем месте Франция с 10 компаниями, затем Германия с четырьмя и Южная Корея со Швейцарией — по три компании. Отсутствие в этом списке нынешней мастерской мира, КНР, связано с тем, что патенты в этой стране обслуживают по большей части внутреннее производство и мало использованы для защиты изобретений на внешнем рынке. Отсутствие же прежней мастерской мира — Великобритании — авторы индекса объясняют тем, что на исследования и разработки

там идет лишь 1,63% ВВП, а чтобы оказаться в списке ста, надо никак не меньше 2%. Это подтверждают данные по странам-лидерам: 2,73% в США, 2,23% во Франции, 2,85% в Германии и 3,47% в Японии. Про РФ авторы индекса скромно умалчивают, хотя при его составлении данные патентных ведомств СССР и РФ вполне учитываются.

Какие же тенденции можно отследить, глядя на изменения индекса? Самый большой прирост получили три сектора: химическая, нефтегазовая промышленность и средства поиска в Интернете. Значительный рост числа инноваций в химии вызван тем, что

она продолжает играть важнейшую роль в экономике. Сейчас основные направления развития — разработка лекарств, пищевая и сельскохозяйственная

химия, а также создание промышленных растворителей. Причина роста в нефтегазовой отрасли — появление новых методов добычи и совершенствование технологий гидроразрыва пластов для добычи сланцевой нефти и газа. Рост же числа патентов в секторе поиска и обработки данных обусловлен тем, что занятые в этой сфере компании начали осваивать смежные области — вот им и понадобилась дополнительная патентная защита.

Химические компании в 2015 году оказались самыми инновационными, догнав прошлогоднего лидера мирового рейтинга — полупроводниковую промышленность.



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

Интересные события происходят в автомобильной промышленности. По мере изменения конструкции автомобилей, их компьютеризации, выход на рынок электромобилей и роботов меняется состав участников: среди лидеров по патентованию инноваций рядом со старыми гигантами отрасли появляются новые, занятые производством не машин, а важных комплектующих.

Значительную долю фармацевтического рынка до недавнего времени занимали немногие массовые лекарства с большими объемами продаж, и это несколько замедлило патентование инноваций. Однако из-за наметившегося перехода к персональной медицине исследователи защищают патентами все новые и новые мишени для действующих веществ, чем и объясняется восстановление потока инноваций в этой отрасли.

С.Анофелес

нимается производством и поставкой промышленных газов, а также оборудования для их сжижения.

«Dow Chemical Company»

В 1897 году была создана для производства отбеливателя и бромида калия — тогда его использовали как успокаивающее средство. Теперь это крупнейшая химическая компания, которая в 30-е годы начала выпуск резины и пластмасс, чем занимается и до сих пор. Помимо этого, она выпускает различные бытовые, сельскохозяйственные, медицинские и промышленные химикаты, в том числе военного назначения. Например, дефолиант «Эйджент Оранж», который американцы использовали во время войны во Вьетнаме, производили на заводах этой компании.

«DuPont»

Основана в 1802 году для производства пороха. Теперь это многопрофильная химическая компания, работающая в широчайшем поле от нефтегазохимии, электроники, красок, строительных материалов до производства трансгенных семян и средств защиты растений. Именно специалисты этой компании изобрели и вывели на рынок такие замечательные материалы, как нейлон, синтетический каучук неопрен, неподгорающий тефлон, пуленепробиваемый кевлар, облегчающая тело лайкра, фреоны для охлаждения и дышащие мембраны тайвек для строительства.

«Solvay»

Основана Эрнестом Сольве в 1863 году для реализации

запатентованного им способа получения пищевой соды. Затем компания занялась производством химикатов и пластиков. Теперь работает по четверем производственным направлениям — бытовая химия, продукция тонкого химического синтеза, конструкционные материалы, функциональные полимерные материалы. Активно участвует в создании устройств альтернативной энергетики, например, довела до внедрения на рынок мембраны для водородных топливных элементов. Участвует в проекте создания солнечного самолета «Solar Impulse».

«Arkema»

В 2004 году была выделена из нефтяного концерна «Total». Занята производством многих химических веществ.

В числе ее продуктов — акриловое стекло для мебели, перекись водорода, тиохимикаты для питания животных и изготовления дезодорантов, фторхимикаты для охлаждающих жидкостей в холодильниках, фторполимеры, специальные полиамиды, а также полимерные покрытия для самых разных отраслей хозяйства.

«BASF»

Ведет свое происхождение от основанной в 1865 году Баденской фабрики по производству анилина и соды. Ныне крупнейший в мире концерн, выпускающий более семи тысяч наименований продукции, которая требуется там, где без химии не обойтись.

Математику — в массы!

Премия «Просветитель» в 2015 году в номинации «Естественные и точные науки» присудили сборнику «Математическая составляющая». Его подготовили Н.Н. Андреев, С.П. Коновалов и Н.М. Панюнин из лаборатории популяризации и пропаганды математики Математического института им. В.А. Стеклова РАН. Ученый совет института рекомендовал включить книгу в список важнейших достижений российских ученых в области математики за 2015 год.

Красивые фразы о том, что математика — язык науки и без нее не было бы у нас ничего из того, что называется «цивилизацией технологического типа», произносятся часто. Однако далеко не каждый понимает, какова роль математики в создании тех предметов, что окружают нас в повседневной жизни. Книга «Математическая составляющая» заполняет этот пробел, рассказывая читателю множество интересных коротких историй о математике и жизни. Почему поезд, совершая поворот, не сходит с рельсов, хотя пути колес у него разные, а колеса жестко сцеплены? Из каких

соображений взяты размеры листа бумаги формата А4? Как связаны общая теория относительности и системы глобального позиционирования вроде ГЛОНАСС? Где надо установить ультразвуковой излучатель, чтобы раздробить камень в почке пациента? Почему антенна приемника спутникового телевидения имеет форму параболы? Как Шухов сумел построить округлую Шуховскую башню из прямых швеллеров? Из каких элементов на луноходе собрать зеркало, в которое можно попасть лучом света с Земли, а потом поймать отражение и для чего это нужно? Может ли кожа занимать половину объема апельсина? Это — лишь малая часть вопросов, ответы на которые даны в книге.

Яркий пример хитроумия математиков — замечательный инструмент штангенциркуль. Казалось бы, на нем нанесены те

же самые миллиметровые деления, что и на обычной линейке, стало быть, измерять можно лишь с точностью до полумиллиметра. На самом деле его точность гораздо выше благодаря специальной шкале, предложенной португальцем Педру Нунешем в XVI веке, — по его имени она названа нониусом. Она нанесена на передвигающейся губке штангенциркуля, состоит из десяти делений, а ее длина совпадает с длиной 19 делений на основной линейке. Теперь следим за руками, точнее, за фото-



графией. При измерении первое деление нониуса немного зашло за 37 мм, а его четвертое деление почти точно совпало с делением 45 мм. Можно написать, что 45 мм — это $37 + 4 \cdot 19/10 + x$, где x — то самое расстояние, на которое первое деление зашло за 37 мм. Отсюда выходит, что x — это $4 \cdot 0,1$ мм, то есть точность 100 мкм. А при соотношении $39/20$ точность возросла бы до 50 мкм! Благодаря своей простоте и точности штангенциркуль с начала машиностроения и по сей день — важнейший инструмент инженера.

Расчет календаря — дело важное для всего человечества и каждого его представителя. Солнечный тропический год сейчас длится 365 дней 5 часов 48 минут 45,2 секунды, или 365,2422 суток. Как попроще это выразить, чтобы год состоял из целого числа дней и в то же время учитывать дробный остаток? А учитывать его надо, иначе весь календарь станет сдвигаться и в конце концов какой-нибудь зимний праздник окажется летом. Для такого учета нужно вводить дополнительные дни. Впервые это придумал александрийский астроном Созиген, а на практике применил Гай Юлий Цезарь. Но юлианский год с високосным месяцем раз в четыре года оказывается длиннее тропического на 11 минут и 15 секунд. Спустя полтора тысячелетия накопилась ошибка, ее устранил папа Григорий XIII, введя



Купить книгу можно на сайте
<http://book.etudes.ru>



КНИГИ

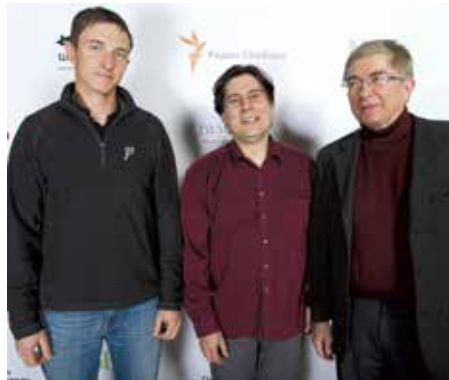
в 1582 году новый календарь с изъятием високосного года раз в сто лет (кроме тех годов, что делятся на 400). Он длиннее тропического лишь на 27 секунд.

Как придумать более совершенный календарь? Для этого надо применить математический аппарат под названием «цепные дроби», а именно представить дробную часть продолжительности года в виде последовательности дробей со знаменателями из натуральных чисел, выбранных по определенному правилу. Так, юлианский год дается формулой $365 + 1/4$. Следующим будет календарь $365 + 1/(4 + 1/7)$, или $365 + 7/29$ — семь високосных лет на каждые 29, его точность 1 минута 10 секунд. За ним $365 + 8/33$ — на 20 секунд, лучше, чем григорианский календарь. Его предлагал еще Омар Хайям, но не был услышан. Предположительно, Григорий XIII не взял календарь Хайяма потому, что работал по кастильским таблицам, составленным в 1251 году, а там длина года была на 30 секунд больше, чем теперь. С тем, кастильским, расчетом григорианский календарь — его можно выразить как $365 + 97/400$ — отлично совпадает: точность 4 секунды. Наиболее точным считают календарь $365 + 31/128$ — отличие от тропического года лишь на одну секунду. Его в 1864 году предложил немецкий астроном Иоганн Генрих фон Медлер.

А вот задача из повседневной жизни, особенно актуальная при отмечании Нового года: как заполнить наполовину конический бокал? Ответ: «Так, чтобы жидкость достигла середины высоты», естественно, неверен: в этом случае будет заполнено лишь $1/8$ часть объема бокала. Половина объема получится, если бокал заполнить примерно на $4/5$ высоты! Соответственно если отпить из полного бокала столько, что высота жидкости понизится всего на $1/5$, — выпита будет половина. И это не зависит от того, как широко раскрыт конус бокала.

Всего же в книге собрано несколько десятков интересных и остроумных проявлений математического знания в повседневной жизни.

С.М. Комаров



Н.М. Панюнин, Н.Н. Андреев, С.П. Коновалов

Прикладная математика и техника

А.Н.Крылов



АРХИВ



Собрание трудов академика А.Н.Крылова. Т. I. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Ч 2. С. 20—30.

А о том, как математика из абстрактного знания стала инструментом ученого и инженера, отлично рассказал на Чрезвычайной сессии АН СССР 21 июня 1931 года академик Алексей Николаевич Крылов (1863—1945); текст выступления которого завершает книгу «Математическая составляющая». Расскажем немного об этом выдающемся математике.

Его отец Николай Александрович, артиллерийский офицер, участник Крымской и Кавказской войн, после отставки поселился в своем имении в нынешней Чувашии. Мать, Софья Викторовна, принадлежала к тому же роду Ляпуновых, из которого вышли два великих математика — Александр Михайлович и Алексей Андреевич. В 1884 году Крылов с отличием окончил Морское училище и связал свою жизнь с кораблестроением. Работая в компасной мастерской, он разработал теорию расчета девиации (отклонений) компаса, вызванной такими факторами, как металлические детали корабля или качка, за что много позже, в 1941 году, ему присудили Сталинскую премию. А больше всего Крылов прославился теорией качки корабля, которая позволила предложить и поныне применяемые методы ее демпфирования. Совместно с адмиралом С.О.Макаровым, героем обороны Порт-Артура, он создал теорию плавучести и непотопляемости судов. Крылову принадлежат и теория вибрации судов, и важные работы по теории гироскопов, и многое другое.

В 1904 году он построил первую машин для интегрирования дифференциальных уравнений. В 1908 году — стал главным инспектором кораблестроения. В 1914 году Крылова избрали членом-корреспондентом Санкт-Петербургской академии наук, спустя два года — действительным членом. Революция застала Крылова в должности руководителя Русского общества пароходства и торговли. Он передал все суда Советской власти и вскоре, в 1919 году, стал начальником Морской академии, а в 1928-м — директором Физико-математического института АН СССР. Дочь Анна вышла замуж за П.Л.Капицу, а сыновья Николай и Алексей погибли во время Гражданской войны, сражаясь на стороне белых.

<...> С глубочайшей древности идет тот разлад между «техникой» и «математикой», который не исчез и поныне.

Математика как наука стала развиваться в школах древнегреческих философов лет за 400 до нашей эры и там получила особый отпечаток — она стала одной из главных составных частей философии, как образец точных умозаключений и точных способов получения непреложных сложнейших выводов из самых простых самоочевидных предпосылок, полагаемых в основание.

Получилась наука, в которой все было абсолютно точно, все выводы которой были связаны в одну непрерывную логическую цепь строгими доказательствами, а на эту науку оперировала над предметами идеализированными, так сказать воображаемыми, например: точка, прямая, плоскость и т. п. Свойства их устанавливались строго логическими рассуждениями чисто умозрительно, всякое свидетельство чувств, всякий опыт или наблюдение отвергались бесповоротно и в рассуждение безусловно не допускались.

Отсюда ясна самая сущность разлада между математикой и техникой — в технике все основано не на чистом умозрении и отвлеченной логике, а на свидетельстве чувств: техник должен видеть, слышать, осязать, нюхать, пробовать на язык, он должен развивать все свои чувства и верить им. Для него достаточно доказательство, математиком не признаваемое: надо то-то и то-то делать так-то и так-то, потому что если так делать, то получалось и получится хорошее изделие: поступи иначе — или ничего не получишь, или получишь дрянь; попробуй, и убедишься.

<...> Наконец, наступил XVII век, Галилей был в расцвете своего гения, появились Декарт, Кеплер, Гюйгенс, Ньютон, Лейбниц. Зародилась новая наука механика как наука о дви-

жении и силах, и к созданному Архимедом еще за 250 лет до нашей эры учению о равновесии сил параллельных, к учению о центре тяжести прибавилось учение совершенно новое, шедшее вразрез с воззрениями Аристотеля. Новые вопросы потребовали и новых методов для своего решения; в математике открывается исчисление бесконечно малых или дифференциальное и интегральное исчисление, древним неизвестное.

В последней четверти этого XVII века Ньютон кладет основание механике не только как науке математической, но вместе с тем и как науке естественной, прикладной. Механика в его руках почерпает свои начала из опыта и наблюдения, результаты коих сведены им в три основных закона, или аксиомы, движения; математические выводы из этих законов проверяются опять-таки опытом и наблюдениями и служат им неопроверженным подтверждением. Ньютон свои выводы прилагает сперва главным образом к изучению движения небесных тел.

С Галилея, Ньютона и Гюйгенса берет свое начало не только механика, но и новая физика, которая стремится «по наблюдаемым явлениям найти силы природы, а затем по силам предугадывать новые явления».

В XVIII столетии мы имеем гении братьев Бернулли, Эйлера, Лагранжа, Лапласа, которые, развивая созданные Ньютоном и Лейбницем новые методы математики, начинают применять их не только к изучению движения небесных светил, но и к изучению явлений земных.

Эйлер творит во всех областях математики, но при этом не пренебрегает и приложениями; так, в 1749 году он издает двухтомное сочинение «Scientia Navalis» — «Морская наука»,

содержащее учение о мореходных качествах корабля. Дает теорию гидравлических турбин, определяет, какое необходимо придавать очертание зубцам зубчатых колес, издает в трех томах «Диоптрику», где устанавливает способы расчета оптических стекол для телескопов и микроскопов. <...>

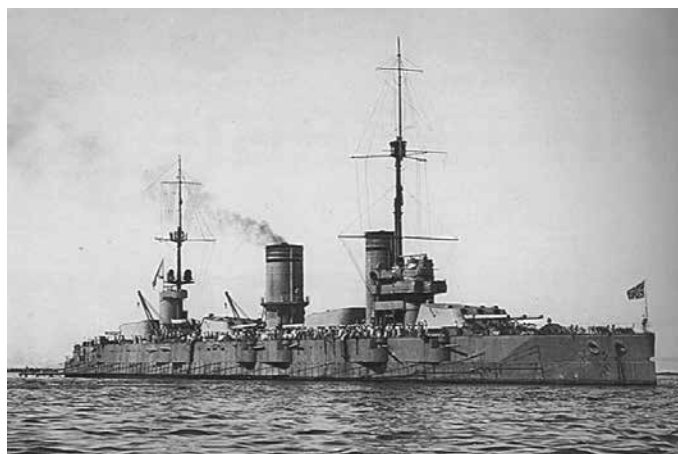
Авторитет Эйлера заставил парижскую Академию наук обратить внимание на кораблестроение как одну из областей, где приложение математики к изучению мореходных качеств корабля представляется плодотворным и желательным. В течение примерно 25 лет вопросы о корабле предлагаются Академией как темы на премиальные работы. В конкурсах принимают участие выдающиеся ученые и математики того времени. Практические результаты не заставили себя долго ждать — к 1750-м годам военный парусный корабль получил ту форму и развитие, которые он сохранил почти без изменений сто лет, то есть до 1850-х годов, когда ему на смену пришли паровые суда, а затем и броненосцы.

В 1770-х годах Уатт изобрел паровую машину с отдельным котлом, холодильником, золотником и прочим. Зародилась новая отрасль промышленности — машиностроение, где, подобно тому как в кораблестроении, простой глазомер также был недостаточен, надо было производить расчет как основных размеров машины, так и частей ее, чтобы придать им надлежащую прочность без излишней затраты материала. Математика стала постепенно проникать в технику.

Декретом Конвента от 7 вандемира III года Республики единой и неделимой, то есть 29 сентября 1794 года, в Париже основывается Центральная школа общественных работ, которая через 11 месяцев декретом 15 фруктидора того же III года, то есть 2 сентября 1795 года, переименовывается в Политехническую школу, в связи с которой образуются девять артиллерийских училищ, из них восемь полковых и одно высшее, «впредь до заключения мира», как сказано в декрете; существует же оно и поныне; и, кроме того, училища: военно-инженерное, путей сообщения, горное, топографическое, корабельных инженеров, навигационное (штурманское) и морское, то есть устанавливается полная система технического образования. <...> Питомцы школы быстро оправдывают себя на всех поприщах, и успехи наполеоновских войн обязаны не только едва грамотным храбрецам и героям Нею, Лефевру, Мюрату, на Бертье и Друо, и множеству инженеров, оставшихся вне вида их воинских подвигов, но строивших мосты, дороги, фабрики оружия и всякого рода снабжения, пороховые, пушечные, снарядные заводы. Про Друо, ставшего вскоре начальником артиллерии наполеоновских армий, Лаплас говорил, что за всю свою долголетнюю деятельность в качестве экзаменатора наилучшие ответы он получил от Друо. С уверенностью можно сказать, что Лаплас пустяков не спрашивал.

Сознание пользы широкого математического образования для инженеров любой специальности начинает укореняться...

Наряду с каменными мостами потребовались мосты желез-



Первый фрегат-дредноут серии «Севастополь» создан под руководством А.Н.Крылова

ные, потребовались обширные вокзалы в главных городах, для этих вокзалов специальные устройства крыш, стропил для них и вообще целый ряд железных конструкций, — опять оказалось, что глазомер недостаточен — нужен точный расчет — математика начинает проникать в технику строительного дела.

Вместе с тем машиностроение и строительное дело предъявляют свои требования к математике и особенно к механике, которая и развивается в смысле ее приложений к теории механизмов и к теории сооружений и расчетов их; одновременно развивается намеченное еще Галилеем учение о сопротивлении материалов и создается новая область — теория упругости, требующая для решения своих задач и новых математических средств.

<...> Первая четверть XIX века дает много примеров развития таких методов применения математики к вопросам физики, особенно в трудах Пуассона, Коши и англичанина Грина.

Упомянув Пуассона, я приведу типичный пример того, как одна его, казалось бы, чисто теоретическая работа через 40 лет послужила основой для важного практического применения, в громадной мере способствовавшего безопасности мореплавания.

В 1824 году в своих обширных работах по математической теории магнетизма Пуассон дал общие уравнения равновесия компасной стрелки на корабле, принимая в расчет возмущающее влияние на компас железа, входящего в состав крепления и вооружения корабля. Уравнения эти заключали 12 постоянных коэффициентов для данного корабля, для определения которых Пуассон не указал никаких практических методов, ограничившись лишь чисто теоретической частью.

Для физиков эти уравнения интереса не представляли, для моряков были и недоступны, и непонятны; так и оставались они как бы под спудом в одной из 400 статей этого знаменитого и плодовитого автора. Лишь астроном Эри, воспользовавшись соображениями Пуассона, показал простой способ, размещая около компаса определенным образом магнит и бруски железа, производить на компас действие, обратное влиянию судового железа, или, как говорят, уничтожать девиацию компаса. Но девиация, уничтоженная в одном месте, появлялась вновь при переходе корабля в другие области.

Во времена Пуассона, умершего в 1841 году, корабли были деревянные, железа на них было сравнительно мало, влияние его невелико, погрешности компаса поглощались другими погрешностями при плавании под парусами.

Но с середины 1840-х годов начали развиваться железное судостроение и паровые суда, установились срочные регулярные на них за океанские сообщения, быстро развивающиеся, и вот в 1862 году на протяжении месяца гибнут одно за другим у берегов Ирландии два больших пассажирских

Интересная мысль А.Н.Крылова: «...Школа не может давать вполне законченного знания, ее цель дать основы знания, дать общее развитие... по словам великого математика Вейерштрасса в его речи при вступлении в должность ректора Берлинского университета, главная задача школы научить учиться, и тот, кто в школе научился учиться, для того практическая деятельность всю его жизнь будет наилучшей школой».

ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

парохода, державших сообщение с Америкой, причем на каждом кроме ценного груза гибнет по несколько сот человек.

Произведенное следствие обнаружило, что одной из главных причин гибели была погрешность в показаниях компаса, вследствие которой корабль шел по ложному курсу. Общественное мнение Англии встревожилось, по требованию парламента Адмиралтейством был образован компасный комитет, в него вошли математик Арчибальд Смит, астроном Эри и капитан Эванс.

Вспомнили об уравнениях Пуассона, привели их простым преобразованием к удобному использованию — одним словом, издали практическое адмиралтейское руководство по девиации компаса, вполне доступное любому образованному моряку.

В это время в Англии строился наш первый броненосец — броненосная батарея «Первенец» — командовал ею капитан-лейтенант И.П.Белавенец, который проникся важностью учения о девиации компаса для мореплавания, особенно ввиду начинавшейся тогда у нас постройки броненосных военных судов взамен отживших свой век деревянных кораблей. По его представлению в Кронштадте была основана Компасная обсерватория и в нее определен помощником Белавенца моряк — превосходный математик — И.П.де-Колонг.

Коллонг вскоре значительно подвинул теорию девиации компасов, воспользовавшись свойством одной кривой, открытой еще в 1640-х годах Паскалем и называемой «улиткою Паскаля». Затем Коллонг продолжал непрестанно работать по компасному делу, изобрел ряд приборов для измерения магнитных сил и уничтожения девиации, усовершенствовал компас, и начиная с 1880 года на всех наших судах были приняты компасы его системы, до сих пор остающиеся лучшими в мире.

На этом типичном примере особенно ясно видны воздействие и проникновение в технику и практику отвлеченной теоретической работы. Знаменитый автор дает теоретическое обоснование, но не вдается в подробности и детали, затем знающие специалисты, достаточно подготовленные, разбираются в его теории, придают ей практическую, применимую форму и вносят ее результаты в жизнь, в обиход, в технику. Я потому привел этот пример, что в нем весь процесс закончился в сравнительно короткое время, и потому, что дело это мне хорошо известно, так как с 1884 года я в течение нескольких лет работал как ближайший помощник и ученик И.П.де-Колонга, теорию девиации компаса и практику ее уничтожения и определения изучил тогда основательно, так что и сам внес кое-что новое в это дело, пока не перешел на более крупное — на кораблестроение.

Другой пример. Знаменитый астроном и математик Гаусс в 1833 году устанавливает так называемую систему абсолютных мер и тем подчиняет точному, определенному, независимому от прибора и наблюдателя измерению явления магнетизма и электричества, тогда представлявших лишь чисто научный интерес. Но вот проходит 45 лет, зарождается новая техническая область электротехника, электрические измерения приобретают важное практическое значение, проходит еще 45 лет, и в любом городе, а скоро и в любой деревне не найдется дома, где не стоял бы счетчик электрической энергии.

Конечно, не Гаусс делал эти счетчики, вероятно, он и не помышлял о них, но основа положена его гением.

Тот же Гаусс в 1822 году, отвечая на вопрос о построении сети географических карт, поставленный на премию датской Академией наук, дал общее его решение, и вот через 90 лет оказалось, что к совершенно подобному вопросу приводит изучение движения жидкости при обтекании тела или воздуха при обтекании крыла аэроплана...

<...>Таких аналогий между вопросами совершенно разных областей, но приводящих к одинаковому дифференциальным уравнениям, можно привести множество. Казалось бы, что



АРХИВ

может быть общего между расчетами движения небесных светил под действием притяжения к Солнцу и между собою и качкою корабля на волнении или между определением так называемых вековых неравенств в движении небесных тел и крупнейшими колебаниями валов многоцилиндрового двигателя дизеля, работающего на корабельный винт или на электрогенератор. Между тем если написать только формулы и уравнения без слов, то нельзя отличить, какой из этих вопросов решается, — уравнения одни и те же. Вот почему инженер должен владеть общими математическими методами, приложенными к решению множества задач, тогда только он сможет решать действительно новые вопросы по своей специальности.

В настоящее время математика настолько проникла в технику всех отраслей строительного дела, всех отраслей машиностроения, кораблестроения, построения летательных аппаратов, артиллерийского дела, электротехники, оптики и прочего, что нельзя себе и вообразить ни одного сооружения, которое не было бы предварительно рассчитано.

<...> Приведенными примерами значение приложений математики для техники в достаточной мере выяснено, но математика продолжает развиваться и сама по себе по тому пути, начало которого было для нее проложено древнегреческими философами, то есть чистое умозрение, чистая логика в применении к отвлеченным объектам, ею самою создаваемым, свойства которых и количественные соотношения между которыми она и изучает, стремясь прежде всего к абсолютной строгости и непреложности своих рассуждений и доказательств. По этому пути математика развивается за последние 50 или 60 лет гораздо больше, нежели по пути, проложенному работами Коши и Пуассона 100 лет тому назад.

Отсюда опять происходит кажущийся разлад между математикой и техникой. Математика не дает технику то, что ему нужно, но часто это происходит потому, что техник не там ищет ответ на свои запросы, где этот ответ в скрытом виде находится.

Отсюда естественно поставить такой вопрос: как же делать технику выбор в том беспредельном материале, который ему математика открывает?

Наиболее простой ответ получится, если несколько вникнуть в вопрос.

Во всяком техническом деле важен не тот логический процесс, который привел к какому-либо заключению или результату, а важно самое заключение или самый результат и притом выраженный «числом и мерою». Поэтому все, что математика дает в смысле составления уравнений, их решения и притом доведенного до конца, упрощения вычислений, применения приближенных методов решения математических вопросов, — все это техника рано или поздно использует и применит часто в вопросе, казалось бы, ничего общего не имеющем с тем, для решения которого тот или иной метод был первоначально развит. <...>



Уголь плодородия

Добавки угля помогают сохранять влагу и питательные вещества в бедных почвах.

Агентство
«Alpha Galileo»,
15 октября 2015 года

Борьба с парниковым эффектом подразумевает изъятие углекислого газа из атмосферы и его захоронение. Для этого есть разные способы, например, растения используют фотосинтез. Однако как только растение погибает, оно начинает разлагаться, возвращая CO_2 в атмосферу. Этот процесс можно существенно замедлить, если перевести запасенный углерод в слабоусваиваемую форму — скажем, делать из дерева мебель или строительные конструкции, в которых дерево сохраняется десятки, а то и сотни лет. Другой вариант — сжечь биомассу с недостатком кислорода, тогда она превратится в уголь (а не в тот же CO_2 , как при обычном горении). Для этого годятся слабогниющие отходы вроде шелухи от зерен, скорлупы орехов или початков кукурузы, ведь из хорошо гниющих лучше делать удобрения.

Именно такие отходы предлагают превращать в уголь исследователи из Рурского университета в Бохуме во главе с доктором Фольгером Хаарингом. Правда, заботятся они не о немецких фермерах, а об их коллегах из Западной Африки: почвы там бедные, песчаные, воды мало, а отходов много.

Опыты показали, что добавка угля к почве не только позволяет надолго изымать углерод из обращения. Уголь разрыхляет почву, накапливает воду и адсорбирует питательные вещества, обеспечивая их равномерное выделение. Для засушливой Африки такое средство регулирования влажности почвы — настоящая находка. На экспериментальной делянке кочаны салата выросли гораздо крупнее. Сейчас доктор Хааринг с коллегами намерен снабдить участвующих в проекте фермеров печками для получения угля из рисовой шелухи или кукурузных початков и таким образом провести широкомасштабный эксперимент по выяснению влияния угля на плодородие.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Доход от веток

Перерабатывая ветки на лесосеке, можно сделать лесное хозяйство более рентабельным.

Агентство
«NewsWise»,
12 октября 2015 года

Если оставить на лесосеке без присмотра щепки, ветки и пеньки, то могут размножиться вредные насекомые, а то и пожар вспыхнет. Кроме того, не расчистив лесосеку, промышленник не может приступить к посадке нового леса. В общем, все это не просто отходы, а сплошные убытки для человека (правда, для лесных обитателей древесный мусор — это и кров, и стол). Вывозить же ветки на переработку крайне невыгодно.

Лесоводы из отделения Калифорнийского университета в графстве Гумбольдт во главе с профессором Хан Хан-Супром и коллегами еще из 15 исследовательских организаций начали проект по существенному расширению использования такой биомассы в энергетике. Проект поддержало Минэнерго США.

По мнению Хана, для улучшения ситуации нужно устраивать мобильные производства по переработке веток и прочих отходов непосредственно на лесосеке. Получать на них можно продукцию стоимостью от 150 до 2000 долларов за тонну, что покрывает расходы на сбор веток и перевозку, которые оценивают в 50–60 долларов за тонну. Перспективными Хан считает изготовление биоугля за счет пиролиза срубленных веток, изготовление топливных гранул — пеллет и брикетов. Уголь, как нетрудно догадаться, пойдет на улучшение структуры почвы — если его сжечь, это приведет к выбросам углекислого газа.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Водородный пузырь

Дрожжи могут делать полимер, не пропускающий водород.

Агентство
«NewsWise»,
10 ноября 2015 года

Материаловеды не любят водород: этому газу даже стальные стенки не преграда. Более того, попав в металл, он проявляет свой злобный характер: путешествует в виде отдельных протонов, которые, попав в любую несплошность, могут слиться в молекулу. Молекула из несплошности никуда уже не уйдет, и это путь к так называемому водородному охрупчиванию. В общем, хранить водород трудно. А для водородной энергетики как раз нужно получать, хранить и перевозить большие объемы водорода. Не исключено, что полимер, который совсем не пропускает водород, поможет решить эту важную задачу.

В 2007 году Дэвид Джонсон, тогда аспирант университета Нью-Мексико, изучал микроорганизмы, производящие водород. По ходу работы он обнаружил в образцах какие-то странные пузырьки белого цвета. Заинтересовавшись, Джонсон отдал их на анализ, и оказалось, что внутри пузырьков находится водород, причем он никуда из них не улетает. В тот раз исследователю не удалось выяснить, кто же делает водородные пузырьки и зачем.

В 2009 году в рамках специальной программы университета по развитию поисковых исследований он познакомился с микробиологом Майклом Таунсендом. Тот прочитал диссертацию Джонсона, воспроизвел его результаты и нашел, что этот биополимер делают дрожжи при определенном сочетании концентрации сахара, кислотности и температуры. После этого их работой заинтересовался директор программы по защите интеллектуальной собственности и внедрению Терри Ломбард. Он помог запатентовать новый полимер, названный гидромером, и теперь ищет партнеров, чтобы организовать производство покрытий для сосудов, содержащих водород. Как знать, может быть, именно дрожжи могут человечеству получить легкодоступную энергию.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Солнечный тандем

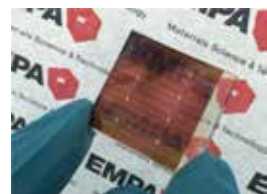
Двухслойный солнечный элемент сможет превратить в электричество до 30% энергии солнечного света.

«Nature Communications»,
2015, 6, 8932;
doi: 10.1038/ncomms9932

Гибким солнечным элементам не нужны дорогие подложки из кремниевых кристаллов — их печатают на пластиковой пленке или металлической фольге. Цена оказывается ниже, а область применения — из-за гибкости — больше. Однако эффективность таких батарей едва достигает 10% — маловато по сравнению с 25%, которые надежно выдают серийно изготавливаемые кремниевые элементы. Исследователи из международного центра EMPA со штаб-квартирой в Швейцарии попробовали поднять эффективность за счет применения двухслойного покрытия для поглощения света.

Возможности полупроводника преобразовывать свет в электричество ограничиваются шириной его запрещенной зоны. Если энергия кванта света меньше, тока не будет. Если больше — лишняя энергия уйдет в тепло. Поймав более энергичные фиолетово-желтые кванты одним слоем, а менее энергичные красные и инфракрасные — другим, как раз и удастся более полно утилизировать свет солнца.

Инженеры EMPA для ловли фиолетово-желтых квантов синтезировали тонкий слой метиламмония иодида свинца в виде мелких кристаллов с решеткой перовскита. Перовскиты давно привлекают внимание солнечных энергетиков, однако из-за того, что их кристаллы растут плохо, добиться результата, который позволил бы задуматься о внедрении в производство, никак не удавалось. Теперь же помог промежуточный органический слой, построенный на основе фуллеренов C_{60} . Слой перовскита на нем получился не только прочным и гибким, но и прозрачным, пропускающим красную часть спектра. Ее утилизирует второй слой полупроводника — медь-индий-галлиевый диселенид; лучший образец показал эффективность 20,5%. Теперь авторы работы во главе с Аёдхей Тиари предполагают усовершенствовать технологию и добиться тех 30% эффективности, которые следуют из расчета для таких солнечных элементов. Главная изюминка технологии — слой перовскита наносят при температуре всего 50°C, что и позволяет использовать органический промежуточный слой



Магнит и сверхпровод

Не всякую сверхпроводимость можно разрушить магнитным полем.

Агентство
«AlphaGalileo»,
12 ноября 2016 года
«Science»; doi:
10.1126/science.
aab2277

Магнитное поле из сверхпроводника выталкивается — на этом явлении основана соответствующая разновидность магнитной левитации. Однако сильное поле проникает в сверхпроводник, создавая в нем вихревые токи, так называемые вихри Абрикосова, за открытие которых переживавший в США бывший советский ученый получил в 2003 году Нобелевскую премию. Вихри разрушают электронные пары, и магнитное поле оказывается вторым ограничителем на использование сверхпроводящих материалов; первый — слишком большой ток.

Однако время идет, и появляются новые сверхпроводники. В частности, у дисульфида молибдена сверхпроводимость нашли совсем недавно: в 2012 году японцы добились эффекта на тонком слое этого вещества, а в марте 2015-го китайцы — на объемном образце, но при большом давлении. Температура перехода оказалась чуть больше 11 К. Обычно же, MoS_2 используют как компонент твердой смазки: подобно графиту, он легко разделяется на монокристаллические слои. Вот на таком двумерном объекте и проводила опыты в Неймегене международная группа исследователей. Почему именно там? А потому, что в неймегенской Лаборатории высоких магнитных полей есть уникальные установки с чрезвычайно сильными магнитами; именно здесь в 90-х годах Андрей Гейм, в будущем нобелевский лауреат за открытие графена, осуществил знаменитую левитацию лягушки за счет присущего всем живым существам диамагнетизма.

К пластинке дисульфида, находящегося в сверхпроводящем состоянии, приложили самое мощное поле — 37,5 теслы. Сверхпроводимость в образце не пропала. Более того, есть мнение, что и одна килотесла ему нипочем. Проверить это вряд ли возможно — таких сильных полей мы создавать еще не умеем. В любом случае теперь надо объяснить, что за сила удерживает электронные пары от разрушительного действия сильного поля. Не исключено, что объяснения помогут найти принципиально новые материалы.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Наблюдения за полем

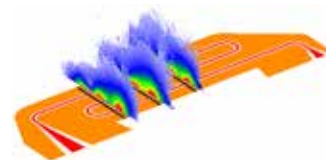
Созданы устройства для получения изображений микроволновых полей с разным разрешением

Агентство
«AlphaGalileo»,
10 ноября 2015 года

Свет мы видим невооруженным глазом, для инфракрасного и ультрафиолетового придумали неплохие детекторы. А как быть с микроволновым излучением? Работа с ним — важное направление современной техники. Это излучение применяют не только для разогрева пищи, но и для решения многих других задач: от передачи информации между компьютерами до выжигания злокачественных тканей без повреждения здоровых. Однако хороших средств визуализации таких волн до сих пор не было: в распоряжении инженеров имеются антенны, но их надо калибровать, да и нет уверенности, что сам прибор не вносит искажения в измеряемое поле.

Профессора Бернского университета Филипп Тройтляйн и Патрик Малетинский придумали сразу два метода. Тройтляйн использовал стеклянные ячейки, заполненные газом из атомов рубидия. От мощности поля зависит их спиновое состояние, которое можно измерить и превратить измерения в картинку: получается двумерное изображение, причем быстро, за несколько миллисекунд. Правда, разрешение не очень велико — микроны.

Малетинский строил в микроскопический кристалл алмаза атомы азота, при этом некоторые места в решетке алмаза оказались свободными — получились так называемые азотные центры вакансий. Скорость электрона (она тоже поддается измерению) в вакансиях зависит от силы поля. Перемещая алмазный детектор, можно изучить поле с разрешением в нанометры, однако занимает такое сканирование около часа. Сочетание же обоих методов позволяет неплохо изобразить невидимое.



В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Трюфельный лес

Грибы высаживают вместе с дубами.

Агентство
«AlphaGalileo»,
12 ноября 2015 года

Лесники из Страны басков придумали, как совместить приятное с полезным, а именно: восстановить леса и получать доходы от них. Для этого нужно выращивать саженцы дуба вместе с черными трюфелями. Эти дорогостоящие грибы живут в симбиозе с дубами. Поэтому для закладки трюфельовой плантации следует обработать корни молодого деревца спорами гриба, а затем подращивать его в теплице до тех пор, пока не придет время посадки на постоянное место. Спустя шесть — восемь лет вокруг корней вырастут трюфели, и можно будет приступать к сбору урожая.

Раньше считалось, что черному трюфелю подходят только корни падуболистного дуба. Однако исследователи из Баскского института сельскохозяйственных исследований и развития NEIKER-Tecnalia показали, что грибные плантации можно закладывать в местах произрастания белого дуба, а также португальского дуба. Это позволяет удвоить площади земель, пригодных для выращивания трюфелей, поскольку именно португальский дуб наиболее распространен в Стране басков. Крестьяне смогут разнообразить свою деятельность, а кроме того, станет выгодным восстанавливать леса именно за счет местных пород деревьев.



В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Плазменный ускоритель

Обработка семян плазмой ускоряет развитие растений.

Агентство
«NewsWise»,
21 октября 2015 года

Садоводы-огородники, да и сельхозпредприятия, зачастую практикуют своего рода домашнюю магию, например замачивают семена в сильно разбавленных растворах различных ускорителей развития, причем делают это с учетом фаз Луны. Считается, что подобная обработка не только улучшает прорастание (что неудивительно — на протравленных семенах меньше инфекций), но и приводит к отдаленным последствиям — улучшает количество и качество плодов. Теории, которая связывала бы сахаристость помидоров с капелькой активного раствора, добавленного в кувшин воды для замачивания семян на восходе Луны в Овне или Раке, нет, но считается, что способ работает. Исследователи же придумывают все новые магические методы.

Например, Кога Кацунори с коллегами из университета Кюсю изучали влияние плазмы на семена арабидопсиса. Плазму они получали в так называемом частичном разряде, когда один из электродов прикрыт диэлектриком. Напряжение разряда было 9,2 кВ, ток — 0,2 А, а получались в нем, помимо ионов и электронов, активные формы кислорода и азота. В поток такой плазмы семена клали на три минуты, а затем сеяли их в субстрат из минеральной ваты. И добились успеха: срок до сбора новых семян упал на 7%, с 71 до 66,5 дня, вес семян вырос на 12%, а размер первого листа оказался на треть больше. Кроме того, собранные семена содержали больше глюкозы. Обработка плазмой технически весьма проста, и, если она может принести столь значительные результаты, агрономам полезно бы задуматься над ее применением. Сам же Кога отмечает, что никаких мутаций у растений выявлено не было, а вот над ответом на вопрос, что за механизмы удалось разбудить такой обработкой, его группе предстоит серьезно поработать.

На пыльных просторах планет и комет...

Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

За полвека, прошедшие после выхода человечества в космос, люди посетили много миров. С помощью космических аппаратов мы увидели раскаленные Солнцем долины Меркурия, усеянные ударными кратерами (фото 1); кратеры на покрытой пылью поверхности Луны; очень похожие на них, но засыпанные красным песком кратеры на Марсе (фото 2). На Земле из космоса также видны кратеры, возникшие от удара метеоритов (фото 3). Европа продемонстрировала, что получается, когда метеорит пробивает ледяной панцирь, покрывающий океан жидкой воды: на поверхности вырастают ледяные пики (фото 4).

Разглядывая Деймос (фото 5), мы удивляемся, как далеко улетает песок с поверхности Марса. А судя по пейзажам другого его спутника, Фобоса, удары по планете могут быть столь сильными, что разгоняют выбитые камни до первой космической: возможно, именно такие камни избороздили поверхность спутника (фото 6). И даже на астероидах люди находили кратеры (фото 7).

Казалось бы, нам уже знакомо все многообразие возможных структур на каменных планетах. Однако экспедиция «Dawn» («Рассвет»), начатая НАСА в 2007 году, опровергла это мнение. Ее целью были две малые планеты, обращающиеся между орбитами Марса и Юпитера, — Веста и Церера. Первую космический аппарат обследовал с июля 2011 по сентябрь 2012 года, а вторую достиг в 2015 году.

Первые же снимки кратеров Весты, которые НАСА открыла для всеобщего разглядывания, породили бурную дискуссию. Некоторые из них совсем не походили на классические земные, лунные или меркурианские кратеры (коль-

1

Поверхность Меркурия по данным «Мессенджера». Здесь 30 апреля 2015 года был разбит этот космический аппарат по окончании исследований



NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona

2

Кратер на Ацидальной равнине, где происходит действие романа Энди Уира «Марсианин» и одноименного фильма о выживании забытого на планете члена экспедиции. Место посадки аппарата «Патфайндер» с марсоходом «Соджернер» (1997) находится неподалеку

цеобразные горы, окружающие более или менее плоское дно). Это были конусообразные углубления со склонами, сильно изрезанными оврагами разной глубины (фото 8—10). Любители искать следы инопланетян сразу же объявили, что это места разработки полезных ископаемых, а борозды — следы гигантских бульдозеров. Исследователи из НАСА на провокации не поддались, внимательно присмотрелись к склонам и обнаружили на них явные следы эрозии, подобные тем, что имеются в земных кратерах. Такие следы могла оставить жидкая вода.

Не нужно думать, будто по Весте текли реки. Это могло быть движение пыли, смоченной небольшим количеством влаги. Но все равно, откуда взяться воде на малом космическом теле, где холод давно должен был выморозить легколетучие молекулы H_2O ? Однако данные химического анализа свидетельствуют в пользу водяной гипотезы: в районе экватора Весты замечены скопления гидридов. При ударе вода могла высвобождаться из гидратированных минералов, которые принесли



Jesse Allen, NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS, U.S./Japan ASTER Science Team

3

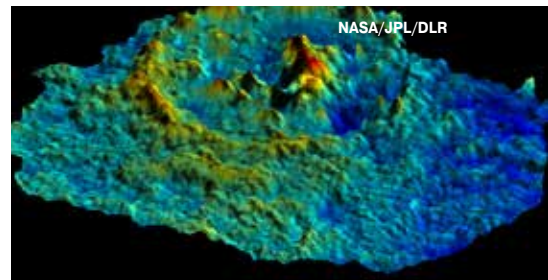
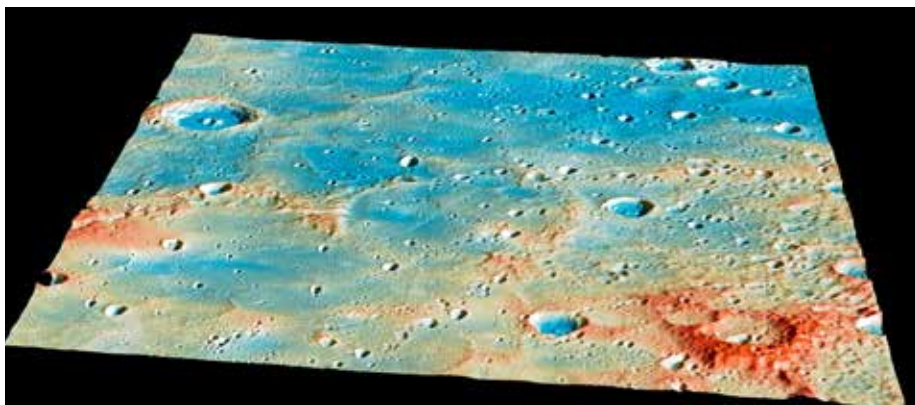
Кратер Тенумер в мавританской части Сахары мало отличается от своих собратьев на Марсе или Меркурии. Это след метеорита, который ударился о Землю совсем недавно — 30—10 тысяч лет назад, то есть в последний ледниковый период

на планету кометы. Дополнительным свидетельством считают ямы на дне кратеров — они могли образоваться при испарении воды. Как бы то ни было, никто из планетологов не ожидал встретить картины водяной эрозии на планете, начисто лишенной атмосферы.

Кстати, структуры, формируемые за счет испарения газов, заметили исследователи ЕКА, следящие за кометой

4

Кратер Пулл на юпитерианском спутнике Европе необычен: его дно находится на том же уровне, что и окрестности, а центральный пик выше, чем стенки. Такое могло получиться, если сразу после его образования началось быстрое движение теплого льда снизу вверх



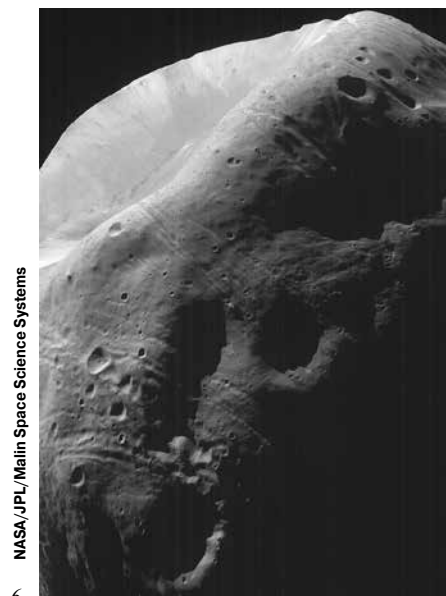
NASA/JPL/DLR



5
Поверхность Деймоса покрыта красноватым реголитом. Рядом со свежими кратерами он светлее



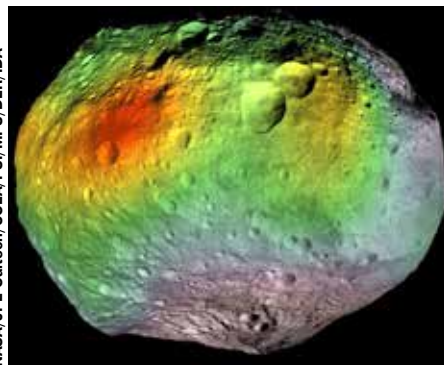
7
Кратеры на астероиде Эрос



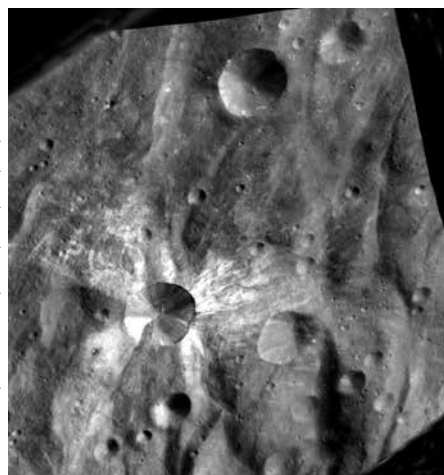
6
Самый большой кратер Фобоса размером почти с сам спутник. В его окрестностях раскиданы гигантские, диаметром до 50 м, булыжники. Не исключено, что это они прочертили борозды на Фобосе. А может быть, то были камни, выбитые с Марса

Чурюмова — Герасименко: это хорошо различимые дюны, состоящие из мелких частиц (фото 11). На Земле дюны получаются из-за действия ветра. На комете газ слишком разрежен, чтобы там дул ветер достаточной силы. Поэтому предполагают, что испаряющиеся из кометы газы поднимают вверх частицы пыли; мельчайшие из них улетают прочь, формируя хвост кометы, а более крупные не преодолевают гравитации и вскоре возвращаются назад.

А на Церере экспедицию ждали две новые находки: Белые пятна (фото 12) и Одинокая гора (фото 13). Белые пятна в месте, которое теперь называется кратером Оккатор, заметили давно — телескоп Хаббл рассмотрел их еще в 2004 году. При подлете оказалось, что за прошедшее время их форма в целом не изменилась, то есть это некие стабильные образования на поверхности планеты. Замечательны они тем, что их отражательная способность в несколько раз больше, чем у окружающей породы. Как ни странно, за несколько месяцев наблюдений ученым так и не удалось уста-



8
На экваторе Весты найдены участки с повышенным содержанием водорода (чем краснее изображение, тем его больше). Скорее всего, он входит в состав гидратированных веществ

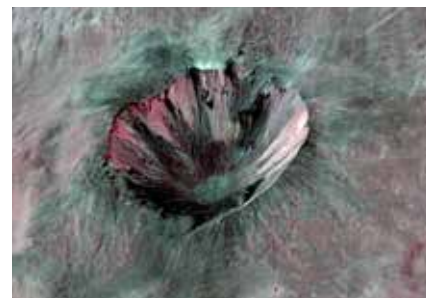


9
У кратера Кануля выброшенный светлый материал разлетелся во все стороны, а вокруг двух соседних кратеров никаких выбросов не видно

новить состав загадочных пятен. Вполне резонные предположения, что это снег на вершине горы или остатки разбившейся о Цереру кометы, не подтвердились: пятна плоские, слабо приподняты над поверхностью планеты. В настоящее время исследователи склоняются к мысли, что это не водяной лед, а какие-то соляные отложения. Что это за соль и почему она отложилась в виде пятен — неясно. Интересы добавляют и оброненные в ку-



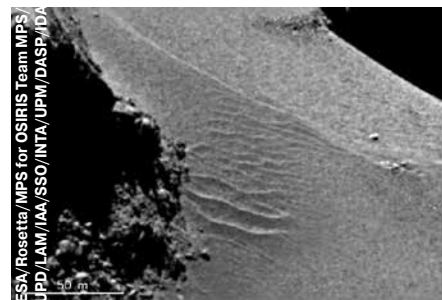
ФОТОИНФОРМАЦИЯ



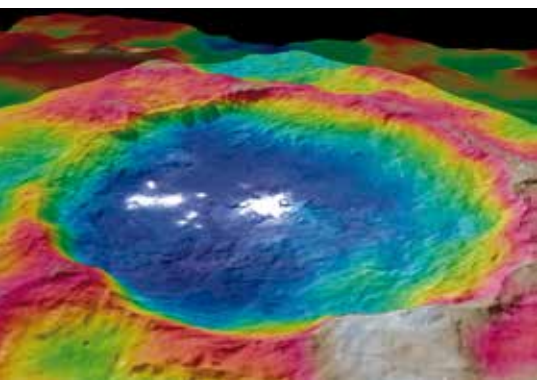
10
Стенки вестийского кратера Корнелия испещрены глубокими оврагами (а), а на стенках кратера Фонтея как будто видны потоки воды (б)

луарах конференций сотрудниками НАСА сплетни о том, что в районе пятен время от времени наблюдается нечто похожее на туман. С учетом того, что планета расположена довольно далеко от Солнца, нагревается не выше десяти градусов мороза и лишена атмосферы, найти на ней туман никто не предполагал.

Одинокая гора Ахуна высотой 6 км еще загадочнее. Согласно теории, горы образуются в результате сдвига литос-



11
Испаряющиеся газы сформировали дюны из пыли на поверхности кометы Чурюмова — Герасименко

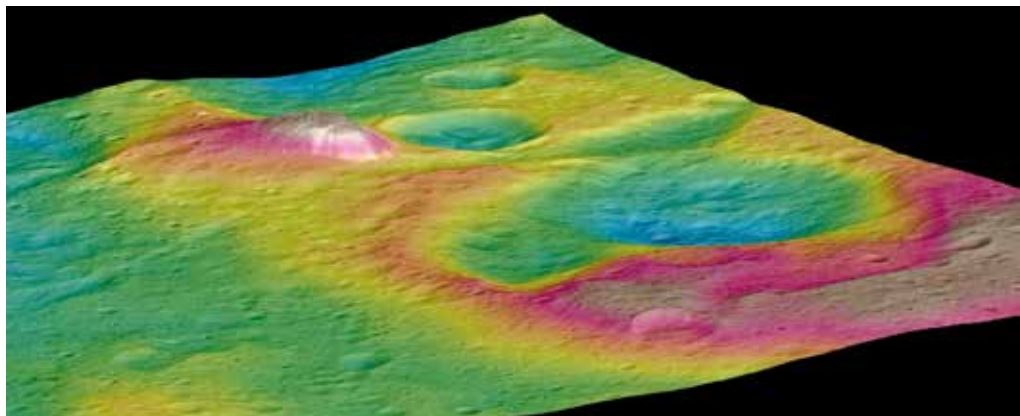


NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA/PSI

12

Загадочные Белые пятна Цереры лежат на дне кратера диаметром примерно 90 км. Цветом показана высота рельефа

ферных плит, деятельности вулканов, таяния вечной мерзлоты, течения рек или ударов других небесных тел. На Церере с очевидностью нет литосферных плит и вулканов, вечной мерзлоты и рек. А удар породить отдельно стоящую гору никак не может — она должна быть в составе какой-то кольцевой структуры. Пока что исследователи теряются в догадках, почему эта гора торчит неприкаянно посреди равнины.



13

Одинокая гора Ахуна стоит неподалеку от кратера. Разброс высот на этом рисунке — 8 км

Замечены у Цереры и другие странности. Например, трижды пролетая над одним и тем же районом, аппарат фиксировал потоки быстрых электронов. Никаких механизмов, которые могли бы их образовывать, у планеты нет. Несколько раз спектрометр, не в состоянии разрешить какой-то конфликт между поступающей информацией и заложенной в

нем программы ее анализа, на некоторое время выходил из строя. Поскольку так же он себя вел при исследовании Весты, решили, что причина — удар высокоэнергичной частицы космических лучей.

Вот так, казалось бы, рутинная экспедиция к малым планетам, не особенно популярным у широкой публики, принесла целую коллекцию загадок, над разгадкой которых теперь придется потрудиться.



Скол и черная дыра

Читая материал про кратеры на разных планетах и рассматривая фотографию Одинокой горы на Церере, я поймал себя на мысли, что она удивительным образом напоминает своими очертаниями близлежащий кратер. В самом деле, площадь подошвы примерно равна площади кратера, стенки и того и другого образования покрыты продольными бороздами, вершина горы и дно кратера подозрительно плоские. Как будто какая-то сила вырвала кусок материала, перевернула да и поставила неподалеку. А еще форма кратера напоминала что-то давно знакомое. Посмотрев в окно, я нашел это «знакомое»: отколы на внешнем стекле стеклопакета (см. фото). Когда появились эти отколы, доподлинно неизвестно, но стекольный мастер сказал, что так выглядят следы пули, скорее всего, от духового ружья; видимо, кто-то из соседнего дома пробовал оружие и, выстрелив «в белый свет как в копеечку», попал в мое окно.

Выщербинка на стекле действительно напоминает кратеры на Церере, да и на Весте, Фобосе или Деймосе: кону-

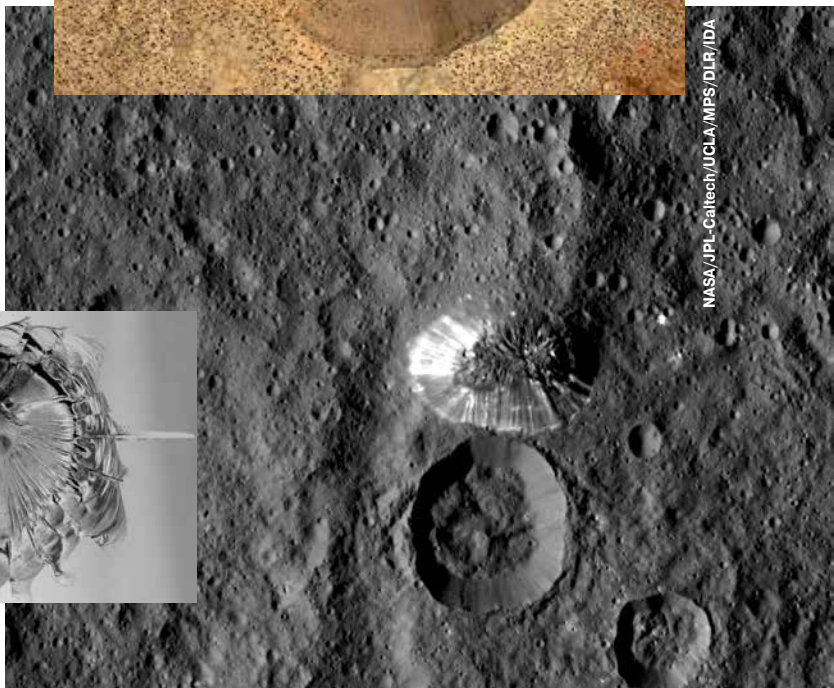
Воронка просаживания после подземного ядерного взрыва



NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA



Откол стекла, вызванный ударом пули



Вокруг горы Ахуна на Церере нет никаких обломков

сообразная форма, рифленые края и зачастую плоская гладкая поверхность в центре. Так бывает при сколочном или отколочном разрушении, когда ударник, попав в хрупкий материал, не пробивает его, но отбивает кусок со стороны, противоположной удару. Причина состоит в том, что быстро летящий мелкий предмет, ударившись о большой и тяжелый, порождает импульс — ударную волну сжатия. Отражившись от внешней границы материала, она возвращается назад уже в виде волны расширения. В какой-то момент амплитуда волны деформации оказывается выше предела прочности, и откалывается фрагмент материала в виде конуса. Диаметр этого конуса может быть в десятки раз больше, чем диаметр породившего его ударника, — все зависит от свойств материала и от того, как распространяется фронт волны.

Если бы на Церере случилось сколочное разрушение, то, скорее всего, отколотый кусок, преодолев слабую гравитацию, улетел бы прочь (хотя мог остаться на орбите и, возможно, его заметили бы исследователи из НАСА, если бы они искали спутники именно такой формы). А при ином стечении обстоятельств кусок мог и не улететь, но упасть рядом, образовав гору.

Что может быть причиной откола? Первое, что приходит в голову — удар метеорита по противоположной стороне Цереры. Но тогда волне деформации придется преодолеть путь в 960 км (диаметр планеты) и при этом не рассеяться, а сохранить узкий конус распространения. Не совсем очевидно, что такое возможно.

Альтернативой служит гипотеза подповерхностного взрыва вроде тех, что происходят при подземных ядерных испытаниях, тем более что кратер при взрыве также получается конусообразным: это можно заметить, разглядывая полигон в Неваде (см. фото); подобные кратеры называют воронкой просаживания — у них нет той высокой круглой стены, что получается вокруг ударного кратера. Ожидать закладки инопланетянами ядерных фугасов на малых планетах весьма трудно, равно как и предполагать наличие горючих полезных ископаемых, взрывы которых дают кратеры аналогичной формы. Но есть и полуфантастический механизм.

При обсуждении проблемы возникновения черных дыр в Большом адронном коллайдере (см. «Химию и жизнь», 2010, № 1) были рассмотрены разные модели, позволяющие частице с энергией в тераэлектронвольты стать черной дырой. Напомним ход рассуждений. Частицы космических лучей могут разогнаться и до такой энергии, и даже в миллионы раз сильнее. Если наше пространство трехмерно, то черной дырой

ни одна из них стать не может. А вот если у нас имеются дополнительные, причем скомканные измерения, то образование черной дыры из частицы такой энергии возможно. Более того, она отнюдь не сразу испарится по механизму Хокинга, останется долгоживущей. В частности, немецкий специалист по физике плазмы и автор многих завиральных идей Райнер Плаг рассматривал пространство с одним скомканным измерением с масштабом кривизны в сотни нанометров и нашел, что в таком мире протон, достигнув энергии в тераэлектронвольты, станет дырой. Если она столкнется с веществом, то за миллисекунды дорастет до килограмма, выйдет за масштаб дополнительного измерения, но не испарится сразу, а становится метастабильной: испаряется, но одновременно и поглощает вещество с той же скоростью. Такая дыра Плаги в секунду уничтожает полкило материи и выделяет столько же энергии, сколько Земля получает от Солнца за ту же секунду. Поскольку подобных ужасов мы не наблюдаем, был сделан вывод, что ни дыра Плаги, ни другие объекты вроде нее из космических лучей получиться не могут.

Однако проблему можно рассмотреть и с другой стороны. Если подобная дыра возникла, для устойчивой работы в нее необходимо подавать вещество со скоростью звука. Когда подача прервется, дыра мгновенно испарится, и единственное, что от нее останется, — энергия, которую она смогла вырабатывать. Эта энергия, как уже сказано, огромна, поэтому черная дыра Плаги, попав в твердое вещество планеты, скорее всего, сразу же взорвется на глубине в тысячу или несколько тысяч километров, — точное расстояние зависит от параметров скомканного измерения. На Земле такой взрыв в мантии планеты может остаться незамеченным — это зависит от выделенной энергии, то есть опять же от параметров нашего мира. А вот на малых планетах взрыв случится в районе поверхности. И он-то вызовет то самое сколочное разрушение или воронку просаживания.

Всякая гипотеза хороша, когда ее можно проверить независимым методом. Попробуем это сделать.

Если долгоживущие микроскопические черные дыры действительно существуют в космическом пространстве, их можно заметить лишь по гравитационному взаимодействию, то есть они должны входить в состав темной материи. Плотность темной материи в локальном скоплении измерена (см. «Химию и жизнь», 2014, № 3). Она составляет 0,025 солнечной массы на кубический парсек (пс). В упомянутой выше статье сделана попытка посчитать поток темной материи сквозь поверхность Земли при ее движении по орбите вокруг Солнца и вокруг центра Галактики.



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Церера совершает точно такое же движение, проходя примерно $8 \cdot 10^9$ км в год. Приведенная фотография поверхности Цереры имеет размер 149,5x264,7 км, или площадь $4 \cdot 10^4$ км². Годовой объем, заметаемый этой площадкой, составляет $3 \cdot 10^{14}$ км³, или $1 \cdot 10^{-35}$ пс³. За 4,5 млрд. лет получается $4,5 \cdot 10^{-26}$ пс³. В таком объеме содержится примерно две тонны темной материи.

А сколько кратеров находится на этой фотографии? Если принять во внимание только хорошо заметные, то около сотни, если распечатать фотографию с высоким разрешением и внимательно приглядеться — в несколько раз больше, под тысячу. При этом все они имеют коническую, а не цилиндрическую форму. Если эти кратеры приписать черным дырам Плаги, то за время своего существования такая площадка на Церере испытала от ста до тысячи столкновений с ними (одно столкновение в несколько миллионов лет). Разделив заметенные две тонны темной материи на это число, получим, что средняя масса дыры составляет от 20 до 2 килограммов. Это вполне разумная оценка. Именно килограммовая дыра в модельном расчете Плаги начинает стремительно испаряться, выйдя за выбранный для расчета масштаб скрытого измерения. Ну а уж о том, как протон космического луча, слишком разогнавшись и став дырой Плаги, наберет эти килограммы, можно долго фантазировать.

Получить разумную оценку при столь туманных исходных данных удается отнюдь не всегда. Поэтому точное установление научными методами механизма формирования конусообразных кратеров на малых планетах могло бы дать очень интересный результат. Вдруг на такой природной лабораторной установке удастся получить ту информацию о нашем мире, которую физики безуспешно ищут на установках рукотворных.

Ф. Манилов

Нанотрубки-рекордсмены

Доктор
химических наук
Э.Г.Раков

В регулярно дополняемой Книге рекордов пивного короля Гиннеса уже давно появились главы, посвященные естествознанию, физике и химии. Очевидно, потому, что в современных пабах спорят не только об охотничьих и спортивных рекордах, но и о научных (а поводом к созданию книги, по одной из версий, послужили именно споры в пабах). Рекорды в химии даже были опубликованы на английском языке отдельной книгой (R.Faust, G.Knaus, U.Siemeling. *World Records in Chemistry*, Wiley-VCHWeinheim, 1999). В ней собраны данные об атомах и молекулах, химических элементах, различных веществах и процессах, рассказано о необычных химических ошибках. Разнообразные рекорды можно найти и в научной литературе. Наверное, одни из самых часто упоминаемых «рекордсменов» — углеродные наноматериалы (фуллерены, нанотрубки и графены).

В том же 1999 году, когда вышла книга о химических рекордах, профессор Петер Бутцлофф из университета Северного Техаса опубликовал несколько стихотворений, посвященных углеродным нанотрубкам. Одно из них начинается так:

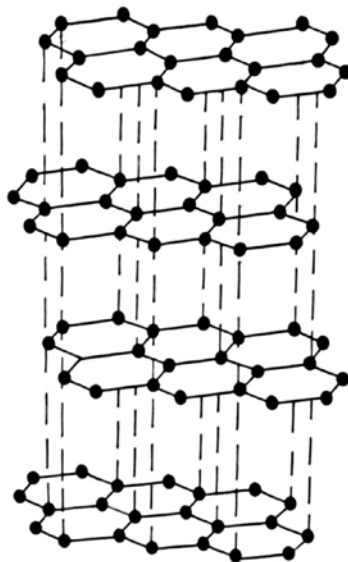
We speculate
But underrate
What mistery we wrangle
a Nanotube
from carbon crude
that nature did entangle.

(«Мы рассуждаем, однако недооцениваем тайну, о которой спорим, — о сплетенной природой нанотрубке из простого углерода».)

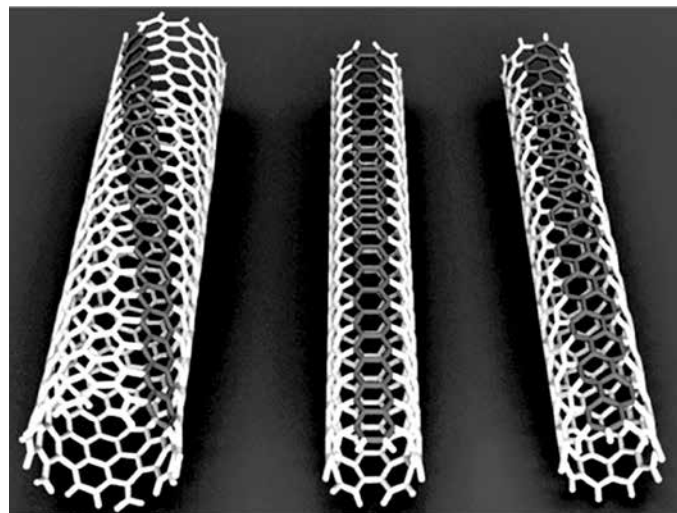
Об углеродных нанотрубках и пойдет речь в этой статье.

Строение и виды нанотрубок

Прежде чем перейти к рекордам, вспомним, какими бывают углеродные нанотрубки. Это обширный класс разнообразных по строению, размерам и свойствам цилиндрических наночастиц, которые образованы упорядоченно расположенными углеродными атомами и вдоль оси имеют внутреннюю полость. Атомы углерода образуют в стенках нанотрубок такие же сетки, как в графите и графене, — сетки с шестиугольными ячейками, в которых расстояние между атомами С—С равно 0,142 нм. Размеры шестиугольников в графите, графене и большинстве



1
Графит



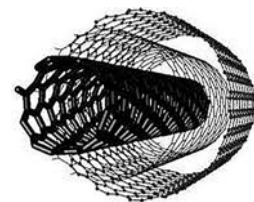
Хиральные

Ахиральные
типа кресла

Ахиральные
типа зигзаг

2

Три типа однослойных нанотрубок



3

Многослойная нанотрубка

нанотрубок одинаковы. (Правда, при радиусе трубок меньше 1,5 нм расстояние С—С тоже уменьшается, и у трубок разной конфигурации оно может немного различаться.) Но если в графите (рис. 1) сетки шестиугольников плоские и слабо связаны друг с другом, то в углеродных нанотрубках они свернуты в цилиндры, рулоны или конусы. И это изменение геометрии дает фантастическую перемену свойств.

Наиболее простые по строению углеродные нанотрубки — однослойные, бесшовные, вытянутые в длину цилиндры. По диаметру и, главное, по расположению шестиугольников в стенках они сильно различаются. Причина в том, что две из шести сторон каждого шестиугольника могут по-разному располагаться относительно оси нанотрубки: параллельно, перпендикулярно или под углом (рис. 2). При перпендикулярном расположении относительно оси принято говорить о конфигурации «кресла», при параллельном расположении — о конфигурации «зигзага». Такие нанотрубки ахиральны: их зеркальные отражения подобны друг другу. Чаще всего реализуется третий вариант: в так называемых хиральных трубках две стороны каждого шестиугольника образуют с осью трубок угол между 0° и 30°, но отличающийся от крайних значений. Любая из таких трубок (в отличие от двух предыдущих типов) не совмещается со своим зеркальным изображением, поэтому они называются хиральными. Понятие хиральности (от древнегреческого χεῖρ — рука) хорошо известно в органической химии и применяется

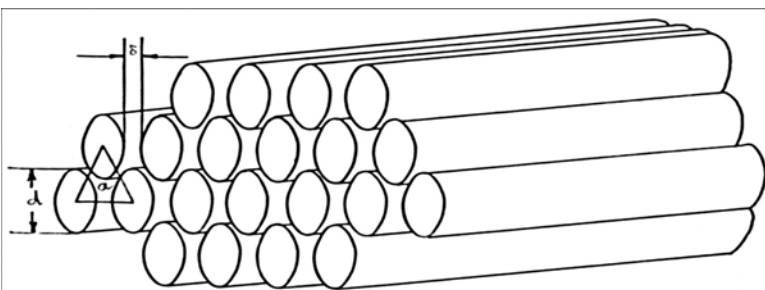
к молекулам, которые представляют собой зеркальные отражения друг друга, как правая и левая рука.

Трубки могут также быть многослойными и состоять из нескольких вставленных один в другой цилиндров (рис. 3). Разница в диаметрах двух нанотрубок, составляющих многослойную, примерно в два раза больше, чем расстояние между слоями графита (оно равно 0,3354 нм).

Сростки нанотрубок

Часто при синтезе нанотрубок из простых, «первичных» трубок образуются структуры второго порядка — сростки. Причина та же, по которой «слипаются» соседние углеродные слои графита, — взаимодействие электронных облаков.

Какова форма этих сростков? Если обычные трубы сложить параллельно в плотную кучу, каждая труба будет касаться до шести соседних. С нанотрубками ситуация иная: они не могут касаться друг друга. Наименьшее расстояние между трубками в сростках зависит от диаметра трубок и тем больше, чем больше этот диаметр (рис. 4).



4

Сросток нанотрубок

Известно, что самые прочные сростки образуют однослойные нанотрубки, менее прочные — двухслойные.

Размеры нанотрубок

Чем же углеродные нанотрубки привлекают к себе внимание многочисленных исследователей — физиков, химиков, биологов, материаловедов, специалистов по электронике и другим направлениям науки и техники? Прежде всего малыми размерами и рекордными свойствами.

Обычный диаметр однослойных нанотрубок 0,7—2,5 нм, двухслойных — больше 1 нм. Волос человека на три порядка толще: 65—120 мкм. Самая тонкая однослойная трубка, описанная в 2008 году, имела диаметр 0,43 нм. Еще раньше во внутренней полости многослойной трубки обнаружили совсем тонкую нанотрубку — 0,3 нм (длина 14 нм).

А самой короткой нанотрубкой можно считать циклопарафенилен — кольцевую молекулу из связанных в паралоложении бензольных циклов: ее длина всего 0,3 нм.

Конечно, материаловедам интересно получить не короткие трубки, а длинные. И речь не о сплетенных в длинные нити, а именно о цельных трубках. В 2004 году в Китае получили трубку длиной 5 см, в январе 2010 году была описана трехслойная нанотрубка длиной 10 см, а в 2013 году — уже 55 см (более полуметра!), причем последняя росла со скоростью 5 мм/мин. Предполагается, что можно будет получать нанотрубки длиной до 1 м. Однако длинные нанотрубки — пока штучный товар, речь о массовом производстве не идет.



ТЕХНОЛОГИИ

Свойства нанотрубок

Многие свойства нанотрубок делают их перспективными кандидатами для занесения в Книгу рекордов Гиннесса.

Начнем с прочности. Бездефектные углеродные нанотрубки — самый прочный из известных сегодня материалов благодаря силе межатомных связей С-С. Прочность отдельных трубок на разрыв составляет до 99 ГПа (давление в 1 гигапаскаль равно $\sim 10^4$ атм), а отношение прочности к массе приближается к $74\,000\text{ кН}\cdot\text{м}\cdot\text{кг}^{-1}$. Это в 30 раз больше, чем у знаменитого кевлара — прочнейшего параамидного волокна, и в 117 раз больше, чем у стали.

Теоретические расчеты показали, что трубки типа «кресло» прочнее трубок типа «зигзаг»: прочность на разрыв равна соответственно 126,2 и 91,5 ГПа, а удлинение до разрыва 23 и 17,5%. При высоких температурах трубки растягиваются гораздо больше: в одном из экспериментов при 2000°C длину многослойной нанотрубки удалось увеличить в четыре раза (с 24 до 91 нм).

Модуль Юнга — важнейший параметр для характеристики механических свойств. Это физическая величина, характеризующая способность материала сопротивляться растяжению или сжатию при упругой деформации. По расчетам, для трубок радиусом больше 1,5 нм модуль Юнга равен 1,04 ТПа (1 терапаскаль эквивалентен примерно 10^7 атм), причем с уменьшением диаметра он несколько растет и отличается для разных конфигураций. У многослойных нанотрубок модуль Юнга еще выше, чем у однослойных, и может достигать 1,28 ТПа. (По предварительным данным, модуль Юнга бамбукообразных нанотрубок — то есть имеющих внутренние перегородки — может достигать 2—3 ТПа.) Это гораздо выше, чем у стали (200 ГПа), вольфрама (350 ГПа) и рекордсмена среди металлов иридия (520 ГПа). Углерод в виде нанотрубок прочнее любого металла. При этом важно, что их плотность ($1,33\text{—}1,40\text{ г/см}^3$) примерно в два раза меньше, чем у графита!

По величине модуля объемной деформации (462—546 ГПа) — способности изменять свой объем при всестороннем сжатии — нанотрубки даже немного превосходят алмаз (420 ГПа). Так что и здесь они рекордсмены.

Удивительно, но при такой прочности тонкие нанотрубки еще и эластичны! Их можно сгибать под большими углами, и они не ломаются.

Удельная поверхность нанотрубок (то есть отношение общей поверхности тела к его объему или массе) уменьшается с ростом числа слоев и диаметра, но для однослойных нанотрубок эта величина от диаметра не зависит и равна $1360\text{ м}^2/\text{г}$. Для сравнения посмотрим на удельную поверхность других материалов. Наиболее высокие значения у пористых активированных углей — до $1500\text{ м}^2/\text{г}$ (поэтому их применяют

для поглощения вредных газов или примесей в жидкостях). Удельная поверхность таких активных поглотителей, как силикагели, до 800 м²/г, ионообменных смол — не более 70 м²/г, а у большинства дисперсных материалов еще меньше. Поэтому нанотрубки могут быть хорошими адсорбентами.

Электрические характеристики нанотрубок весьма своеобразны. В зависимости от строения они могут проявлять металлические или полупроводниковые свойства. Металлическими свойствами обладают трубки, имеющие строение типа «зигзаг» и «кресло». Остальные (хиральные) — типичные полупроводники, причем ширина запрещенной зоны уменьшается с ростом их диаметра.

Проводящие свойства металлических нанотрубок не подчиняются закону Ома, то есть сопротивление однослойных нанотрубок не зависит от их длины и диаметра и равно 6,5 кОм. Да и сама электрическая проводимость необычна — она имеет баллистический характер: часть электронов выходит над поверхностью нанотрубок, и эти электроны способны «перепрыгивать» с места на место. При комнатной температуре баллистический транспорт электронов наблюдали на расстояниях более 1 мкм. Величина такой проводимости металлических трубок колоссальна — 4·10⁹ А/см², на несколько порядков выше, чем у высокоэлектропроводной меди. Обычные металлы проводят токи с плотностью не более 10⁶ А/см², причем превышение предельной плотности тока приводит к взрыву проводника. (Взрывающиеся при резком повышении тока металлические проволоки даже используют для получения наночастиц.)

Рекорды еще не закончились. Углеродные нанотрубки — один из самых теплопроводных материалов. Теплопроводность однослойных трубок вдоль оси при 27°C зависит от их диаметра и длины. Наибольшее измеренное значение составляет 3400 Вт/(м·К), а вычисленное для трубок миллиметровой длины — 6000—6600 Вт/(м·К). Для сравнения: коэффициенты теплопроводности металлов не достигают 500 Вт/(м·К). При температуре около 27°C теплопроводность у трубок максимальная, если же уменьшать или увеличивать температуру, то она будет меньше.

Добавление в эпоксидную смолу всего 1 об % нанотрубок вдвое увеличивает ее теплопроводность. Заметный эффект получается, если ввести нанотрубки в органические жидкости и керамику. Таким образом можно повышать теплостойкость полимерных, металлических и керамических композитов, а также эффективность жидких теплоносителей (теплостойкость — предельная температура, до которой сохраняется механическая прочность материала, — косвенно связана с теплопроводностью). Например, уже создан композит «медь-нанотрубки» с коэффициентом теплопроводности 1300 Вт/(м·К), а также композит «алюминий-нанотрубки». Такие материалы крайне необходимы для создания тепловых стоков — устройств, отводящих тепло от работающих электронных приборов.

Вообще, нанотрубки уже прошли стадию поисковых исследований и выходят на уровень промышленного производства и применения. Пока что основное направление — добавки в полимеры. Их пытаются также внедрить в электронику, использовать в сверхминиатюрных полевых транзисторах и полевых эмиттерах электронов. Можно также применять нанотрубки в источниках света в качестве нитей накаливания.

Особая область, со своими рекордами, — материалы из специальным образом уложенных нанотрубок. Про них надо рассказать отдельно.

«Лес» нанотрубок

Трубки, выращенные на подложках из кремния, кварца или других веществ, могут располагаться параллельно друг другу. При этом возможны два варианта: они либо лежат на поверхности, либо выстраиваются перпендикулярно подложке, образуя «лес» (рис. 5) — материал с удивительными свойствами.

«Лес» можно получить, нанеся на плоскую подложку катализатор и проведя каталитический пиролиз газообразных или парообразных углеводородов. Если катализатор нанести на подложку в виде определенных линий или рисунков, то сформируются разнообразные объемные фигуры из

История углеродных трубок

История углеродных нанотрубок началась еще в 1889 году, когда в США был выдан патент на получение трубчатого углерода пиролизом смеси метана и водорода в железном тигле. Затем появились публикации французского ученого Пауля Шютценбергера (1890), и немецких ученых Франца Фишера (1928) и Фрица Гофмана (1931) о волокнистом углероде. Углеродные волокна упоминались и в более поздних статьях, однако первое научное доказательство образования нанотрубок получили сотрудники московского Института физической химии и электрохимии Л.В.Радужкевич и В.М.Лукиянович в начале 1950-х годов («Журнал физической химии», 1952, 26,

1, 88—95). На снимках, полученных с помощью электронного микроскопа, они обнаружили «наличие светлой полосы, проходящей обычно по всей длине частицы и напоминающей тонкий канал». «Создается впечатление, — осторожно писали авторы исследования, — что внутри частицы проходит канал и что сама частица является пустотелой».

В 1991 году японский микроскопист Сумио Иидзима сумел детально описать эти частицы, а через два года опубликовал снимки нанотрубок, причем его статья появилась в номере журнала «Nature» одновременно со статьей американских специалистов о таких же нанотрубках.

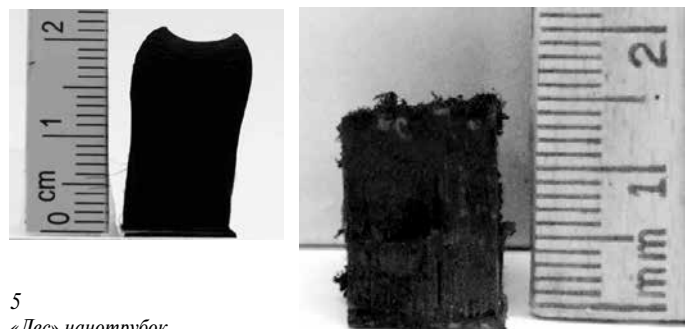
На авторство открытия претендовал и другой известный японский ученый — Моринобу Эндо, опубликовавший в 1976 году статью совместно с Аньес Оберлен. Оба японца, Иидзима

и Эндо, рассчитывали получить Нобелевскую премию, и автор этих строк в свое время потратил немало времени на дискуссии по этому вопросу с представителями японской фирмы в Москве. В 2006 году авторитетный американский журнал «Carbon» (44, 9, 1621—1623) напечатал статью француза Марка Монтью и новосибирского ученого В.Л.Кузнецова «Кому принадлежит честь открытия углеродных нанотрубок?» — это была первая англоязычная публикация, где упоминались российские ученые, описавшие нанотрубки.

Нобелевской премии за открытие углеродных нанотрубок не получил никто. Иидзиму в 2008 году вручили учрежденную в Норвегии премию филантропа Фреда Кавли (1 млн долларов), которая отмечает выдающиеся работы в области астрофизики, нанонауки и неврологии.

нанотрубок. «Лес» подобен хорошо известным тонким (диаметром 50 нм — 2 мкм) столбикам или «остриям» кремния, которые получают из паров летучего гидрида кремния SiH_4 на катализаторе из мельчайших частиц золота. Число работ по «лесу» нанотрубок уже намного превысило число публикаций по кремниевым «остриям».

«Лес» нанотрубок — один из самых сжимаемых и упругих материалов. При сжатии вдоль осей массив трубок образует складки, периодичность которых около 12 мкм (рис. 6). Высота «леса» при сжатии уменьшается на 85% и восстанавливается после снятия нагрузки (после 10 тысяч циклов только на 80%). При боковой нагрузке все трубки в «лесе» становятся в сечении шестиугольными или овальными.



5
«Лес» нанотрубок

«Лес» образует на подложке тонкую пленку, поэтому такой материал совершенно не смачивается жидкостями (он супергидрофобный и суперлиофобный). Поверхность капель образует с внешней поверхностью контактный угол, который растет с увеличением числа слоев в трубках «леса» от 100° (однослойные) до 150° (многослойные).

Очень необычны оптические свойства «леса»: по способности поглощать световые лучи это рекордное черное тело, отражающее не более 0,01% света в широком спектральном диапазоне. В июле 2014 года английская компания «SurreyNanoSystems» объявила о создании материала Vantablack — «лес» нанотрубок на алюминиевой фольге, который поглощает 99,965% падающего видимого света, радиоволн и микроволн. Когда мы смотрим на этот материал, кажется, что перед нами провал в пустоту. Бельгийский художник Фредерик де Вильде, подражая Казимиру Малевичу, изобразил в 2014 году из «леса» новый «черный квадрат».

Технологии «выращивания леса» отлажены неплохо — еще в 2004 году японские исследователи придумали, как увеличить длину нанотрубок в «лесу» сначала до 2,5 мм, затем до 12

мм и даже до 18 мм. При этом эффективность процесса оказалась очень высокой: на 1 г катализатора вырастает до 500 г трубок. Сегодня лаборатории гонятся за повышением плотности нанотрубок в «лесу». Пока максимальная плотность для однослойных трубок 10^{12} см^{-2} , примерно столько же для двухслойных — $1,5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, на порядок меньше для трехслойных — $6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$.

Исследователи научились укладывать узкие полоски «леса» на подложку и таким образом получать гибкие электропроводные ленты. Трубки в «лесу» можно также декорировать наночастицами, покрывать электропроводными полимерами, биомолекулами и прочим, создавая материалы с новыми свойствами.

Волокна из нанотрубок

Нанотрубки уже довольно давно используют для получения микро- и макроскопических волокон, из которых прядут ткани. Правда, рекордных свойств здесь пока не достигли.

Первые короткие волокна из нанотрубок получили французские ученые в 2000 году — они шприцем вводили диспергированные нанотрубки в раствор поливинилового спирта. Несколько позже в Англии и США разработали еще три метода: нанопрядение — постепенное вытягивание волокон из «леса» (2002); коагуляцию раствора нанотрубок в олеуме с последующим пропусканием образовавшихся сгустков через капилляр (2004); вытягивание «мягкого дыма» из спутанных нанотрубок, полученных в газовой фазе (2004). В последних трех вариантах получаются скрученные волокна. Рекордное макроволокно из нанотрубок сделали в 2004 году в Англии — оно имело длину 100 м.

В последние десять лет способы изготовления волокон существенно усовершенствовались, улучшились их механические свойства и электрическая проводимость, однако эти характеристики у индивидуальных нанотрубок все еще гораздо выше.

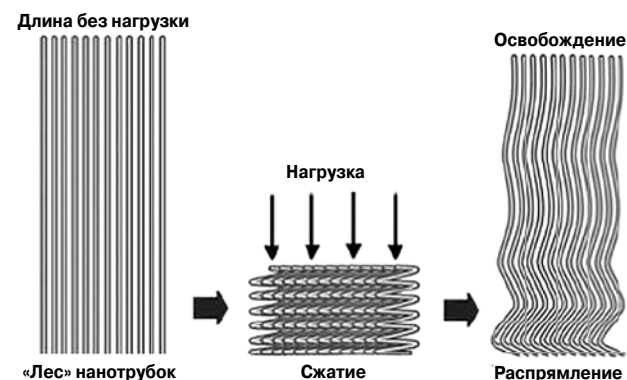
Есть интересные опытные образцы, сделанные из волокон. Например, актюаторы — устройства, преобразующие электрическую энергию в механическую. Актюаторы из нанотрубок по силе в 100 раз превышают человеческие мускулы, их можно применять в открытом космосе и при высоких температурах. Для работы они требуют напряжения лишь в несколько вольт, в то время как пьезоэлектрические блоки (пьезоэлектрик — кварц) — порядка 100 вольт, а электрострикционные актюаторы — более 1000 вольт.

Сейчас ученые пытаются сделать волокна, которые в расчете на единицу массы могут проводить больший ток, чем медь. В Университете Райса (Хьюстон, США) в 2014 году из нанотрубок создали электропроводные волокна диаметром 20 мкм. Предполагается, что провода из углеродных нанотрубок можно будет использовать для электрических сетей, что позволит существенно сэкономить электроэнергию.

Волокна микроскопического диаметра могут заменить металлические для вживления в сети нейронов мозга, регистрации сигналов и стимулирования клеток мозга. Сейчас идет активный поиск новых применений волокон и тканей из нанотрубок.

Нанобумага из нанотрубок

Нанобумага из нанотрубок — действительно революционное вещество, материал с рекордными свойствами, которые еще не достигли своих вершин. Она может быть одновременно



6
Если сжимать «лес», то трубки образуют складки

тонкой, прозрачной и электропроводной — в этом случае ее можно наносить на стекла автомобилей или крылья самолетов и убирать наледь. Может быть в 200—250 раз прочнее стали и при этом в 10 раз легче, вдвое тверже алмаза, по электропроводности сопоставима с кремнием и медью, а по теплопроводности превосходит алмаз. Ее пористость может меняться и достигать 90%. Если полости нанотрубок заполнить магнитными металлами, то нанобумага приобретет магнитные свойства и память формы (это нужно для создания упомянутых выше электромеханических актюаторов).

Предполагается, что композиты на основе нанобумаги будут использовать в конструкциях автомобилей и самолетов, катеров и яхт, мостов и других объектов. Многослойная нанобумага может служить материалом для легких бронезилетов. Через нанобумагу можно также фильтровать бактерии. Она может быть компонентом электродов, защищать от микроволнового излучения и ударов молнии.

Самый простой способ получить электропроводную нанобумагу — отфильтровать водную дисперсию нанотрубок. Но есть и другие: прикатать «лес» на подложку, набрызгать дисперсию нанотрубок на нагретую поверхность, медленно вытягивая подложку из дисперсии, осадить электрофоретически и т. п. Нанобумагу производят в виде листов шириной более 1 м или лент (со скоростью 1,5 м/мин).

Забавные факты

В 1997 году в журнале «Nature» появилась статья о том, что в нанотрубках можно хранить до 5—10 % водорода и это якобы позволит обеспечивать автомобили водородным топливом. Более тщательные исследования опровергли такую возможность, но публикации на эту тему появляются и сегодня.

Вторая широко обсуждаемая тема — создание из нанотрубок троса для космического лифта. Эта проблема пока не имеет решения: не удастся добиться прочной связи трубок друг с другом.

Сверхминиатюрные устройства на основе нанотрубок, безусловно, могли бы найти место в Книге рекордов Гиннесса. Например, испытан самый маленький регулируемый реостат (прибор для регулирования силы и напряжения электрического тока) из многослойных нанотрубок. В экспериментах с нанотрубками внутреннюю трубку вытягивали из внешней (подобно складной подзорной трубе или складному зонтику), меняя сопротивление от 5 до 90 кОм.

Чтобы сделать самые маленькие весы, использовали упругие свойства одиночной углеродной нанотрубки: один конец закрепляли, второй заставляли вибрировать. Различная нагрузка на вибрирующий кончик меняла частоту вибраций. Эти весы установили рекорд чувствительности: рассчитанная масса использованной в эксперименте частицы составила 22 фемтограмма ($1 \text{ фг} = 10^{-15} \text{ г}$). На таком устройстве можно взвешивать вирусы.

Углеродные нанотрубки могут работать как самый крохотный конвейер. Правда, перемещать они способны лишь небольшие грузы и на очень короткие расстояния. Перенос частиц по трубке происходит под действием разности электрических потенциалов. Испытания проводили с легкоплавким индием: на стороне анода капельки за счет термомиграции или электромиграции уменьшались, на стороне катода — росли. Возможно, что такой принцип можно использовать и для сборки наноустройств.

Создан также прототип самого маленького электромотора. С помощью атомно-силового микроскопа к углеродной нанотрубке диаметром 5—10 нм и длиной 300 нм («вал») присоединили золотую пластинку — получили ротор. В

Получение углеродных нанотрубок

В истории синтезов углеродных нанотрубок было несколько этапов. Сначала их получали из графита методом возгонки-десублимации, добавляя в графит катализаторы. Для этого использовали разнообразные электродуговые установки с графитовыми анодом и катодом. Применяли также лазерное и резистивное нагревания, солнечные концентраторы, электронные и ионные пучки, различные виды плазмы. Пытались даже проводить синтез в условиях невесомости. Сегодня эти способы отошли в небытие, остались только небольшие лабораторные установки.

Много шума наделала американская разработка синтеза однослойных нанотрубок из СО при высоком давлении (ее аббревиатура HiP-co – high pressure CO), сырьем в которой были карбонилы железа.

Многომиллионные расходы на разработку этого метода синтеза списали после кончины лауреата Нобелевской премии Ричарда Смолли в 2005 году. Правда, из ядовитого СО одна американская фирма давно получает многослойные нанотрубки в реакторах с псевдооживленным слоем катализатора (катализатор из Со и Мо), так что это технически реально.

Сегодня главный метод синтеза нанотрубок — каталитический пиролиз различных углеводородов в присутствии Fe, Со или Ni и их смесей с небольшими добавками Мо. Основные разновидности такого синтеза — пиролиз с катализаторами на инертных носителях (порошки Al_2O_3 , MgO , реже SiO_2 и др.; кремниевые подложки, окисленные с поверхности) и пиролиз с летучими катализаторами.

Крупномасштабный синтез однослойных углеродных нанотрубок впервые описали в 1998 году (Н. М. Cheng et al. «Chemical Physics Letters», 1998, 289, 602). Через четыре года китайские ученые рассказали о способе получения нанотрубок

большого диаметра из смеси C_2H_4 и C_3H_6 с N_2 и H_2 в кипящем слое катализатора $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$, и уже тогда точная производительность установок достигала 50 кг нанотрубок, а их выход 70—80%. (Y.Wang et al. «Chemical Physics Letters», 2002, 364, 568). Самое большое производство многослойных нанотрубок (560 т/год) запустила компания «CNano Technology» (КНР) в 2009 году. В конце 2014 года было объявлено, что в технопарке новосибирского Академгородка начинает работать производство «Graphetron 10» мощностью до 10 т/год (международная группа компаний OCSiAl). Предполагается запуск аналогичного производства мощностью 50 т/год в Израиле.

Более ста больших и малых компаний в настоящее время производят и применяют углеродные нанотрубки в Англии, ФРГ, Бельгии, Греции, Индии, Канаде, Китае, Южной Корее, Финляндии, Франции, Японии. Наибольшее число фирм-производителей находится в США, а самые крупные производственные мощности — в Китае.

кремниевой пластинке вытравили статор. Электромотор в поперечнике достигал около 500 нм (это в 300 раз меньше диаметра человеческого волоса) и вполне мог бы уместиться на вирусе средних размеров. Скорость вращения измерить не удалось, но предположительно она составила несколько гигагерц (миллиарды оборотов в секунду).

Еще один механизм из нанотрубок — самая маленькая динамомашинка. Струи газа, направленные вдоль образца из спутанных нанотрубок и легированного кремния, создавали разность давлений (и, как следствие, разность температур), что вызывало изменение электрических потенциалов вдоль образца. «Машина» дала напряжение в 650 микровольт и мощность 43 нановатта. Механизм действия основан на двух физических явлениях: эффекте Бриллюэна и эффекте Зеебека.

Многие вещества в полости углеродной нанотрубки имеют более низкую по сравнению с обычной температуру плавления. Так, обычная модификация металлического галлия плавится при 29,8°C — кусочек галлия можно расплавить в ладони. Другие его кристаллические модификации становятся жидкими при минусовых температурах (–16,3 и –35,6°C). А вот если галлием заполнить углеродную нанотрубку, то он останется жидким даже при –80°C. Термометр из углеродной нанотрубки диаметром 75 нм и длиной 8 мкм с жидким галлием можно использовать для измерения температур до 500°C. Правда, чтобы считывать его показания, нужен электронный микроскоп.

Самый маленький кристалл, когда-либо выращенный человеком, — кристалл иодида калия KI. Его получили в полости углеродной нанотрубки диаметром 1,4 нм ученые Оксфордского и Кембриджского университетов. В сечении такой кристалл содержал всего четыре атома, при этом кубическая решетка, присущая KI, оказалась сильно искаженной и сжатой вдоль оси кристалла.

Нанотрубки — самые миниатюрные пробирки для химических реакций. Одну из первых таких реакций провели сотрудники Оксфордского и Ноттингемского университетов. В трубку диаметром 1,2 нм, длиной 2 мкм и объемом 1 октолитр (10^{-24} л) ввели раствор фуллерена $C_{60}O$ в сверхкритическом диоксиде углерода и произвели его термическую полимеризацию.

К забавным рекордам относится создание самой большой в мире модели углеродной нанотрубки. Ко Дню Земли 14



ТЕХНОЛОГИИ

апреля 2005 года студенты Университета Райса (Хьюстон, США) собрали ярко-синюю модель нанотрубки длиной более 300 м. Размещенная на центральной улице студгородка, она спровоцировала автомобильную пробку. Чтобы передать модель в хьюстонский музей естественных наук, ее пришлось укоротить в 2,5 раза.

Стихотворение Петера Бутцлоффа заканчивается так:

Oh Nanotube
of carbon crude,
so cumbersome we trundle
through pass of phase,
by time decays,
and character to bundle!

Можно предложить, например, такой вольный перевод:

О, нанотрубка углерода,
Мы тратим месяцы и годы,
Чтобы средь фаз в конце пути
Смогла ты место обрести.

Действительно, ученым потребовалось немало времени, чтобы разобраться со свойствами нанотрубок.

Что еще почитать о нанотрубках

Э.Г.Раков. Нанотрубки и фуллерены. М.: Физматкнига, 2006

Э.Г.Раков. Методы получения углеродных нанотрубок. «Успехи химии», 2000, 69, 1, 41—59.

Э.Г.Раков. Химия и применение углеродных нанотрубок. «Успехи химии», 2001, 70, 10, 925—973.

О подписке



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

Стоимость подписки
на первое полугодие 2016 года
с доставкой по РФ — 1020 рублей,
при получении в редакции — 600 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru

Справки по телефону
(495)722-09-46.

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»

История химии с географией

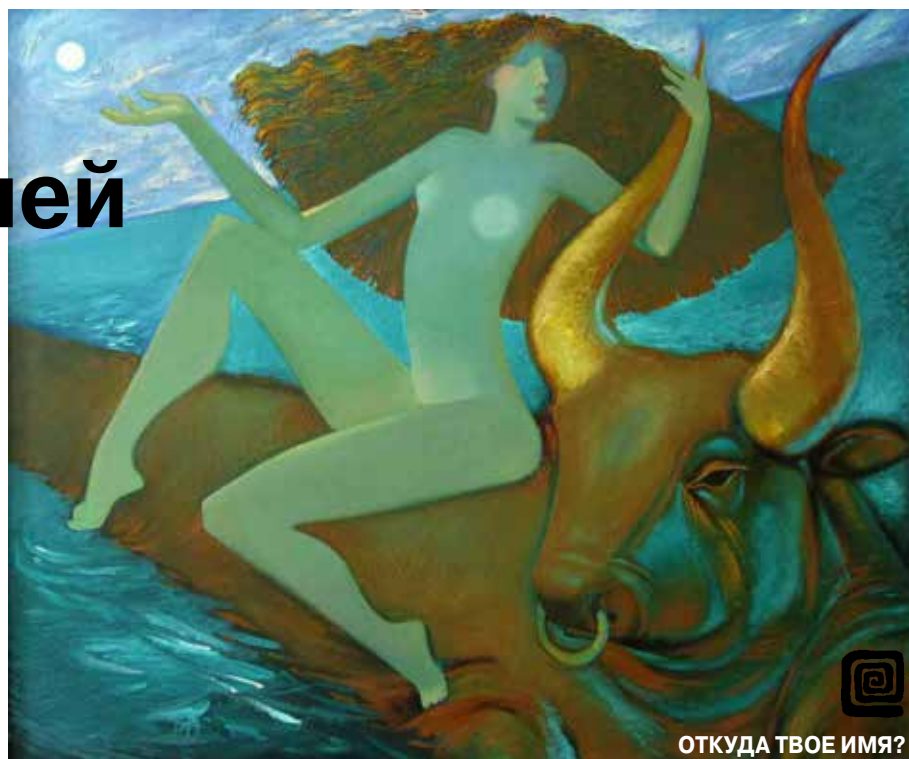
И.А.Леенсон



«Географические» элементы известны давно. Самое старое название, латинское *cyprium* связано с островом Кипр, где уже в III веке до н. э. производилась выплавка меди. По-гречески Кипр — *Kypros* (от *kyrarissos* — кипарис). Римляне называли медь *aes Cyprium* — металл с Кипра.

Остальные «географические» элементы намного моложе. Европий открыт в 1886 году, а название получил лишь в 1901-м. Как известно, Европа была названа в честь мифической Европы, дочери финикийского царя; Зевс, обернувшийся быком, похитил ее и приплыл с ней на остров Крит, то есть в современную Европу.

Америций получен искусственно в 1944 году и назван в честь Америки. Берклий синтезирован в 1949 году в городе Беркли, а калифорний — в 1950 году в Калифорнийском университете. Галлий открыт в 1875 году и назван в честь Франции (лат. *Gallia*) — как и франций, открытый в 1939 году. С Францией связан и лютеций — от латинского названия Парижа *Lutetia Parisorum*. Гафний, как ни удивительно, носит имя Копенгагена (лат. *Hafnia*). К «немецким» элементам относятся германий и рений (в честь Рейнской провинции). На латыни Польша — *Polonia*, отсюда название полония. Рутений назван в честь России (лат. *Ruthenia*). Много элементов имеют шведские названия. Скандий — от Скандинавии; иттрий, иттербий, тербий, эрбий — от шведского селения Иттербю на острове Ресарё близ Стокгольма. Гольмий — от старого латинского названия Стокгольма (*Holmia*), а тулий — в честь Скандинавии: у античных географов крайний северный



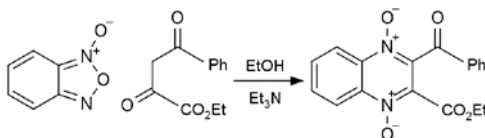
Виктор Архипов. Похищение Европы

«предел мира» называли *Thule*.

Стронций обнаружили в минерале стонциане, найденном близ шотландской деревни Стонциан. Магний и марганец — от Магнесии в Малой Азии. Бериллий, как и минерал берилл, — возможно, от города Белур (Велур) в Индии.

Последние десятилетия добавили еще четыре «географических» элемента: дубний был впервые получен на ускорителе в Дубне, хассий — от названия федеральной земли Гессен (лат. *Hassia*), дармштадтий был синтезирован в Дармштадте, а ливерморий — близ города Ливермора в штате Калифорния.

А есть ли, помимо элементов, химические соединения, названные в честь стран и городов? Их сравнительно немного, они мало известны, но все же они существуют. В 1965 году Костас Исидоридес и Махлуф Хаддадин, работавшие в Американском университете в Бейруте, разработали удобный метод синтеза хиноксалин-1,4-диоксидов, например

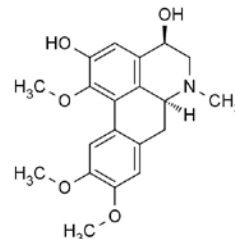


Бейрут-реакция

Этот метод синтеза назвали «Бейрут-реакцией» (иногда по ошибке пишут «реакция Бейрута», что можно принять за фамилию). Один из продуктов этой реакции, 1,4-ди-N-оксид 2-оксиметил-3-метилхиноксалин, нашел применение

в ветеринарии в качестве антибиотика для лечения свиней от дизентерии и сальмонеллеза. Хотя, конечно, со свиньями работали уже не в Бейруте. А вскоре крупнейшая американская фармацевтическая компания «Пфайзер» выпустила этот препарат под торговой маркой «мекадокс».

В 1978 году группа исследователей во главе с Морисом Шаммой из университета штата Пенсильвания увековечила в названии нового вещества Шри-Ланку (до 1972 года это государство называлось Цейлоном, а *Sri Lanka* по-сингальски — «блистательная страна»). Шамма занимался химией природных соединений, которые выделял из растений, растущих в разных странах. Из дерева рода *Alseodaphne* семейства лавровые, привезенного из Шри-Ланки, сотрудники Шаммы выделили новый изохинолиновый алкалоид и назвали его шриланкином.

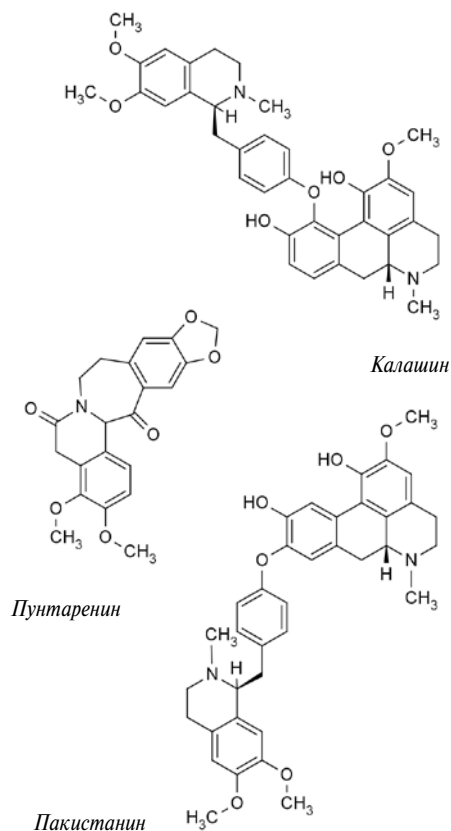


Шриланкин

Как рассказал сам Шамма, он вместе со специалистом по систематике растений С.Баласубраманианом объезжал южные районы Шри-Ланки в поисках интересных для химика растений. Неожиданно ботаник остановил авто-

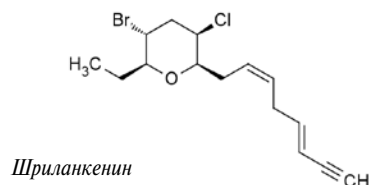
мобиль у одного коттеджа и, указав на росшее около него дерево, воскликнул: «Вот это!» Найдя хозяина коттеджа, они купили кусок ствола, сговорившись на «королевской» цене в 50 центов.

Шри-Ланка — не единственный топоним, введенный группой Шаммы в химию алкалоидов. Из остальных можно упомянуть пунтаренин (чилийский город Пунта-Аренас), истамбуламин, калашин (долина Калаш в Пакистане у афганской границы), а также пакистанин и пакистанамин. К сожалению, нет сведений о том, собирал ли Шамма растения в России.



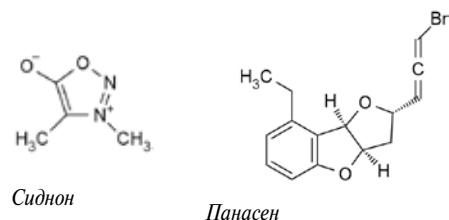
Морские обитатели тоже внесли свой вклад в копилку «географических» названий веществ. В 1983 году сотрудники Пола Шойера из Гавайского университета выделили из морского зайца (он же аплизия) производное тетрагидропирана с октадениновым заместителем, содержащее в кольце также по атому хлора и брома.

Это соединение называли шриланкенином в честь родины одного из сотрудников Шойера. Как выяснилось, они не знали про работу своих коллег из Пенсильвании, иначе назвали бы это соединение как-нибудь иначе (подошло бы, например, «цейлонин»).



Шриланкенин

Синтезированное в 1935 году в Сиднее производное оксадиазола было впоследствии названо сидноном (показана одна из его резонансных структур). А одно из его производных, синтезированное в Мюнхене, назвали мюнхоном. Необычное в химии природных соединений производное бромаллена называется панасен, так как группа сотрудников Корнеллского и Колумбийского университетов получила его из моллюсков, выловленных близ селения Панасии (Panasea) в штате Флорида.



Сиднон

Панасен

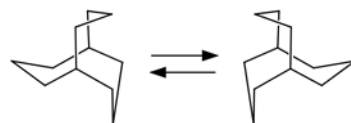
В 1982 году была установлена структура антиракового антибиотика, выделенного из почвенных бактерий. По месту проведенного исследования (город Фредерик, штат Мэриленд) его назвали фредерикамицином А.

Специалистам в области низкотемпературного окисления алканов известна так называемая GIF-система — реакция в присутствии порошка железа, карбоновой кислоты, пиридина и воды. Название дано по городу Жифсьюр-Иветт (Gif-sur-Yvette), в котором находится Французский национальный центр научных исследований, а вовсе не по формату графических файлов gif.

Остров Мэн в Ирландском море известен своими бесхвостыми кошками и трехногим гербом, он встречается на монетах, причем в виде двух «энантиомеров». И когда в совместной работе североирландских и шотландских химиков был синтезирован бицикло[3.3.3]ундекан, оказалось, что в нем происходит быстрое взаимное превращение двух конформеров. Из-за сходства структуры с гербом острова это вещество называли мэнксаном (от англ. manx — жители острова, а также язык, на котором они говорят).



Монеты с гербом острова Мэн

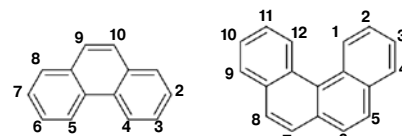


Мэнксан



ОТКУДА ТВОЕ ИМЯ?

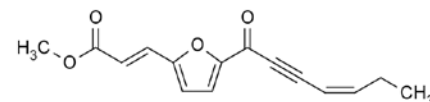
Географические ассоциации появились у британского профессора Дери Джонса, когда он рассматривал различия реакционной способности атомов водорода в ряде полициклических углеводородов, например в молекуле фенантрена. Атомы водорода в положениях 4 и 5 он обозначил как H_b, от англ. bay — залив, а остальные — как H_p, от peninsula — полуостров. Раз есть заливы, должны быть и фьорды. Именно так Дери Джонс и Кейт Бартле назвали в 1972 году глубокий «вырез» в молекуле бензо[с]фенантрена, а атомы водорода в положениях 1, 12 обозначили соответственно как H_f (от норвежского fjord — узкий залив с обрывистыми берегами).



Фенантрен

Бензофенантрен

Некоторые органические соединения названы в честь научных учреждений. Когда сотрудники Уай-колледжа в Лондоне выделили из кормовых бобов кетон, обладающий фунгицидным действием, они назвали его уайроном.



Уайрон

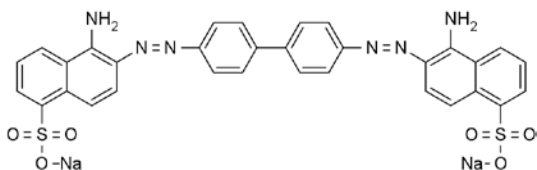
Несколько слов о «географических» минералах. По континентам и государствам названы антарктилит, арктит, афганит, бразилианит, заирит, зимбабвеит, индиалит, иранит, казахстанит, конголит, македонит, марокит, сенегалит, суринамит, таджикит, танзанит, тунисит, узбекит, шотландит, шриланкит; по городам названы багдадит, боксит, колчедан, курсит, ярославит, халцедон; по горам и рекам — арденнит, балканит, везувиан, ильменит, иртышит, карпатит, колымит, тунгусит, тяньшанит, уралит, уралолит и уралборит, хибинскит. И еще немного названий, о происхождении каждого из которых нетрудно догадаться: айоваит, алтаит,



ОТКУДА ТВОЕ ИМЯ?

англезит, андалузит, аризонит, камчат-
кит, карелианит, кубанит, кызылкумит,
лапландит, миннесотаит, орегонит, са-
хаит, сибирскит, суссексит, таймырит,
тундрит, юконит.

Города и страны «отметились» также
в аугсбургском металле (сплав 72%
Cu, 28% Zn), сплаве канадии (11% Pd,
22% Pt, остальное — Ni), баденской
кислоте, бордоской жидкости, взрыв-
чатых веществах бавариете и лиддите и
отравляющем веществе иприте, в алка-
лоиде тебаине, Чикаго-кислоте, смоле
Колумбии, красителях судане и конго
красном. В начале 1960-х годов, когда
в Центральной Африке происходили
бурные события, американский «Жур-
нал химического образования» («Journal
of Chemical Education») опубликовал
шуточный вопрос, якобы заданный на
экзамене по органической химии: What
is the formula for political intrigue in Cen-
tral Africa? В качестве ответа нужно было
написать формулу:

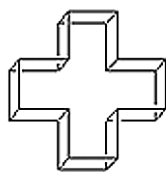


Почему? Потому, что это структурная
формула красителя Congo Red!

Закончим наше путешествие двумя
неожиданными «изомерами» — угле-
водородными молекулами изразлана
и гельветана (от лат. Helvetia — Швей-
цария). И хотя они никогда не были
синтезированы, им присвоены реги-
страционные номера.



Изразлан



Гельветан



Ниобий: факты и фактики

А. Мотыляев

**Почему ниобий называют колум-
бием?** В сентябре 1913 года Совет
международной ассоциации химиче-
ских обществ на заседании в Брюсселе
назвал 41-й элемент Периодической
системы Д.И. Менделеева ниобием
и дал ему символ Nb. Американцы с
этим были категорически не согласны,
и по сей день многие англоязычные
материаловеды называют ниобий ко-
лумбием. Дело в том, что этот элемент
в 1801 году открыл английский химик
Чарльз Хатчетт, исследуя странный
американский минерал. В нем была об-
наружена неизвестная металлическая
кислота, а металл, который образует ее
ангидрид, Хатчетт и назвал колумбием.
Год спустя Андрес Экеберг в Швеции
также нашел новый элемент в похожем
минерале из Финляндии и назвал его
танталом. Уильям Волластон в 1809 году
проанализировал оба элемента и счел
их идентичными. Логично было бы
отвергнуть второе название и оста-
вить за элементом первоначальное
— колумбий. Но этого не произошло.
Сорок лет после открытия Хатчетта
химики использовали оба имени в
зависимости от личных предпочте-
ний. Однако в 1844 году ситуация
усложнилась. Исследуя колумбиты
и танталиты из разных местностей,
немец Генрих Розе нашел в них еще
два элемента — ниобий и пелопий.
Открытие второго не подтвердилось,
ниобий же, судя по всему, был тем са-
мым колумбием. Однако стараниями
немецких химиков старое имя было
забыто, и с тех пор в Европе данный
элемент называют ниобием. Впрочем,
англосаксы продолжали именовать его
колумбием — под этим названием он
вошел в Британскую энциклопедию и
в рекомендации химической секции
Американской ассоциации содействия
развитию науки. Причиной путаницы
было, видимо, то обстоятельство, что
Волластон при описании своих опытов
использовал название «танталиты»,
про колумбий не упоминал, а своему
ниобию приписал больший вес, чем у
известного тогда тантала-колумбия.

41		Nb	
1	12	18	8
2	4d	45s	1
92,9064±1		НИОБИЙ	

Американцы пытались бороться за
приоритет (см., например, «Science»,
1914, 39, 995, 139—140), но европейцы
не обратили на это внимания — веро-
ятно, в 1914 году им было не до того. В
1950 году ИЮПАК окончательно утвер-
дил название «ниобий».

Каковы свойства ниобия? Для хи-
мика — это металл, который обычно
проявляет валентность +5. Он может
входить в состав солей и как катион, и
в кислотном остатке. Соли ниобиевых
кислот называют ниобатами. Бывают
и двойные соли ниобиевой кислоты,
например с участием галогенов, при-
чем наиболее охотно образуются
фторниобаты. Именно ниобаты — ос-
нова минералов, содержащих ниобий.
Первый такой минерал — тот самый
колумбит, с которым работал Чарльз Хат-
четт, — имел состав $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$.
Основным промышленным источником
ниобия сейчас служит фторниобат пи-
рохлор — $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{NbTaTi})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$.
Как видно из формулы, хлора он не
содержит, а называется так пото-
му, что при прокаливании зеленеет:
по-гречески пир — огонь, а хлорос —
зеленый. Основные месторождения
этого минерала находятся в Канаде и
Бразилии, где добывают 90% ниобия, а
в 70-х годах крупнейшим поставщиком
была Нигерия. Сам по себе пирохлор
эти страны не продают — на экспорт
идет выделенный из минерала оксид
ниобия или феррониобий. никельниоб-
ий — эти вещества добавляют в сплавы
при легировании ниобием. Другой
распространенный минерал, лопарит,
имеет состав $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})_2(\text{NdTi})_2\text{O}_6$.
Его, в частности, добывают на Кольском
полуострове.

Для металлурга ниобий — прежде
всего металл с высокой температурой
плавления (2468°C), на котором при
нагреве образуется прочная оксидная
пленка. Одним словом, жаропрочный
материал. При этом ниобий еще и
самый пластичный из жаропрочных, а
от ближайшего коллеги по этой про-
фессии — тантала — отличается вдвое
меньшим удельным весом.

**Как ниобий извлекают из мине-
рала?** Это сложный процесс. Самое
главное — разделить ниобий и тан-



тал. Долгое время пользовались тем обстоятельством, что комплексный фторид ниобия растворим, а фторид тантала — нет. Соответствующий метод в 1866 году предложил Жан-Шарль Галлисар де Мариньяк, но хорошего разделения достичь не удавалось. Сейчас используют избирательную экстракцию, ионный обмен, ректификацию, и на выходе получают оксид или хлорид пентавалентного ниобия. Далее, если нужен чистый металл, его можно восстановить и несколько раз переплавить (подробности см. в «Химии и жизни», 1968, № 3). В общем, понятно, что ниобий — металл не из дешевых, хотя он и дешевле того же тантала. Мировой объем его производства составляет несколько сотен тонн в год.

Для чего применяют ниобий в металлургии? Основную часть ниобия используют по назначению — для легирования теплостойких, коррозионностойких сталей и жаропрочных никелевых сплавов. Что он там делает? Например, коррозионную стойкость можно повысить добавлением гораздо более дешевого хрома. Однако сталь — это сплав железа с углеродом, а хром охотно образует карбиды. Ниобий образует карбиды еще охотнее — он свяжет излишний углерод раньше хрома и сохранит его в металлическом виде. Заодно карбидные частицы упрочнят сталь. Применяют ниобий и для микролегирования. Малые его добавки — менее десятой доли процента — позволяют существенно облагораживать дешевую сталь, используемую в строительстве или при производстве труб. Карбиды и нитриды ниобия не только упрочняют сплав, но и не дают расти зерну, что повышает прочность и уменьшает вероятность разрушения. Микролегирование улучшает качество стали без существенного роста цены, однако требует хорошей культуры производства.

В жаропрочных сплавах ниобий также входит в состав упрочняющих частиц интерметаллида Ni_3Nb , но они играют гораздо большую роль, чем в стали, поэтому содержание ниобия довольно высокое. Так, в сплаве Инконель-718 — его 5% по весу. Этот сплав, придуманный в США в 1963

году, знаменит тем, что в 70-е годы он составлял половину всего объема производства жаропрочных сплавов и шел на изготовление нагреваемых элементов обшивки самолетов и деталей двигателей; впрочем, этот сплав до сих пор широко применяют в авиационной промышленности.

Третья крупная область применения ниобия — в виде карбида он входит в состав сверхтвердых материалов на основе кобальта и карбида вольфрама. Такие материалы идут на изготовление технологической оснастки, например, штампов для горячего прессования или резцов.

Зачем ниобий электротехникам?

Ниобиевые конденсаторы в микросхемах используют издавна. Теперь же он может пригодиться в суперконденсаторах, или ионисторах. Это накопители электрического заряда, которые могут его быстро отдать. Этим они отличаются от аккумуляторов, которые отдают заряд медленно, но долго. Другое отличие: суперконденсатор выдерживает многие тысячи циклов зарядки-разрядки без заметного ухудшения своих свойств. Предполагается, что суперконденсаторы должны обеспечивать движение электромобиля при пиковых нагрузках, например при трогании с места или резком ускорении, а аккумуляторы — при стабильном движении. Суперконденсаторы теперь устанавливают в троллейбусах, чтобы они могли объезжать препятствия, отсоединившись от проводов.

Однако не так давно появилась идея о гибридных суперконденсаторах, которые, несмотря на большую плотность тока, не сразу отдают свой заряд, то есть могут служить и аккумуляторами. Для этого они должны обеспечивать высокую плотность и энергонасыщенности, и мощности, а это зависит от качества электродов. Сейчас лучшие электроды обеспечивают плотности мощности до 18,5 кВт на килограмм веса ионистора при плотности энергии 15 Вт·ч на килограмм. Опыты с пористым анодом из композита, содержащего оксид ниобия (который плохо проводит ток, будучи полупроводником) и углерод, дали огромный рост энергонасыщенности — до 75 Вт·ч на килограмм. Исследователи считают, что такой ниобиевый анод уже может найти применение в реальных устройствах («ACS Nano», 2014, 8, 9, 8968—8978; doi: 10.1021/nn501972w).

Суперконденсаторы могут понадобиться не только для автомобилей, но и как встроенный в одежду источник питания для электроники. В этом случае основным параметром оказывается запас энергии, приходящийся уже не на единицу веса, а на единицу объема.



Такое устройство нужно делать из гибкого и прочного волокна, и его прототип не так давно создали из нанотрубчатых и графеновых волокон.

Однако пряжа из ниобиевых волокон показала гораздо лучшие характеристики — пиковые значения плотности мощности и энергонасыщенности соответственно в два и пять раз выше, чем у углеродных материалов: 55 Вт/см³ и 7 мВт·ч/см³. Высокую мощность обеспечила металлическая проводимость нановолокон, а энергонасыщенность — большая площадь их поверхности в пряже. По упругости и гибкости ниобиевая нить не уступает углеродной («ACS Applied Materials Interfaces» 2015, 7, 25, 13882—13888; doi: 10.1021/acsami.5b02327).

Может ниобий поработать и в новых литиевых батареях. Сейчас литий на электроде аккумулятора входит в соединения с трехвалентными металлами — никелем, кобальтом, образуя соединения LiMeO_2 . Опыты с четырехвалентными, например, рутением или марганцем позволили предположить, что увеличение количества ионов лития в соединении обеспечит рост емкости при удовлетворительной устойчивости к циклам зарядки-разрядки. И вот дело дошло до пентавалентного ниобия, с которым получается ниобат состава Li_3NbO_4 . Они дали 300 мА·ч на грамм материала при 50°C, что считается перспективным («Proceedings of the National Academy of Science», 2015, 23, 112, 25, 7650—7655; doi: 10.1073/pnas.1504901112).

Зачем ниобий биологам? Быстро развивающийся раздел молекулярной биологии — фосфопротеомика — изучает присоединение фосфатных групп к белкам. Поскольку фосфорилирование изменяет активность белков, наблюдая за ним, можно сделать важные выводы и о функциях отдельных генов, и о процессах, идущих в клетке, а также найти новые мишени для лекарств. Идентифицируют такие белки с помощью металл-аффинной хроматографии, для чего в смесь белков добавляют реагент, содержащий ионы металла. Они связываются с отрицательно за-

ряженными фосфатными группами на пептиде. Обычно для таких анализов используют трехвалентные ионы металлов. Как оказалось, магнитные наночастицы, к которым прикреплены пентавалентные ионы ниобия, обладают исключительной способностью связываться с такими группами: они могут вылавливать искомое вещество из смеси с чрезвычайно высокой избирательностью — при фемтомолярных концентрациях.

Зачем ниобий ювелирам? Чтобы создавать необычные украшения. Дело в том, что пленки оксида ниобия, как и некоторых других металлов, окрашены в разные цвета в зависимости от толщины. Например, австрийская компания «Münze Österreich AG» изготавливает сувенирные монетки всех цветов радуги, сначала нанося ниобий на серебро, а затем контролируемо окисляя его. Коррозионная стойкость и прочность ниобия надолго сохраняют разноцветные рисунки. Делают из него брошки, а также серьги и прочие украшения для пирсинга, — этот металл не вызывает аллергии.

Как ниобий может работать в солнечно-водородной энергетике? Получать водород за счет разложения воды под действием солнечного света — мечта сторонников альтернативной энергетики. Ведь это позволит добывать топливо без затрат энергии. Фотоллиз воды идет и сам по себе, но с очень маленьким выходом. Для его ускорения нужен катализатор, например соединения тяжелых металлов. В одном из опытов для этого использовали этилат ниобия (соединение с остатком этилового спирта). Как оказались, эти молекулы не проявляют склонности к самоорганизации, поэтому их можно равномерно перемешать с другими коллоидными частицами и получить превосходные мономолекулярные листы ниобата — по эффективности они оставили далеко позади основных



конкурентов, листы из смеси ниобия с графеном или дисульфидом молибдена («Chemical Communications (Cambridge)», 2014, 50, 89, 13702—13705; doi: 10.1039/c4cc04726e). Другой пример: для создания фотоэлектрохимической ячейки на пленку селенида кадмия нанесли наночастицы оксида ниобия. Они повысили эффективность преобразования энергии в 23 раза, а покрытие сохранилось в целости целых четыре часа вместо обычных десятков минут («Langmuir», 2014, 30, 51, 15540—15549, doi: 10.1021/la503713t).

Зачем ниобий медикам? Врачей привлекают его высокая стойкость к коррозии. При этом содержащие ниобий сплавы по другим характеристикам не уступают аналогам. Так, Ti-16Nb-2Sn — более коррозионностойкий конкурент знаменитого нитинола, сплава с эффектом памяти

формы на основе интерметаллида NiTi. Из нитинола уже давно делают различные имплантаты. Сплав Nb-60Ta-2Zr лучше, нежели кобальт-хромовые сплавы или сталь, подходит для изготовления стентов, расширяющих сосуды. А новая кость прекрасно растет на пористом покрытии имплантата из сплава Ti-35Nb.

Зачем ниобий физикам? По сей день это важнейший элемент сверхпроводящих обмоток для мощных магнитов. Такие магниты предназначены, в частности, для уникальных приборов, подобных Большому адронному коллайдеру или строящемуся термоядерному реактору ИТЕР. Дело в том, что сплав Nb-Ti, а также интерметаллид Nb₃Sn не только становятся сверхпроводящими при температуре выше точки кипения жидкого гелия, но и выдерживают высокую плотность тока и сильные магнитные поля. Высокотемпературным керамическим сверхпроводникам такое пока не под силу. Сверхпроводимость у интерметаллида лучше, чем у титан-ниобиевого сплава, однако он хрупок, поэтому из него долго не могли изготовить гибкий кабель. Пришлось делать композит из медь-оловянного сплава и ниобиевых проволочек. Затем композит нагрели, олово стало переходить в ниобий, и на границе со сплавом получилась тонкая зона интерметаллида. Эти тонкие оболочки и обеспечили прохождение мощного сверхпроводящего тока.

Что может помешать использованию ниобия? Ограничения на поставки этого металла, вызванные разного рода эмбарго, ведь добыча сосредоточена всего в двух странах. Впрочем, потребности РФ удовлетворяют отечественные залежи лопарита.



История с ниобиевым долотом



Одно из соединений ниобия, литиевый ниобат LiNbO₃, служит компонентом электронных схем. Здесь используют его пьезоэлектрические свойства: благодаря способности преобразовывать электрический сигнал в оптический и наоборот, с помощью монокристаллического ниобата лития строят прекрасные фильтры и другое акусто-электрические устройства. Дело в том, что резонансная частота такого фильтра зависит исключительно от свойств включенного в него кристалла, поэтому при пьезоэлектрическом преобразовании большинство шумов будет отсечено. Ниобат лития применяют во многих устройствах, принимающих радиоволны, прежде всего в мобильных телефонах. Применяют это вещество и для удвоения частот лазерного излучения, в устройствах нелинейной оптики, в качестве оптических волноводов, оптических переключателей.

Исходное сырье для их изготовления — поликристаллический ниобат лития — получают, в частности, на Соликамском магниевом заводе. Источником ниобия служит привезенный с Кольского полуострова лопарит, а лития — гидроксид этого элемента. Однажды так получилось, что литиевый гидроксид слежался и образовал плотнейшую массу, по прочности не уступающую бетону. Как ее расколоть, чтобы доставить в цех? «Стальной лом в этом случае не годится — кристаллы ниобата должны быть очень чистыми, примеси железа потом пришлось бы как-то отчищать, — объясняет химик-технолог завода А.Чуб. — Нашли такое решение: сделать ниобиевое долото — ведь ниобий и так входит в состав этого соединения». Долото выковали на том же заводе из имеющегося металла и с его помощью, правда, не без труда, разбили прочную глыбу.



АНАЛИТИКА ЭКСПО

14-я Международная выставка ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТИВОВ

12–14 апреля 2016 года
МОСКВА, КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»



ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД НА САЙТЕ

www.analitikaexpo.com



Организатор
Группа компаний ITE
Тел: +7 495 935 81 00
E-mail: analitikaexpo@ite-expo.ru

Генеральный инфо-партнер:



Экзамен



Художник С. Дергачев

Борис Пономарев

НАНОФАНТАСТИКА

В любом универе всегда есть какой-нибудь очень строгий препод по второстепенному предмету. У нас, в Университете космоса, таким был профессор Всеволод Дмитриевич Овсиенко, он же Овес. Про то, как он принимает «Историю технологий космонавтики», ходило бесчисленное множество легенд. Обычно они оканчивались достаточно грустно: «Весь материал можно выучить только года за три, а списать у него невозможно».

...Наша группа будущих космических штурманов уже сидела в аудитории перед экзаменом. Мысли у нас были обращены к более приземленным вещам, нежели астрономическая навигация или прокладка курса через гиперпространство, — нам предстояло миновать черную дыру экзамена. Каждый прокладывал свой маршрут.

— В самом деле, — обратился к нам Всеволод Дмитриевич, — экзамен не столь сложен, как может показаться. Да, конечно, при подготовке надо было много прочитать и запомнить. Но разве по другим предметам вы учили меньше? — задал он риторический вопрос и, сделав паузу, продолжил: — Вы, кажется, сказали «да», молодой человек?

Я обернулся и посмотрел на один из задних рядов, где покрасневший Виталик пытался стать как можно незаметнее.

— Я полагаю, — дружелюбно начал Овес, — что вы готовились не очень много. Даже отсюда я вижу, что у вас на левой

руке под видом электронных наручных часов мини-компьютер. Вы ошиблись. Такие компьютеры студенты носили лет сто назад. Сейчас их носит только ностальгирующая интеллигенция, к которой, с вашего позволения, я отнесу и себя. В любом случае компьютеры на экзамене запрещены, а сдать без его помощи вы, видимо, не сможете. Так что рекомендую вам сразу покинуть аудиторию и позаниматься.

Мы тяжело вздохнули. «Овес заколосился» — началась традиционная процедура перед экзаменом. Сейчас профессор неторопливо пройдет по аудитории и дружелюбным тоном беспощадно отправит всех, кто со шпорами, на переэкзаменовку. Еще никому и никогда не удавалось списать у него на экзамене. Какие бы продвинутые технологии ни использовали студенты, пронести шпаргалку не получалось. И добрый голос Овса только подчеркивал беспощадность процесса.

«Скорей бы уже началось, — подумалось мне. — Не могу смотреть на этот театр абсурда».

— Или вот вы. — Всеволод Дмитриевич посмотрел на Сергея добрым взглядом сквозь старомодные стеклянные очки. — Я же вижу по блеску и моторике ваших глаз, что вы всю ночь провели за гипнотренингом. Это абсолютно бесполезно. Во-первых, вы сажаете себе нервную систему. Во-вторых, я просто переформулирую вопрос из билета, и вы уже не сможете на него ответить. Именно поэтому гипнотренинг не применяется уже более пятидесяти лет. Если бы вы лучше готовились, то знали бы это и выбрали другой, более эффективный для моего экзамена метод. Например, контактные дисплейные линзы, не правда ли?

Олег, сидевший за Сергеем, изменился в лице и торопливо опустил взгляд, но было уже поздно.

— Впрочем, — продолжил Овес, — ни то ни другое не имеет права быть на экзамене. Он еще не начался. Рекомендую добровольно уйти на пересдачу, этим вы побережете свое и мое время. Или вот вы, сударыня, — экзаменатор повернулся к Ольге, одной из немногих девушек нашей группы. — Платье с поляризующимися нитями — это слишком заметный способ. Если я сменю свои очки на поляроиды, то что я смогу прочитать на нем? Ответ на первый вопрос девятого билета? Профессор, конечно, лопух, но очки-поляроиды при нем, при нем.

Овес был поклонником старинных двумерных фильмов.

— В годы моего студенчества, — лирично продолжил он экзекуцию, — а было это лет сто назад — девушки чаще применяли другие, более классические методы. Например, надевали красивые платья, чтобы отвлечь преподавателя. Иногда это было куда эффективнее, чем нынешние способы наподобие вашего. Избранный вами путь ведет прямо к пересдаче. Допустить вас в этом платье на экзамен я не могу.

...На экзамен прошли только десять человек. Мне достался билет номер тринадцать. Несмотря на роковое число, вопросы в нем были не самыми сложными. Вот только предстояло много писать — про каждый из шести типов пространственно-ориентированных кристаллов в двигателях кораблей середины XXI века.

Овес стоял у открытого окна, отвернувшись от нас. Вся его поза говорила об умиротворении. Шпаргалки успешно отловлены, студенты готовятся отвечать, а пока можно расслабиться и насладиться теплым летним воздухом.

Я осторожно достал из рукава пиджака виртуозно сложенный гармошкой листик бумаги. Вчера я напечатал на нем самым мелким шрифтом все то, что уже не запоминалось.

Периодически поглядывая на Овса, я нашел в гармошке нужное место и начал писать ответ...

Черная дыра экзамена осталась позади. Уходя от Овса с пятеркой, я подумал: а ведь действительно, проверенные временем методы могут быть весьма эффективными.



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Льюис Уолперт

Чудесная жизнь клеток:
как мы живем и почему
мы умираем.

О стволовых клетках, раковых
опухолях, старении — и о многом
другом...
ЛомоносовЪ, 2013



Что мы знаем о клетках, из которых состоим? Скорее мало, чем много. Льюис Уолперт восполнил этот пробел — и получилась не просто книга, а руководство для понимания жизни человеческого тела. Как клетки зарождаются, размножаются, растут и угасают? Как они обороняются от бактерий и вирусов и почему умирают? Жизнь одной маленькой клетки — и жизнь человека...

Поль де Крюи

Охотники за микробами:
лучшая книга о величайших
открытиях в микробиологии
Астрель, 2012



Эта книга входит в сотню лучших научно-популярных книг всех времен. Новые и новые поколения читателей открывают для себя историю первых микробиологов, вступивших в борьбу с извечными врагами человека — болезнетворными микробами.

Нил Шубин

Вселенная внутри нас:
что общего у камней,
планет и людей
АСТ, 2013



Нил Шубин утверждает, что человек состоит в кровном родстве не только со всеми живыми организмами, но и с землей, с водой и воздухом, с нашей планетой, с Галактикой и всей Вселенной. Наши тела сотканы из звездной пыли за миллиарды лет эволюции. Автор пересказывает — буквально с космическим размахом — историю человечества, начавшуюся еще в момент Большого взрыва.

Александр Панчин

Сумма биотехнологии
АСТ, CORPUS, 2015



«Сумма биотехнологии» Александра Панчина — это увлекательный научно-популярный рассказ о генетически модифицированных организмах (ГМО), их безопасности и методах создания, а также о других биотехнологиях, которые оказались в центре общественных дискуссий. Из книги вы узнаете все самое интересное о чтении молекул ДНК, возможности клонирования человека, создании химер, об искусственном оплодотворении и генетической диагностике, современных методах лечения наследственных заболеваний с помощью генной терапии, о перспективах продления человеческой жизни и победы над старением.

Рафаил Нудельман

Тайные ходы природы:
Как гены-заики
и другие чудеса ДНК
определяют пути эволюции
ЛомоносовЪ, 2013



Эта книга рассказывает о невероятных путях эволюции живого на Земле и отвечает на многие вопросы, общие и частные. Как возникли мужской и женский пол? Почему термиты таракана при приближении другого вида взрываются, словно камикадзе? Как и зачем рачок-саккулина меняет пол краба, на котором паразитирует? И еще один общий вопрос: какую роль во всех этих странностях и невероятностях играют гены?

**Эти книги можно приобрести
в Московском доме книги.**

**Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91**

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Как сделать, чтобы человек зимой не вспотел? Рассуждения на эту тему приводят нас к 1995 году, когда свой нанограмм золота от Игнобелевского комитета за работу в области общественного здоровья получили Марта Колд Баккевиг из норвежского внедренческого центра «Sintef» и Рут Нильсен из Датского технического университета. А изучали они влияние мокрого исподнего белья на терморегуляцию человека в холодном климате.

Как уже отмечала «Химия и жизнь», вареных с подъемника еще ни разу не снимали, а вот обмороженные бывали. Однако эта житейская горнолыжная мудрость не уточняет, что делал горнолыжник перед тем, как сесть на подъемник. Например, он мог идти по интересной трассе, покрытой высокими ледяными буграми или по колено засыпанной свежим снегом. На такой трассе приходится тратить немало сил, и, оказавшись внизу, он, скорее всего, почувствует, что нижнее белье впору выжимать, особенно если оделся тепло. Пот же, испаряясь, станет отнимать тепло у организма, который, сидя в кресле подъемника, то есть, не выполняя никакой работы, будет охлаждаться. Кроме того, пот, пропитав одежду, резко увеличивает ее теплопроводность, не говоря уж о слое жидкости непосредственно на коже. В общем, тут совсем недалеко до переохлаждения.

С другой стороны, если физические упражнения выполняются слишком долго и в жарком климате, из-за плохого отвода тепла человек может и перегреться: в США смертность среди спортсменов от перегрева стоит на третьем месте после остановки сердца и перелома шеи.

В среднем человек, находясь в покое, выделяет за счет реакций обмена веществ 58 Вт на квадратный метр поверх-

Изготовители одежды, прежде всего спортивной, военной или какого-либо специального костюма, да и не только они, долгие годы пытаются найти формулу идеальной ткани, способной обеспечить комфорт человеку при значительных колебаниях его тепловыделения, но успехи довольно скромны.

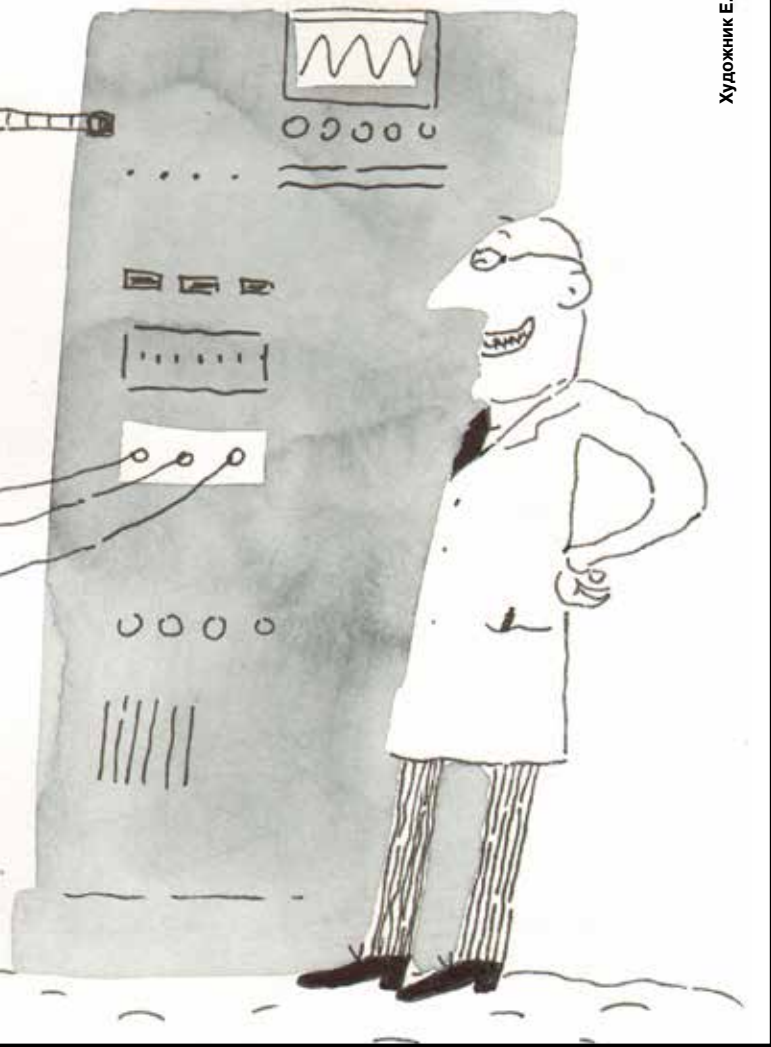
Потный парадокс



ности, а поверхность взрослого человека среднего роста — немногим меньше двух квадратных метров. Переваривание пищи может на несколько часов повысить поток этого тепла на 15%. А вот движения мышц дают гораздо больший эффект. Так, дрожание от холода увеличивает тепловыделение трехкратно, выполнение тяжелой работы или физических упражнений — в 10—13 раз, в зависимости от индивидуальных особенностей физиологии, при этом скорость образования пота возрастает до 1,8 литра в час. Зимой человек специально надевает несколько одежек, чтобы не замерзнуть, то есть, ограничить поток тепла от тела. И тогда резкий рост тепловыделения неизбежно приводит к перегреву. Так, наблюдения за финскими пограничниками во время семичасового

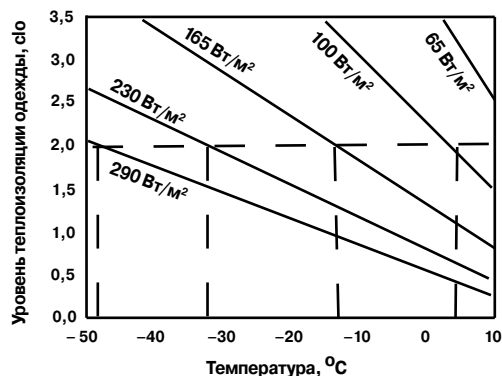
лыжного перехода показали, что температура кожи у них меняется в интервале от 28 до 33°C, а ведь уже 31,5°C соответствует ощущению «жарко». Неудивительно, что организм выделяет пот: испаряясь, он забирает тепло и обеспечивает охлаждение.

Однако у человека в одежде этот проверенный миллионами лет эволюции способ не работает: одежда мешает удалению пара, он насыщается и конденсируется. Потоки тепла и пара в человеческой одежде физио-



логи изучают уже более полувека. Например, в отмеченной премией статье самая ранняя ссылка датирована 1947 годом.

Казалось бы, что тут сложного: обвешал человека датчиками, надел на него изучаемую одежду, посадил в климатическую камеру и все, что нужно, померил. Это делали не один раз, и не только на людях-добровольцах, но и на специально раз-



В демисезонном пальто (это соответствует уровню 2 clo) человеку будет комфортно при нуле градусов, если он просто идет и выделяет 100 Вт тепла с квадратного метра тела. А для комфорта при тридцатиградусном морозе в такой одежде нужно выполнять тяжелую работу, выделяя 230 Вт/м². Прогулки на морозе требуют одежды уровня 4 clo (теплый свитер и пуховик), но работать в такой одежде будет очень жарко

работанных потеющих роботах-манекенах. Однако в ходе этих исследований был выявлен парадокс. Очевидно, что каждая ткань по-своему проводит тепло, пропускает водяной пар или конденсируют его. Соответственно уровень комфорта должен сильно зависеть от ткани, но никому не удалось выявить отчетливую связь. Предположив, что все дело в разных условиях опытов, лауреаты 1995 года решились на прямой эксперимент: не создавали пот с помощью физических упражнений, а сразу сделали одежду влажной. Потом участники эксперимента, сидя в креслах в камере с температурой 10°C, сушили ее на себе.

Увы, ничего путного из этой попытки не вышло. Исследовательницы взяли пять разных тканей: шерсть, хлопок, полипропилен с двумя типами плетения нитей и двухслойный материал, у которого гидрофобный полипропилен был на внутренней стороне, а гидрофильная шерсть — на внешней. Наименьшее сопротивление прохождению влаги было у полипропилена, а наибольшее — в полтора раза — у двухслойного материала, который к тому же был толще. Вполне предсказуемо при надевании влажного белья резко, почти на градус, падала температура кожи. Через час сидения в такой одежде участники жаловались на сильный дискомфорт, что также неудивительно. Но разница в ощущениях была минимальной. Так, температура кожи от ткани не зависела. Более того, толстый двухслойный материал оказался более комфортным, чем самый хорошо проводящий полипропилен.

Подобные противоречивые результаты встречаются в исследованиях ткани не один раз. В 1994 году те же авторы изучали потение работника в толстых вязаном и флисовом свитерах. Разницы в степени дискомфорта опять не было никакой, но вязаный свитер впитал несколько больше пота, что нехорошо — он стал тяжелее, а каждый лишний килограмм одежды увеличивает энерговыделение человека на 3%. В 2013 году авторы обзорной статьи отмечают, что создатели различных синтетических тканей, в том числе специально придуманных для спортивной одежды, не справились со своей задачей — в хлопковой майке люди чувствовали себя комфортнее, чем в полиэфирной («Journal of Ergonomics», 2013, S2, doi: 10.4172/2165-7556.S2-005). Даже спустя двадцать лет после эпохальной работы с влажным бельем исследователи из Университета Мак-Гилла («Physiological Report», 2015, 3, 8, e12505; doi: 10.14814/phy2.12505) меланхолично замечают, что специально разработанная охлаждающая ткань, которую они исследовали по настоянию изготовителя и на предоставленные им средства, не показала никаких преимуществ по сравнению с контрольным образцом. Казалось бы, для полярников можно сделать хорошую одежду, но и тут неудача — обитатели Антарктиды отмечают, что для похода их одежда комфортна, а вот когда берешь образцы, то покрываешься потом.

Что же делать? Судя по всему, специалисты находятся в некоторой растерянности, поскольку предпочитают уповать на дальнейший прогресс в создании синтетических волокон, на снижение веса тканей и устройство вентиляционных отверстий в нужных участках одежды. Есть и экзотические предложения — например, отказаться от многослойной теплой одежды, но вшивать в нее металлические нагреватели, работающие от батареек: в случае нужды нагрев можно включать, а при выполнении тяжелой работы — выключать, обходясь собственным теплом человека. Аналогичным образом можно попытаться использовать охлаждающие элементы, встроенные в одежду, — такие системы сейчас применяют для охлаждения тела космонавтов во время работы в скафандре.

Казалось бы, элементарная задача — создать комфортабельную теплую одежду, а решить ее почти так же трудно, как проблему управляемого термоядерного синтеза. В теории вроде все понятно, а результата пока нет.

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров



Происхождение проказы

С.А. Ястребов

Мало какая болезнь имеет столь мрачную репутацию, как проказа. Во-первых, она уродует людей не только тяжело, но и очень многообразно, зачастую вызывая эстетическое потрясение. Во-вторых, до изобретения в 1943 году специфической химиотерапии проказа была практически неизлечима. В-третьих, причины проказы долго были таинственны. Эта болезнь как специально придумана, чтобы создавать впечатление непредсказуемой «кары Господней»: она поражает людей очень избирательно и притом обладает огромным инкубационным периодом. До конца XIX века среди медиков на полном серьезе шли дискуссии о том, заразна ли проказа вообще и не вызывается ли она, например, употреблением в пищу рыбы.

Обозначающее проказу греческое слово «лепра» (λῆπρα) вошло в научный оборот в III веке до нашей эры,

после того как знаменитые семьдесят толковников в Александрии Египетской перевели на греческий язык Ветхий Завет. Но, конечно, эта болезнь была известна людям и раньше. Одним странам она позволяет надолго о себе забыть, в других — разгуливается. В начале XX века на восточной окраине Бельгийского Конго была довольно протяженная область, где проказой болело 20% населения, то есть каждый пятый («Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene», 1923, 16, 8, 440—464). А в Западной Африке (Французская Гвинея) одно время существовал район, где поражено было даже 32% — каждый третий («Annales de médecine et de pharmacie coloniales», 1920, 18, 109—137). В эти цифры трудно поверить, но в литературе они есть.

Проказа — сложное явление. Она может быть объектом изучения самых разных наук, от молекулярной биологии до культурологии, — достаточно вспомнить такие книги, как «Имя розы» Умберто Эко или «История безумия в

классическую эпоху» Мишеля Фуко. Однако, зная, что мы живем в эволюционирующем мире, естественно задать и такой вопрос: откуда проказа взялась? Или, точнее: где и когда она возникла?

Геномика и дедукция

«О происхождении проказы» — так называется статья, опубликованная в 2005 году международной группой микробиологов и генетиков во главе с Марком Моно, сотрудником знаменитого Пастеровского института в Париже («Science», 2005, 308, 5724, 1040—1042). Возбудитель проказы — неподвижная бактерия, близкая к туберкулезной палочке (они относятся к одному роду). По-латыни эта бактерия называется *Mycobacterium leprae*. Она была открыта норвежцем Герхардом Хансеном и немцем Альбертом Нейссером еще в 70-х годах XIX века. А к началу XXI века ее удалось изучить достаточно хорошо, чтобы попытаться решить вопрос о происхождении проказы методами сравнительной геномики. Именно за это группа Моно и взялась.

Геном возбудителя проказы был впервые полностью прочитан в 2001 году. Он достаточно маленький, даже по меркам бактериальных геномов, которые всегда невелики. Этот геном, несомненно, прошел эволюцию в сторону упрощения: недаром значительная часть генов в нем превратилась в псевдогены (так называются нефункциональные бывшие гены, уцелевшие, но потерявшие способность ко всякой активности). Кроме того, сравнение разных популяций *M. leprae* показывает, что внутривидовая изменчивость ее генома — очень низкая, он исключительно устойчив в пространстве и времени. Найти в таком геноме изменчивые участки, на сравнениях которых можно построить хоть какие-то эволюционные выводы, оказалось не так уж просто.

Понимая это, группа Моно сосредоточилась на самых элементарных составляющих генетической изменчивости: на однонуклеотидных полиморфизмах (single-nucleotide polymorphisms, SNPs), которые удалось найти в некодирующих участках генома. Напомним, что нуклеотиды — это отдельные «буквы» генетического кода. В ДНК входит всего четыре типа нуклеотидов, различающихся определенной функциональной группой, в роли которой могут быть аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) или цитозин (Ц). Замены нуклеотидов в некодирующих участках генома не влияют на структуру белков, поэтому могут накапливаться относительно легко. Но в случае с геномом возбудителя проказы даже в таких участках исследователям удалось выбрать для

анализа всего лишь три изменчивых локуса (по-латыни этот термин означает просто-напросто «место»).

Что ж, даже скупой материал часто позволяет узнать кое-что важное, если правильно применить дедуктивный метод. Пусть у нас есть три однонуклеотидных локуса. Сколько типов нуклеотидов возможно в каждом локусе? Правильно, четыре: А, Т, Г или Ц. Это означает, что полное число возможных здесь комбинаций равно 64 (4 в третьей степени).

Первая ценная информация, полученная исследователями, заключалась в том, что в реальных популяциях *M. leprae* из 64 потенциально возможных сочетаний присутствуют всего-навсего четыре: Ц-Г-А, Ц-Т-А, Ц-Т-Ц и Т-Т-Ц. Это резко упрощает изучаемую систему. Остается только понять, от какой из комбинаций произошли все остальные.

Вот тут-то и пригодится дедуктивный метод. Прежде всего мы видим, что в трех вариантах из четырех в первой позиции стоит Ц (см. таблицу). В современных эволюционных исследованиях (особенно молекулярных) принят так называемый принцип парсимонии, согласно которому при прочих равных всегда следует выбирать ту версию, которая требует наименьшего числа предположений о независимых событиях. В данном случае это означает, что Ц в первой позиции следует считать примитивным состоянием (легко убедиться, что любая другая версия потребует постулирования дополнительных замен). Таким образом, четвертый генетический тип, Т-Т-Ц, из кандидатов на роль самого древнего пока что исключается.

Эволюция генетических типов проказы и их распространение по Земле вместе с людьми. Стрелки на карте обозначают миграции людей (сплошные стрелки — бесспорно установленные, пунктирные — сомнительные), числа — древность миграций в годах. Так чисто микробиологическое исследование заодно дает информацию о ходе расселения человечества. Цветную версию карты см. на обложке журнала

	ЦГА	ЦТА	ЦТЦ	ТТЦ	Σ
ЦГА	0	1	2	3	6
ЦТА	1	0	1	2	4
ЦТЦ	2	1	0	1	4
ТТЦ	3	2	1	0	6

Таблица, с помощью которой можно проверить приведенные в тексте рассуждения. Четыре строчки соответствуют гипотезам о примитивности любого из четырех генетических типов возбудителя проказы. В клетках показано число замен, которые были бы нужны, чтобы каждый реально существующий тип (четыре столбца) получился из исходного. Справа число необходимых замен просуммировано во всем типам. Чем меньше замен, тем правдоподобнее гипотеза о примитивности данного варианта.

Во второй позиции в трех вариантах из четырех стоит Т. Аналогичным образом следует предположить, что и это состояние примитивно. Тогда из кандидатов на роль самого древнего исключается еще и первый генетический тип (Ц-Г-А).

Значит, у самого древнего генетического типа возбудителя проказы было в первой позиции Ц, а во второй Т. Но Ц-Т-А или Ц-Т-Ц? Примитивность того и другого варианта равновероятна. Разрешающая способность чисто генетического подхода здесь исчерпывается.

Однако любая эволюция идет не только в абстрактном пространстве генотипов, но и в обычном географическом. Важную дополнительную информацию можно получить, наложив генетические типы на карту мира. Благо группа Моно раздобыла образцы бактерий из самых разных стран Земли.

Для удобства генетические типы *M. leprae* были обозначены цветовым кодом. Первый тип (Ц-Г-А) — «желтый», второй (Ц-Т-А) — «красный», третий (Ц-Т-Ц) — «фиолетовый» и четвертый (Т-Т-Ц) — «зеленый». Судя по генетическим соображениям, на роль самого древнего могут с равной вероятностью претендовать «красный» и «фиолетовый» типы. А теперь посмотрим, что нам говорит их географическое распространение.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Геномика встречается с географией

Сначала приведем сухую сводку полученных данных.

«Желтый» тип: Восточная Африка (южная часть), Мадагаскар, Индия, Корея, Малайзия, Филиппины.

«Красный» тип: Восточная Африка (Эфиопия, Малави), Непал, северо-восток Индии.

«Фиолетовый» тип: Северная Африка (Марокко), Западная Европа, большая часть Американских континентов.

«Зеленый» тип: Западная Африка (к югу от Сахары), острова Карибского моря, Бразилия.

В Новой Каледонии встречаются сразу три типа («желтый», «красный» и «фиолетовый»), но это явное следствие заселения острова разными этническими группами в колониальный период, а потому мы можем на это не отвлекаться.

Какой же тип самый древний? Если выбирать между «красным» и «фиолетовым» типами, то предпочтителен, конечно, «красный». Европейская проказа — определенно менее древняя (например, в Италии она еще во времена императора Августа, то есть на рубеже нашей эры, была совершенно неизвестна). А в Африке «фиолетовый» тип встречается только к северу от Сахары, например в Марокко, — там, где связь с Европой относительно тесная. Зато ареал «красного» типа охватывает всю Восточную Африку. Значит, это и есть родина проказы? Вполне возможно.

Правда, есть еще гипотеза азиатского происхождения проказы, которую Моно с соавторами тоже не стали сразу полностью отбрасывать. Но с генетической точки зрения эта версия менее вероятна: она предполагает минимум одну дополнительную нуклеотидную замену. Скорее всего, исходным был не «желтый» (азиатский) тип, а «красный».

Это означает, что проказа возникла там же, где и вид *Homo sapiens*: в глубине Восточной Африки.

Из Африки проказа попала прежде всего на Ближний Восток, а дальше у нее было два пути — в Европу или в Азию. Миграция в сторону Европы породила

«фиолетовый» тип, миграция в сторону Азии — «желтый». Питательной средой для последнего оказались в первую очередь древние государства Индийского субконтинента и Китая. В Европе такого количества людей еще долго просто не было, да и условия для выживания прокаженных там были суровее.

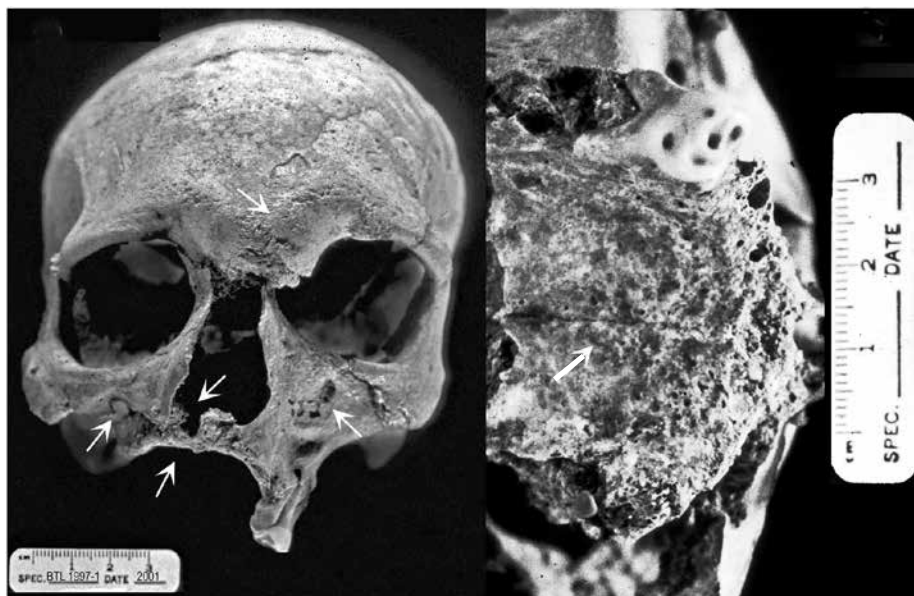
Интересно, что островок «красного» — восточафриканского — типа отмечен как раз на Индийском субконтиненте (Непал, северо-восток Индии). Возможно, это реликт, оставшийся от первоначальной миграции.

С другой стороны, «желтая» — азиатская — линия проказы обнаружена и в Африке. Но что это за Африка? Это Мадагаскар и южная часть Восточной Африки, расположенная примерно напротив него. Нынешние коренные жители Мадагаскара — мальгаша, — как известно, потомки индонезийцев. А в южной части Восточной Африки находятся старые порты, ориентированные на торговлю с Азией — Малинди, Момбаса, Занзибар. Нет никакого сомнения, что сюда проказа была занесена именно из Азии, через Индийский океан.

Очень интересна судьба «зеленой» линии проказы. Она сильно генетически удалена от предположительно исходного «красного» типа, а распространение ее ограничено Западной Африкой к югу от Сахары. Как она туда попала? Может быть, путем древних континентальных миграций через Африку с востока на запад. Этот континент не особенно удобен для далеких странствий, так что изоляция объяснима. А может быть, и финикийцы, ходившие на кораблях вдоль африканского побережья Атлантики, в свое время завезли туда проказу из Средиземноморья (тут можно вспомнить роман Ивана Ефремова «На краю Ойкумены», где описаны как раз такие путешествия). Косвенно в пользу этой версии говорит тот факт, что «зеленый» тип возбудителя проказы генетически ближе не к «красному», а к «фиолетовому» — для Средиземноморья, как и для Европы, характерен именно последний.

На Американских континентах проказа в основном «фиолетовая», что выглядит совершенно естественно: Америка ведь колонизировалась европейцами. На Антильских островах и в Бразилии встречается «зеленый» тип проказы, но это уже однозначно объясняется атлантической работорговлей — рабов в свое время везли в основном именно из Западной Африки.

Примечательно, что выходцы из Европы, похоже, умудрились заразить проказой широко распространенных в Южной, Центральной и Северной Америке девятипоясных броненосцев *Dasypus novemcinctus*. Девятипоясный броненосец — почти единственный



биологический вид, кроме человека, подверженный этой болезни. На юге США и в Мексике образовались даже природные очаги. Так вот, у броненосцев генетический тип *M. leprae* — «фиолетовый», в точности, как и следует ожидать, исходя из того, что в Америку проказу занесли европейцы.

Вопросов тут все равно остается еще немало. Но так или иначе, перед нами связный эволюционный сценарий.

...И с археологией

Схема эволюции возбудителя проказы, предложенная группой Моно, по красоте напоминает решение Шерлоком Холмсом задачи с пляшущими человечками. Само собой разумеется, что исследования на этом не остановились. Через несколько лет та же группа опубликовала уточняющую работу, в которой четыре генетических типа *M. leprae* разбиты уже на 16 подтипов («Nature Genetics», 2009, 41, 12, 1282—1289). Там нет ничего принципиально меняющего картину, но есть интересные подробности. Например, ДНК *M. leprae*, обнаруженная в лепрозном скелете из Египта возрастом примерно 1500 лет, оказалась принадлежащей не «красному» типу (как можно было бы подумать), а «фиолетовому». То же самое и в Турции. Получается, что ареал «фиолетового» типа охватывает кольцо все Средиземноморье. В обмене возбудителями проказы между Ближним Востоком и Европой — во время крестовых походов, к примеру, — участвовала только «фиолетовая» линия микроба.

Что касается «желтой» линии, то она, видимо, первоначально проникла из Африки в Азию не через сухопутный мост между ними (как опять же было бы легко подумать), а каким-то другим

путем. Если «фиолетовый» тип *M. leprae* двигался из Египта через Синай, Палестину и Сирию, то «желтый» — прямо с Сомалийского полуострова вдоль северного побережья Индийского океана. По Великой Дуге, как выразились бы герои Ефремова.

Тут, однако, есть повод задуматься. Почти одновременно с выходом новой статьи группы Моно появились данные о находках в Индии лепрозных скелетов возрастом аж 2000 лет до нашей эры («PloS One», 2009, 4, 5, e5669, см. фото). Молекулярных подтверждений там нет, но анатомические (точнее, остеологические) выглядят впечатляюще. Вполне естественно, что авторы этого открытия поставили под сомнение гипотезу группы Моно, предположив, что исходным типом возбудителя проказы был все-таки не «красный» (африканский), а «желтый» (азиатский). Как мы помним, такую версию и сама группа Моно не отбрасывала полностью. Но что самое интересное: место находок этих скелетов — не просто Индия, а Западная Индия. Это ареал древнейшей цивилизации долины Инда, той самой, где были знаменитые исчезнувшие города Мохенджо-Даро и Хараппа. Шумеры и аккады называли эту страну Мелухха (История Древнего Востока. Под ред. Б.С.Ляпустина М., 2009).

В этом месте авторы индийского открытия говорят о существовании во

2—3 тысячелетиях до нашей эры так называемой единой сферы взаимодействий, в которую входили Месопотамия, Туран, Мелухха и царство Маган на Аравийском полуострове. Где бы проказа ни возникла, то, что она по этой сфере распространялась, — точно. Городские цивилизации были для нее питательной средой.

Но вот с какой стороны она пришла? Увы, есть чисто генетические данные, заставляющие все-таки отвергнуть гипотезу происхождения проказы из Индии.

«Во веки веков»

Возбудитель проказы очень интересен сам по себе. У *M. leprae* превращено в псевдогены («молекулярные ископаемые», как их иногда называют) 40% генома. Почти половина единственной бактериальной хромосомы занята генами, которые давно не функционируют. Даже с учетом того, что перед нами внутриклеточный паразит, способный получать большинство необходимых веществ в готовом виде, это все равно очень много.

Между прочим, род *Mycobacterium* — довольно большой. Он включает примерно 150 видов, большинство которых вовсе не паразиты (многие, например, мирно населяют почву). Так вот, геном *M. leprae* — самый маленький во всем роде. Часть генов, когда-то превратившихся в псевдогены, к настоящему времени у него потеряна совсем.

Когда же эта массовая псевдогенизация произошла? И всех ли генов она коснулась одновременно? На первый вопрос точного ответа пока нет. Зато на второй — ответ, скорее, положительный. Есть работа, где несколько сотен псевдогенов *M. leprae* сравнивают с соответствующими им генами *M. tuberculosis* — туберкулезной палочки, которой псевдогенизация коснулась гораздо меньше («Genome Research», 2007, 17, 8, 1178—1185). Оказалось, что предполагаемые возрасты псевдогенов *M. leprae* образуют практически симметричное распределение с четким пиком в середине (в естественных науках такое распределение принято называть нормальным). Иными словами, большинство этих псевдогенов имеет примерно один и тот же возраст. Вероятно, это означает, что в истории данной эволюционной линии произошла некая генетическая «катастрофа», когда много генов потеряли функциональность почти одновременно. Это и был момент перехода к паразитизму. А вот как он случился, отчего, были ли между обитанием в почве и поселением в организме человека другие хозяева — ничего пока не известно.

Не далее как в 2008 году ученые открыли еще один вид возбудителя проказы. Это *Mycobacterium lepromatosis*, вызывающий диффузную лепроматозную проказу — одну из самых тяжелых форм этой болезни (известна также как лепра Святого Лазаря). Генетически *M. leprae* и *M. lepromatosis* довольно близки — чтобы надежно отличить их, потребовались тонкие молекулярные исследования. И вот тут биологи-эволюционисты получили интересную возможность. Оценив глубину генетического расхождения *M. leprae* и *M. lepromatosis* с помощью так называемого метода молекулярных часов, можно узнать минимальный возраст их общего предка, а значит, и примерное время существования проказы как таковой. Расхождение этих двух видов совершенно точно произошло уже после массовой псевдогенизации, которая лишила бактерию значительной части функционального генома и превратила ее в облигатного паразита, неспособного активно жить вне чужих клеток. Но вот когда именно?

В одной недавней работе есть оценка: около 10 миллионов лет назад («PLoS Neglected Tropical Diseases», 2014, 8, 2, e2544). Это очень много! Самый древний предположительно прямоходящий родственник человека — сахелантроп — жил всего 6—7 миллионов лет назад. А 10 миллионов лет назад наше прямохождение разве что едва начинало формироваться. И в любом случае все начальные этапы эволюции человека происходили в Африке. Если возбудитель проказы настолько древен, то появиться он мог только там.

Известно, что многие инфекционные болезни были так или иначе восприняты человеком от животных, с которыми ему пришлось контактировать («Nature», 2007, 447, 7142, 279—283). О туберкулезе, который тоже вызывается микроорганизмом рода *Mycobacterium*, есть гипотеза, что люди получили его от жвачных млекопитающих. Есть, однако, и встречное мнение, что это очень древняя чисто человеческая инфекция, заразившая жвачных вторично («PLoS Pathogens», 2005, 1, 1, e5). Насчет проказы таких споров нет, потому что для них нет серьезных оснований. Это заболевание людей. Правда, проказой еще болеют броненосцы и очень редко (буквально в единичных случаях) шимпанзе, а также некоторые другие африканские обезьяны. Но похоже на то, что все они получили проказу опять же от людей. У прокаженного шимпанзе, привезенного из Западной Африки, генетический тип *M. leprae* оказался «зеленым», то есть именно тем, который распространен среди тамошних жителей («Future Microbiology», 2011, 6, 10, 1151—1157).



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Итак, проказа — специфическая болезнь людей. Учитывая ее древность, лучше сказать не «людей», а «гоминид» (в узком смысле этого слова, прямоходящих приматов). Какие же особенности их — нашего — образа жизни обусловили ее существование?

Великий антрополог Оуэн Лавджой связывает возникновение прямохождения с новой стратегией размножения, позволившей гоминидам резко повысить численность своих популяций. При этой стратегии самки проводят большую часть жизни в маленькой безопасной «гнездовой зоне», занимаясь уходом за детьми (прямохождение нужно им, чтобы освободить для этой работы руки). Самцы же, не скованные детенышами и самками, могут сильно расширять свою территорию, совершая далекие и рискованные фуражировочные походы. Новая структура социума создала новые возможности, но и новые риски. В обезьяньем стаде вероятность выживания особей, пораженных тяжелой медленной инфекцией, скорее всего, невысока. А вот в гоминидном космосе, четко разделенном на «гнездовую зону» (где живут самки), зону фуражировки и охоты (куда совершают походы самцы) и внешний абсолютно дикий мир, — тут прокаженные смогли найти для себя хоть мрачную и неуютную, но все же нишу.

«У Брейгеля за восхождением на Голгофу, куда вослед Христу идет весь народ, издали наблюдают прокаженные: таково их место во веки веков», — писал Мишель Фуко. Он еще не знал, что это «во веки веков», возможно, измеряется миллионами лет. Проказа — древняя тень человеческого социума. Даже страшно представить, насколько древняя. Один из тех продуктов эволюции, от которых больше всего хочется избавиться. Благо современные средства лечения наконец-то позволяют это сделать.



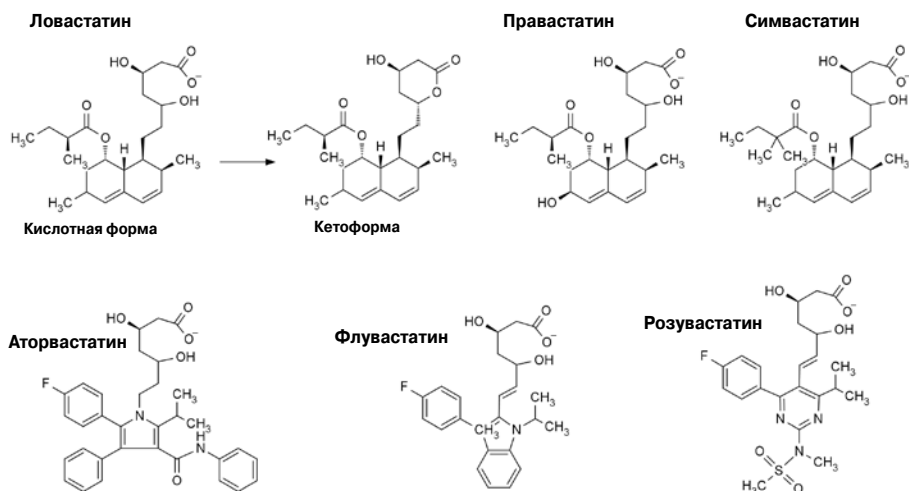
Статины и мышцы

Когда люди больны атеросклерозом и у них велика вероятность тяжелых сердечно-сосудистых осложнений, им прописывают статины. Эти препараты угнетают синтез холестерина в клетках печени и существенно снижают риск неблагоприятных исходов атеросклероза, в том числе инфарктов.

Влияние статинов на синтез холестерина показано на рис. 1. Препараты подавляют активность фермента гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А-редуктазы (ГМГ-КоА-редуктазы), превращающей ацетил-КоА в мевалоновую кислоту, из которой, в свою очередь, образуется холестерин. Испытывая недостаток холестерина, клетка захватывает его из крови, в результате концентрация холестерина в крови снижается.

В 1971 году японский биохимик Акира Эндо выделил из клеток гриба *Penicillium citrinum* ингибитор ГМГ-КоА-редуктазы мевастатин. Однако это вещество плохо действовало на мышцы и опухоли и даже вызывало смерть лабораторных собак, поэтому лекарством не стало. Первым статином, поступившим в продажу, был ловастатин из гриба *Aspergillus terreus*. Сейчас фармакологическая промышленность выпускает много статиновых препаратов, выделенных из грибов (некоторых видов пеницилла и аспергилла) или синтезированных искусственно (рис. 2).

Благодаря своей эффективности статины стали одними из наиболее популярных лекарств, но, увы, у них есть крайне неприятный побочный эффект — миопатия. Это слово обозначает любое заболевание мышц. Примерно у четверти пациентов статины вызывают мышечные боли и слабость. Это настолько неприятно, что больные зачастую прекращают прием лекарств.



Крайне редко, но бывает, что миопатия принимает более тяжелые формы вплоть до гибели мышечных клеток.

Риск развития миопатии зависит от особенностей отдельных статинов: они по-разному преобразуются в организме и взаимодействуют с другими лекарствами, а также обладают различной липофильностью, то есть растворимостью в жирах. Липофильные статины (аторвастатин, симвастатин и ловастатин) просачиваются в мышечные волокна через мембрану и вызывают миопатию. Гидрофильные статины таким путем в мышцы не попадают (а гепатоциты их затаскивают за счет активного транспорта). Самый липофильный из известных статинов, цериастатин, вызывал такое количество тяжелых осложнений, что препарат отозвали с рынка и прекратили его производство.

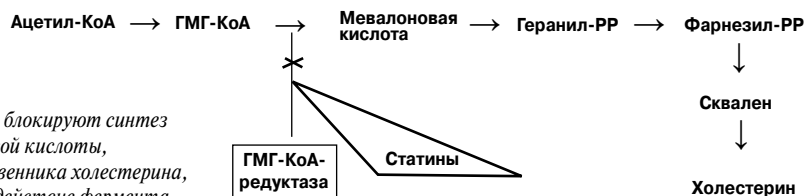
Кроме того, миотоксическое действие статинов зависит от концентрации препарата в крови, на которую влияют, в том числе, возраст и расовая

2
Некоторые статины.
Ловастатин, правастатин и симвастатин получают из метаболитов грибов, аторвастатин, флувастатин и розувастатин — синтетические

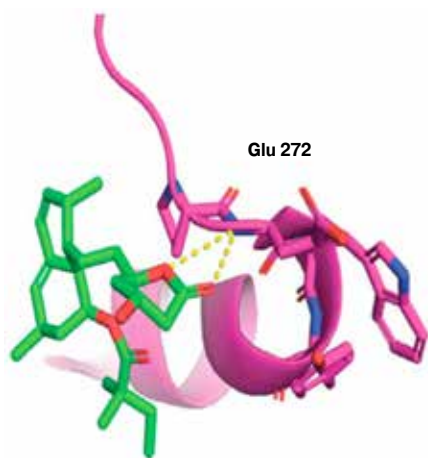
принадлежность пациентов, сопутствующие заболевания, например почечная и печеночная недостаточность, плохое питание и злоупотребление алкоголем, генетические особенности, определяющие транспорт лекарств и синтез некоторых ферментов. Однако ни один из этих факторов не оказывает решающего влияния на развитие статиновой миопатии (такого термина нет, но в данной статье мы будем его использовать).

В результате появилось еще несколько гипотез, объясняющих побочные эффекты статинов. Одна из них заключается в том, что статины подавляют синтез кофермента Q, одного из дыхательных ферментов митохондрий. Его предшественником служит фарнезил-PP, который, как и холестерин, образуется из мевалоновой кислоты (рис. 1). Недостаток кофермента Q вызывает нарушение работы митохондрий и дисфункцию скелетных мышц, но эта гипотеза пока должным образом не доказана.

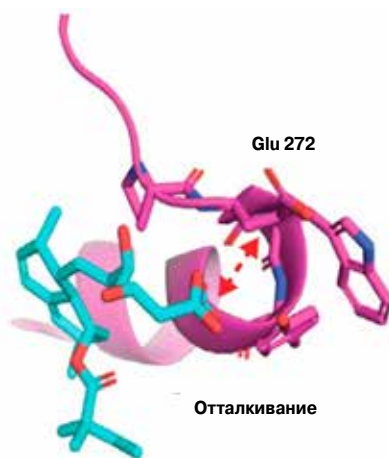
Новое объяснение механизма токсичности статинов и способ борьбы с ней предложили специалисты медицинского центра университета Неймегена (Нидерланды) под руководством профессора Франса Рассела («Cell Metabolism», 2015, 22, 399–407,



1
Статины блокируют синтез мевалоновой кислоты, предшественника холестерина, подавляя действие фермента ГМГ-КоА-редуктазы. Некоторые подробности синтеза на схеме опущены



Glu 272



Glu 272

Отталкивание

3

Влияние разных форм статина на ферментативную активность митохондриального комплекса CIII. Слева лактонное кольцо симвастатина образует водородные связи (обозначены точками) с глутаминовой кислотой Glu-272 комплекса и нарушает его работу. Кислотная форма статина (справа) такие связи образовать не может, так как отрицательные заряды ее разомкнутого кольца и Glu-272 отталкивают друг друга

doi:10.1016/j.cmet.2015.08.002). Ученые опирались на результаты, полученные сотрудниками исследовательской лаборатории «Мерк», которые обнаружили, что в организме людей статины существуют в двух формах: кислотной и лактонной («Drug metabolism and disposition», 2002, 30, 505 — 512). Статины представляют собой гидроксикислоты, а лактоны — их внутренние сложные эфиры. Лактонизацию статинов обеспечивают клеточные ферменты уридин-5'-дифосфат-глюкуронозилтрансферазы. Они очень разнообразны (высокополиморфны), поэтому скорость лактонизации у разных людей неодинакова.

Основная часть статиновых препаратов представляет собой кислотную форму. Лактонная форма образуется в организме пациента, и, хотя она не оказывает терапевтического действия, ее присутствие в крови не составляло бы проблемы, — но именно лактоны статинов вызывают миопатию, препятствуя работе митохондрий в мышечных волокнах.

Голландские ученые сравнили токсичность восьми статинов и их лактонов для культуры мышечных миобластов C2C12; ее выбрали потому, что эти клетки реагируют на статины подобно мышцам человека. Оказалось, что лактоны примерно в три раза токсичнее соответствующих кислотных форм. Они снижают скорость потребления кислорода в покоящихся клетках и продукцию АТФ в митохондриях. Делают они это, взаимодействуя с белковым комплексом CIII дыхательной цепи митохондрий и подавляя его ферментативную актив-

ность (рис. 3). Различные лактоны обладают разным по силе ингибирующим действием. Лактон церивастатина, того самого, который сняли с производства за повышенную токсичность, подавляет этот комплекс сильнее всех.

Результаты, полученные на мышечных клетках, проверили на кусочках мышечной ткани, которые взяли у 37 пациентов, принимавших статины и страдавших от их побочного эффекта. Ферментная активность CIII и продукция АТФ во всех пробах были сильно подавлены по сравнению с аналогичными показателями здоровых людей, причем этот эффект не зависел от курения, алкоголя или других медицинских препаратов, принимаемых больными. Чем тяжелее протекала у них статинотная миопатия, тем сильнее были нарушены функции митохондрий.

Кроме того, анализ биопсийного материала показал, что, как и ожидалось, концентрация статинов в мышечной ткани зависит от их липофильности. Содержание липофильных статинов аторвастатина и симвастатина как в кислотной, так и в лактонной форме, в мышечной ткани существенно выше, чем в плазме крови. Более гидрофильные статины, правастатин и лувастатин, накапливаются хуже.

Итак, часть принятых пациентом статинов в организме переходит в лактонную форму, липофильные соединения накапливаются в мышечных волокнах, проникают в митохондрии и блокируют работу их дыхательных путей. Без АТФ и кислорода мышцы болят, хиреют и погибают.

Исследователи надеются, что смогут использовать эти знания, чтобы сделать лечение более действенным. Прежде всего, поскольку больные реагируют на статины в зависимости от активности ферментов, превращающих кислотную форму в лактонную, можно эту активность измерить и предсказать, насколько велик будет побочный эффект

статинов для конкретного пациента.

Далее голландские ученые полагают, что их работа приведет к созданию нового класса препаратов, снижающих уровень холестерина, без побочных эффектов, а также поможет минимизировать побочный эффект лактонов.

Дыхательная цепь митохондрий представляет собой череду встроенных в мембрану белковых комплексов, по которым течет поток электронов, приводя к образованию кислорода и синтезу АТФ. Лактоны, связываясь с комплексом CIII, этот поток перекрывают. Однако дело можно поправить, если активизировать источники, поставляющие электроны в дыхательную цепь, но жестко в нее не встроенные: расширить притоки, впадающие в основное русло. Один из таких источников — подвижный переносчик электронов кофермент Q. В культуре мышечных миобластов, обработанных лактонами, присутствие восстановленной формы кофермента Q восстанавливает дыхательную активность до 89% от нормального уровня. Восстанавливает кофермент Q глицерин-3-фосфат-дегидрогеназа, следовательно, ее стимуляция в больных клетках тоже может помочь.

Второй источник электронов — идущее в митохондриях бета-окисление жирных кислот. Возможно, если сделать его более активным, снабдив клетки подходящими субстратами, поток электронов частично восстановится.

Сейчас пациентам, страдающим статинотной миопатией, либо снижают дозу лекарства, либо выписывают другой статин, благо их несколько, а также назначают нестатиновую терапию, понижающую уровень холестерина в крови. Франс Рассел и его сотрудники предлагают лечить больных препаратами, обеспечивающими дополнительный поток электронов в дыхательную цепь, то есть стимулирующими активность глицерин-3-фосфат-дегидрогеназы и бета-окисления. Эти меры могут предотвратить побочное действие статинов.

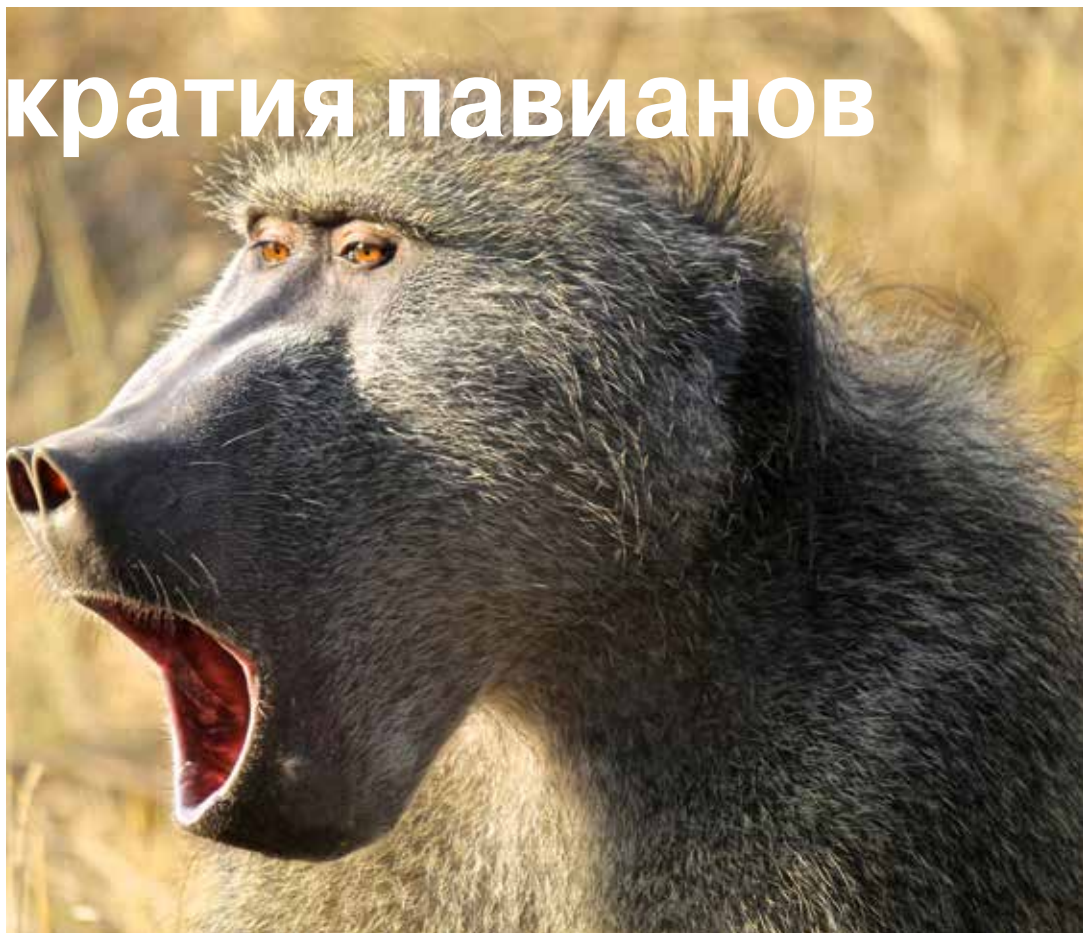
Н.Л.Резник



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Демократия павианов

Каждое животное постоянно принимает решения, что ему делать и куда двигаться. Если оно живет в группе, его действия должны быть согласованы с другими ее членами, иначе не будет никакой пользы от группового образа жизни. Исследователи эволюции социальности, которые хотят знать, как именно координируют свои действия сообщества с жесткой иерархией и развитой социальной структурой, например хищники или приматы, рассматривают в первую



очередь совместное движение, потому что его легко наблюдать. Естественно предположить, что в иерархических группах движением, как и другими сферами жизни, руководит вождь, доминантная особь. В некоторых случаях так и есть. Однако наблюдения за приматами показывают, что часто группа идет, куда желает большинство. Теории, основанные на математических моделях, также предсказывают торжество демократии. Заставить всех членов

группы двигаться в направлении, которое выбрали не они, — чрезвычайно энергозатратное мероприятие.

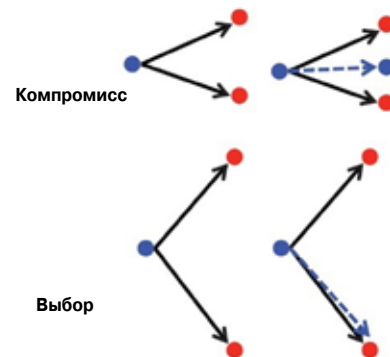
В общем, бывает и так и этак. Данные противоречивы, и неудивительно: группы животных многочисленны, чтобы за всеми уследить, нужны значительные технические ресурсы. Они нашлись у четырех исследователей, работающих в шести научных центрах четырех стран: США, Панамы, Великобритании и Германии. Объединившись, ученые наблюдали за движением стада павианов анубисов *Papio anubis* в кенийском

У самцов медвежьего павиана нет гривы

исследовательском центре Мпала, на 200 км² саванны и сухих перелесков (рис. 1). Их интересовало, каким образом группа выбирает направление, и если решает большинство, то как оно формируется («Science», 2015, 348, 1358—1361, doi: 10.1126/science.aaa5099).

Стадо анубисов — чрезвычайно удобный объект для подобных исследований. Это стабильная иерархическая группа, состоящая из нескольких десятков самцов и самок. У обезьян различные потребности, возможности и пищевые предпочтения, и они, когда кормятся, разбредаются по округе, однако на новое место всегда

1
Группа павианов анубисов

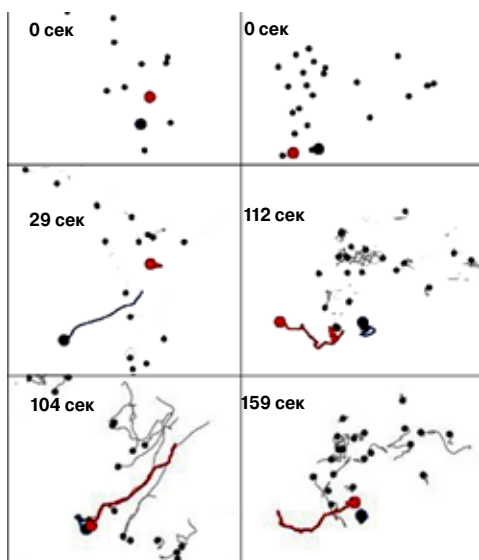


2
Угол, под которым расходятся инициаторы движения, определяет направление движения других членов группы

переходят плотной группой, ежедневно преодолевая большие расстояния. Исследователи надели ошейники с GPS-передатчиками на 25 павианов, то есть пометили 80% взрослого и подрастающего состава изучаемой группы, и ежесекундно получали данные о положении каждой обезьяны относительно ее соседей. Они исследовали павианов в двух состояниях: когда группа почти неподвижна и когда перемещается по саванне.

Оказалось, что доминантный самец в этой группе движением не руководил. Более того, начинал движение или изменял его направление необязательно самец, это могла быть и самка, хотя у павианов мужские особи главнее женских.

Конечно, любая снявшаяся с места или свернувшая в сторону обезьяна не увлечет за собой остальных. Инициатором движения становится тот, кто перемещается достаточно быстро и целенаправленно. Если инициаторов двое и они направились в разные стороны, ситуация осложняется (рис. 2). Павианы готовы к компромиссу, но он возможен лишь в случае, когда инициаторы движения расходятся под углом меньше прямого, — тогда остальные обезьяны следуют в промежуточном направлении. А когда угол расхождения велик, группа или часть ее вынуждена делать выбор и присоединяется к одному из инициаторов. Если же инициаторы расходятся в противоположные стороны, принятие решения задерживается и велика вероятность, что прочие павианы останутся на месте. Неудачник, за которым никто не последовал, возвращается к остальным (рис. 3).



3
Наблюдения за парами анубисов.
Левый столбец — инициатору движения удается увлечь за собой соседа и других обезьян.
Справа — за инициатором движения никто не последовал, он возвращается к группе

Стадо скорее сдвинется с места, когда инициаторов движения несколько и они идут примерно в одну сторону. Если инициаторы образовали несколько расходящихся группок, остальные последуют за более многочисленной. В результате стадо может разделиться на несколько подгрупп, которые пойдут в разные стороны, но будут постепенно сближаться, двигаясь параллельными курсами. Если одна группа инициаторов движения многочисленнее второй, она увлечет за собой большую часть стада, а меньшая подгруппа вскоре присоединяется к большей.

Результаты наблюдений показали, что павианы принимают решение о пути следования большинством голосов, меньшинство подчиняется и группа сохраняет целостность. Теоретически возможен и другой вариант: маршрут, который кажется выбором большинства, на самом деле представляет собой сумму независимых совпадающих решений. Однако исследователи эту возможность отвергают. Пищевые предпочтения у обезьян разные, и трудно предположить, чтобы им всем каждый раз хотелось одного и того же. Павианы, сделавшие личный выбор, движутся в разных направлениях, иногда противоположных, и случается это довольно часто. Если бы они следовали своим желаниям, группа распалась бы на подгруппы, объединяющие нескольких обезьян со сходными предпочтениями, в действительности же обезьяны движутся очень кучно. Значит, конфликт интересов разрешается у них демократическим путем, как в группах, лишенных иерархии, например в косяке рыб или птичьей стае, где каждый следует за всеми.

Однако иерархия есть иерархия. Доминирующий самец может при сильном желании навязать подопечным свою волю и увлечь их всех в направлении, выгодном ему одному. Специалисты Лондонского зоологического института, Университета Монпелье 2 (Франция) описали такую ситуацию, наблюдая в Намибии за двумя группами медвежьих павианов *Papio ursinus* (рис. в начале статьи). Ошейников на них не надевали, за обезьянами с утра до вечера следили двое наблюдателей, которые видели каждую особь и отличали павианов друг от друга.

Для павианов устроили искусственную кормовую площадку, рассыпав на ней зерна кукурузы («Current Biology», 2008, 18, 1833—1838, doi: 10.1016/j.cub.2008.10.048). Площадка была маленькая, на ней помещалось менее половины группы. Кукурузы тоже явно на всех не хватало. В иерархической группе редкое лакомство достается главным



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

образом вожаку, остальным обезьянам в такой ситуации делать на площадке нечего. Им выгоднее кормиться в естественных условиях, где пища распределена более равномерно и лидер не имеет столь явного преимущества. Однако с того дня, когда павианы случайно наткнулись на площадку, они каждое утро шли напрямик туда и оставались до тех пор, пока не съедали все зерна. Первым туда ступал доминирующий самец, ему же доставалась львиная доля кукурузы, нескольким особям, которые следовали непосредственно за ним, тоже удавалось кое-что перехватить, но большинство обезьян на этой площадке ничего не получало. Тем не менее они покорно следовали за вожаком. Что побуждало их? Точно не родственные связи. Лидирующий самец обычно пришлый и не состоит в кровном родстве со взрослыми членами группы. Скорее, главную роль сыграли социальные связи. Приближенным к вожаку особям, которые проводят рядом с ним больше времени, тоже кое-что перепадает, самки с детенышами чувствуют себя в большей безопасности рядом с ним. Долговременные выгоды от близости к лидеру могут перевешивать кратковременные неудобства от визитов на искусственный кормовой участок.

Исследователи отметили несколько случаев, когда группа не приходила на кормовую площадку: у лидера было более важное занятие, он охранял самку, у которой была течка, от посягательств других самцов и не мог отвлекаться. В эти дни группа уклонялась от визита на неудобное для большинства урочище, что подтвердило главенствующую роль вожака. Исследователи назвали такие отношения деспотизмом.

Наблюдения за павианами показывают, как в иерархических социальных системах уживаются друг с другом демократия и деспотизм. Демократия в повседневной жизни возможна до тех пор, пока «главный деспот» не имеет сильной личной мотивации поступить определенным образом. Тогда он употребляет все свое влияние, чтобы навязать свое решение всему сообществу вопреки интересам большинства.

Н. Анина



Художник Chris Beatrice

Похвала старым девам

Доктор биологических наук
Д.А. Жуков

В мифах Древней Греции много странного. В частности, удивляет количество незамужних бездетных богинь. Почему Афина, богиня мудрости, изобретательница и, главное, защитница города Афины, символ государственности, не могла бы иметь какого-нибудь приличного мужа? Или Артемида: зачем, покровительствуя диким зверям и охотникам, оберегать свое целомудрие так строго — умерщвлять мужчин всего лишь за случайный взгляд на нее, выходящую из ручья? Обилие девственниц в древнегреческой мифологии ставит закономерный вопрос о биологической целесообразности этого феномена.

Плодитесь и размножайтесь. Но не все

Каждая самка должна рожать — это основа биологического прогресса (понятие, предложенное А.Н.Северцовым), одно из условий которого — преобладание рождаемости над смертностью. Смысл жизни в вос-

производстве себе подобных, поэтому и сейчас критерием приспособленности особи многие биологи считают количество жизнеспособных потомков. Геном того, кто потомков не оставил, возможно, был чем-то нехорош, коль скоро элиминирован из популяции, — по тем или иным критериям данная особь была хуже приспособлена, чем другие. Однако отбор идет на нескольких уровнях. Те, кто не одобряет термин «групповой отбор», могут говорить, например, о кин-отборе или о совокупной приспособленности (*inclusive fitness*). Некоторые признаки, в частности специфические формы поведения, увеличивают приспособленность других членов группы — кровных родственников особи, обладающей данными признаками, а возможно, и не только их (см. «Химию и жизнь», 2008, № 5). В организованных сообществах какая-то часть особей участвует в размножении косвенным образом, беря на себя функцию обеспечения производителей.

Дональд Дьюсбери в книге «Поведение животных» (М.: Мир, 1981) обозначает пять условий, выполнение которых необходимо, чтобы группа животных могла считаться организованным сообществом. Важнейшее из них — разделение функций (четыре остальных — это сложная система коммуникации, постоянство состава, стремление держаться вместе и ксенофобия).

Разделение функций отчетливо проявляется в иерархической структуре сообщества, будь то курятник или лошадиный табун. Очевидно, что вожак имеет и приоритетный доступ к витальным ресурсам — самкам, еде, укрытиям, — и полную свободу в социальной структуре сообщества. Он волен вступить в контакт с любой особью, на него ориентировано поведение всех прочих членов сообщества. Например, при выпасе лошадей ночью, «в ночном», стреноживают только вожака (или жеребца, или кобылу-матриарха) — если какой-нибудь молодой жеребец и отправится бродить по лугам, то за ним никто не пойдет, а сам он вскоре вернется. Или в человеческой семье — «как мама скажет, так и будет», а мнение собаки учитывают в последнюю очередь. Другие специализации социальных страт проявляются, например, в том, что субдоминанты (особи, имеющие не первую, но и далеко не последнюю очередь при распределении витальных ресурсов) часто выполняют функции исследователей. Ну а субмиссивные омега-особи, последние в иерархии — по крайней мере, у крыс и у волков, — идут в разведчики-смертники.

Однако разделение функций в сообществе не полностью описывается схемой иерархии. Не менее важно для сообщества разделение репродуктивного статуса. У самцов, как правило, все просто и линейно: чем выше твой социальный ранг, тем больше у тебя самок; больше потомства оставляешь и тем гордишься. Участие низкоранговых самцов в размножении ограничено, некоторые вообще не оставляют потомства, становясь отбросами эволюционного процесса. Но с самками, как обычно, все сложнее. В примитивных сообществах или у животных, ведущих одиночный образ жизни, все очевидно — рожай, клади яйца, мечи икру. Если не можешь — зря саванну топчешь, впустую засоряешь биосферу своими выделениями. Однако это, повторяем, только в простых сообществах, анонимных стаях. А в сложных — нерожающие особи играют важнейшую роль.

У пчел, например, из десятков тысяч особей только одна производит потомство, а все остальные — рабочие особи, — хотя и являются генетически самками, лишь обеспечивают благополучие потомства. Подобные сообщества, в которых репродуктивные роли отражены на морфофункциональном уровне, называются эусоциальными, то есть подлинно социальными. Изначально говорили только об эусоциальности общественных насекомых, сейчас этот термин, ставший популярным благодаря Эдварду Уилсону, основоположнику социобиологии (см. «Химию и жизнь», 2012, № 8), применяют и к некоторым млекопитающим, имеющим такую же высокую



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

степень репродуктивной специализации, например к голым землекопам *Heterocephalus glaber*.

Уилсон выделяет несколько градаций социальности. Например, при семисоциальности большая часть членов сообщества не производит потомства, хотя все они фертильны. Стая гиеновидных собак *Lycaon pictus* насчитывает до двух десятков особей, половина из них самцы, половина — самки. Но рождает щенков только одна альфа-самка. Все прочие члены стаи охотятся и охраняют потомство. Если один из членов альфа-пары гибнет, то вдова или вдовец отходит на периферию сообщества, а репродуктивной альфой становится другая пара.

Семисоциальны и хорошо знакомые людям волки *Canis lupus*. По окончании зимы большие стаи распадаются на относительно небольшие группы, в каждой из которых щенят приносит только одна самка. Другие самки репродуктивного возраста либо отделяются, либо остаются девственными. Если же какая-то самка и родит, то ее помет будет уничтожен альфа-самкой. Ибо нечего. Ведь мать поглощена заботой о потомстве, все общественные интересы для нее отходят даже не на второй, а на пятый, шестой и седьмой план. Заметим, что целомудрие хранят и те волки-самцы, которые не ушли из стаи, чтобы образовать собственную семью. Можно вспомнить «старого доброго дядюшку», описанного Фарли Моуэтом в «Не кричи «Волки!»», который оставался пригласить за волчатами, когда альфа-паре хотелось отдохнуть от родительских обязанностей и они удалялись на прогулку.

Меньше рожать и лучше заботиться

Специализация репродуктивных ролей в сообществе животных или же отсутствие такой специализации до некоторой степени соответствует двум стратегиям размножения, выделить которые предложили Эдвард Уилсон и Роберт Макартур (MacArthur R.H., Wilson E.O. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton (NJ): Princeton University Press; 1967). Первая, обозначаемая как *r*-стратегия, заключается в максимальном количестве потомков при минимальных затратах родителей на уход за детьми. Символ *r* в уравнении популяционной динамики Ферхюльста (это уравнение не связано с темой данной статьи, те, кому интересно, легко найдут его в Интернете) обозначает максимально возможную скорость роста популяции, грубо говоря, количество детенышей, которое может произвести самка за один сезон размножения. Противоположная *K*-стратегия подразумевает тщательный уход за потомством, при этом конечно же количество рождающихся потомков значительно меньше, но доживает до зрелости гораздо более высокий процент. Символом *K* обозначают емкость конкретного биоценоза, то есть максимальное количество особей, способных существовать на данной территории.

Обе стратегии размножения имеют преимущества и недостатки. Например, *r*-стратегия оптимальна для популяций, балансирующих на грани вымирания; *K*-стратегия хороша, когда плотность популяции возрастает до критических зна-



Kenneth Balcomb/Center for Whale Research

(аллелей) гена способствует развитию этого заболевания, другой препятствует. Первый вариант встречается как у человека, так и у шимпанзе, а второй, защитный, — только у человека. Во время споров о теории эволюции часто задают вопрос: может ли отбор поддерживать признаки, позволяющие особи жить и сохранять здоровье дольше, чем нужно для размножения и выращивания потомства? Очевидно, может, если достаточно велика дополнительная совокупная приспособленность, которую дают своей группе пожилые особи. По мнению авторов, и у других генов существуют специфичные для человека варианты, снижающие вероятность нейродегенеративных и сердечно-сосудистых заболеваний. Если их рассуждения верны, то увеличение (на эволюционных масштабах времени) продолжительности жизни вида — зримое подтверждение ценности стариков.

Косатки — мировые мамы великовозрастных сыновей

Достижение менопаузы косатки, такие, как эта бодрая 72-летняя старушка, руководят кормлением своей семьи в голодные времена

чений и сильна конкуренция за витальные ресурсы, прежде всего за жизненное пространство. В одной из недавних работ, посвященных этой теме, были исследованы особенности выращивания птенцов у десятков видов певчих птиц подотряда воробьинообразных, обитающих в тропическом и умеренном климатах («Science», 2015, 349, 6251, 966—970, doi: 10.1126/science.aad1173). В кладках тропических птиц обычно бывает по два яйца, птицы умеренных широт, с их суровыми зимами и скудными ресурсами, откладывали до десятка яиц. Однако птенцы тропических видов покидают гнездо с куда лучше развитыми крыльями, что достигается за счет более активного кормления и уменьшает риск погибнуть в пасти хищника.

Чем сложнее структура сообществ и сильнее внутривидовая конкуренция, тем больше места в жизни вида должна занимать К-стратегия размножения. Возможно, К-стратегия станет более эффективной, если часть членов сообщества не будет иметь собственных потомков и направит свою энергию на уход за чужими детьми, на их защиту, обеспечение едой и укрытиями, на воспитание и обучение.

Впрочем, общественным обязанностям препятствует не само наличие собственных потомков, а только маленькие дети, которые нуждаются в ежечасном внимании матери. Прекратив рожать в сравнительно раннем возрасте, самка получает много свободного времени после того, как дети подрастут. Завершение репродуктивного периода у женской особи называется менопаузой. Не так давно установлено, что у человека менопауза не является побочным эффектом успехов медицинской геронтологии, а имеет биологическую целесообразность. Женщина, которая больше не может рожать, но еще полна физических сил, выполняет функции бабушки, что способствует распространению ее генов. Кроме того, большой жизненный опыт делает ее полезной для всего сообщества, например при поиске съедобных (или) целебных растений.

Когда этот номер готовили к печати, на сайте журнала «Proceedings of the National Academy of Sciences USA» (2015, doi: 10.1073/pnas.1517951112) появилась статья, подкрепляющая любопытными примерами теорию «эволюционной целесообразности бабушек». Авторы исследовали ген *CD33*, который, среди прочих его функций, связан с предрасположенностью к болезни Альцгеймера. Один из вариантов

Менопауза существует не только у человека, она обнаружена еще у двух видов животных: у косаток *Orcinus orca* и у короткоплавниковой гринды *Globicephala macrorhynchus*. Косатки перестают приносить детенышей в возрасте от 30 до 40 лет, а доживают некоторые особи до 90. Недавно было выявлено множество интереснейших закономерностей общественной жизни косаток («Science», 2012, 337, 6100, 1313; «Current Biology», 2015, 25, 6, 745—750, «Current Biology», 2015, 25, 6, R225—R227). Надо отметить, что у косаток существуют кочевые (транзитные) и оседлые (резидентные) сообщества. Кочевые бороздят просторы Мирового океана в одиночку или небольшими группами. А оседлые держатся в одном районе стабильными группами до двух десятков особей. Наблюдения велись за несколькими стаями оседлых косаток.

Исследователи копировали фактический материал 35 лет, с 1974 по 2010 год, у тихоокеанского побережья Канады и США. Было учтено 589 особей, из которых за время наблюдения погибло 297. Выяснилось, что гибель матери резко увеличивает вероятность смерти самцов. Причем если осиротевшему самцу больше 35 лет, то риск его гибели значительно выше, чем у самца, потерявшего мать в возрасте 15 лет. Оказывается, по окончании репродуктивного отрезка своей жизни самка патронирует сыновей и после того, как они достигнут половой зрелости в 12—14 лет. Естественно, это делать значительно проще, если не отвлекаться на заботу о маленьких детенышах. Таким образом, как и у человека, самки косаток, прекратившие приносить потомство, тратят время и энергию на опеку подрастающего поколения.

Отчего же так тяжело живется осиротевшим, вполне зрелым — но, оказывается, вовсе не самостоятельным — самцам? Есть данные, что самки помогают своим сыновьям в решении конфликтных ситуаций с другими взрослыми самцами. Но основная причина гибели косаток иная — голод. Взрослая косатка нуждается в 150 кг рыбы — ежедневно! И в условиях дикой природы всю эту рыбу надо поймать самим. Выяснилось, что косатки-старухи организуют добычу пищи для своей стаи. Если кочевые косатки охотятся на других китообразных и на ластоногих, то оседлые питаются рыбой и кальмарами. Вот что пишет Википедия об охоте оседлых косаток: «В поисках рыбы они обычно разворачиваются в цепь и плывут со скоростью около 5 км/ч. При этом эхолокационные сигналы позволяют каждому животному определять свое положение относительно других, оставаться в контакте с ними и участвовать в общей деятельности группы. Обнару-

женный косяк рыбы косатки прижимают к берегу или сгоняют в плотный шар у поверхности воды, по очереди ныряют в его середину и глушат рыбу ударами хвоста (карусельный метод). Поскольку для загонной охоты требуется большая стая охотников, группировки резидентных косаток включают в себя от 5 до 15 особей».

Такой способ охоты требует большого опыта и организаторских способностей. Так вот, ученые выяснили, что лидером в такой коллективной охоте чаще бывает самка, чем самец. При этом старухи чаще лидируют, чем молодые (репродуктивного возраста) самки. И что самое важное, преобладание старух в роли лидеров становится особенно явным в голодные годы. Главным пищевым ресурсом тех косаток, за которыми наблюдали ученые, был лосось. Время и интенсивность миграций этой рыбы меняются год от года, поэтому при снижении численности лосося опыт главного охотника становится гарантацией выживания всей стаи косаток. Понятно, что в сложных условиях обычно лидируют старые животные.

Авторы исследования пока не сообщают, чаще ли лидируют старые самцы, чем самцы молодые. Но если эта ожидаемая закономерность и прослеживается, все равно старых самцов косаток заметно меньше, чем старых самок, — смертность у самцов гораздо выше. Кроме того, пассивность самцов в организации охоты, вероятно, связана с тем, что самцы в родной стае релаксируют после сезона размножения. Самцы оседлых касаток отправляются на поиски партнерши в соседние популяции. Помимо энергозатратного процесса ухаживания и спаривания, как и у всех животных, неизбежны столкновения с другими самцами. Репродуктивная активность самцов с возрастом увеличивается, соответственно растет количество энергии, затрачиваемое ими на воспроизводство. Неудивительно, что с возрастом растет и зависимость самца косатки от материнской ласки. Самец, вернувшийся в родную стаю с опустошенными семенниками, отдыхает под плавником у мамы. Он участвует в охоте, но только как один из ведомых загонщиков. При этом самцы, в отличие от самок, предпочитают свою мать в роли лидера охоты другим старухам. Неизвестно, хвалит ли косатка-мать своего сына за то, что он хорошо покушал, но кормить его — матерого самца — она продолжает, а не выгоняет из стаи, как это происходит у слонов.

Самец — не очень удачный кандидат на роль лидера сообщества, потому что всю энергию направляет на распространение собственных генов. Он ухаживает за самками, пока его ноги (плавники) таскают. Заметим, что и человеческий мужчина, у которого уже нет сил ухаживать, начинает за женщинами волочиться, а это тоже достаточно энергозатратно. Невольно вспоминается, что во многих империях прошлого — в Египте, Персии, Китае — государственный аппарат формировался почти исключительно из евнухов. Человек, не отягощенный заботами о семье и (или) о своих успехах у женщин, может полностью посвятить себя служению обществу. Можно вспомнить и опыт религиозных организаций: руководителем крупным церковным сообществом зачастую становился человек, не расточающий физические и психические силы на женщин.

Ниоба и Лето

В дикой природе бремя заботы о сообществе в целом нередко приходится взваливать на себя бездетным женским особям либо тем самкам, чьи дети выросли и стали самостоятельными. Почему женские особи значительно лучше мужских выполняют некоторые социальные функции — это остается не до конца понятным. Во всяком случае, несомненно, что у млекопитающих и птиц поведение и психика самок отличаются от поведения и психики самцов. Одно из существенных половых различий — значительно более высокая пластич-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ность поведения женских особей, в том числе и женщин (см. «Химию и жизнь», 2015, № 3). Но общественной работой может заниматься только женщина, у которой нет маленьких детей, поскольку производство потомков требует слишком больших трат времени и энергии. Совмещать материнство и служение обществу плохо удается: одна из двух функций при попытке такого совмещения непременно страдает.

Человечество медленно эволюционирует от г-стратегии к К-стратегии размножения. Можно даже указать время, когда К-стратегия стала более выгодной. Это время создания на территории Малой Азии мифа о споре Ниобы и Лето — примерно III тысячелетие до н. э. Хотя у Лето было только двое детей, но были это Аполлон и Артемида, которые перебили всех многочисленных детей Ниобы. Мораль очевидна: лучше иметь детей поменьше, но получше, что обеспечивается тщательным выбором отца, а также тщательным уходом, воспитанием и обучением. А уходом за чужим потомством может заниматься и женщина, не имеющая собственных детей.

Биологическая необходимость в К-стратегии размножения была вызвана взрывным ростом народонаселения. К III тысячелетию до н. э. в Малой Азии произошла неолитическая революция — земледелие позволило создавать запасы продовольствия, в результате прекратились массовые зимние вымирания. Плотность населения начала быстро расти, обострилась конкуренция в человеческих сообществах. С тех пор К-стратегия стала постепенно замещать г-стратегию размножения европейцев.

Однако традиции г-стратегии достаточно сильны и в современном обществе. Со времен Шекспира, сказавшего, что старые девы будут в аду нянчить мартышек, прошла половина тысячелетия, но до сих пор распространено представление о том, что женщине непременно надо завести ребенка. Это неправильно. Движение чайлдфри вызывало бы полное сочувствие, если бы не злоба, которую отдельные его представительницы демонстрируют в отношении рождающих женщин.

Вполне нормально с биологической точки зрения то, что какая-то часть женщин не имеет собственных детей. Бездетная женщина отнюдь не является неполноценной неудачницей, ведь у нее остается много энергии на общественную — в самом широком смысле — работу. И в конечном счете бездетная женщина способствует процветанию своего сообщества. Такая женщина может стать Афиной, Гестией или Артемидой и заслужить признательность и почитание не только узкого круга родных, но и крупного человеческого сообщества.

Еще о поведенческих особенностях человека в мифах и реальности можно прочитать в книге Д.А. Жукова «Биология поведения богов и героев Древней Греции» (СПб.: Крига, 2015).

Хищные растения на охоте и ловле

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник



Всякому существу необходимы для жизни азот и фосфор. Животные получают их с пищей, растения — из почвы. Если же почва нужными элементами бедна, растения приходится ловить животных и всасывать растворенные питательные вещества из переваренной добычи. Хищничество возникало в ходе эволюции покрытосеменных неоднократно и независимо, и ловушки у растений разные. Основных принципов охоты, однако, два: активная поимка и пассивная ловушка.

К пассивным охотникам относятся, например, представители многочисленного рода *Nepenthes*. Они выделяют сладкий нектар, привлекающий насекомых, которые, поскользнувшись, падают в кувшинчик-западню со скользкими стенками и пищеварительной жидкостью на дне. Ловушки активных охотников движутся, реагируя на прикосновение добычи. Растения не имеют мышц, и в движение их приводят гидравлические процессы: жидкость перемещается между клетками и тканями, повышая осмотическое давление в одних местах, ослабляя в других и изменяя таким образом кривизну соответствующего органа. Скорость подобных движений зависит прежде всего от величины пути, который должна преодолеть вода, и, следовательно, ограничена скоростью диффузионных процессов. Она не очень велика — вспомните, как неспешно росянки *Drosera* сворачивают свои ловчие листья. Но им можно и не торопиться, поскольку насекомое уже прилипло к многочисленным клейким волоскам.

Однако многие хищные растения имеют быстродействующие ловушки, которые на одной гидравлике работать не могут. И хотя описаны они очень давно, принцип их действия оставался загадкой до тех пор, пока не появились скоростная видеосъемка, компьютерное моделирование и другие технические новшества, позволившие наконец ученым выяснить то, что они давно хотели знать, но не у кого было спросить. Тогда и оказалось, что многие растения используют упругую энергию, которая существенно повышает быстродействие ловушек.

Хлопок

Один из самых известных и самых быстрых охотников — венерина мухоловка *Dionaea muscipula* (рис. 1). Это небольшое растение имеет 5—7 ловчих листьев, верхняя часть которых представляет собой ловушку из двух половинок, соединенных жилками. Распахнутая ловушка привлекает насекомых своей яркой подкладкой, но в центре каждой дольки находятся чувствительные волоски — механосенсоры, вырабатывающие электрический сигнал. Если задеть их дважды с интервалом 0,75—20 с, жидкость в тканях приходит в движение, приливает в клетки наружной стенки, из внутренних клеток откачивается и через 100 мс ловушка захлопывается. Такая скорость поразила еще Дарвина, который назвал это растение одним из удивительнейших в мире. Однако изменение тургора подобного быстродействия не объясняет.

1
Венерина мухоловка *Dionaea muscipula*.
Половинки открытой ловушки вогнуты внутрь,
у закрытой — выгнуты наружу

Проблемой заинтересовались специалисты Кембриджского и Гарвардского университетов и университета Прованса («Nature», 2005, 433, 421—425, doi: 10.1038/nature03185). Используя скоростную видеосъемку, они установили, что ловушка закрывается в три этапа. Начальный, медленный, занимает 1/3 с, за это время происходит 20% смещения створок. Основное закрытие (60%) происходит за 1/10 с, это быстрый этап, а финал опять медленный, около 1/3 сек.

Ученые нанесли координатные метки на внешнюю поверхность ловчего листа и проследили за изменением его геометрии в процессе закрывания, измерили напряжение, возникающее в тканях листа, и даже создали простую модель поведения ловушки, где лист представлен как тонкая, слабо искривленная эластичная раковинка. В результате получилась следующая картина.

Ловчий лист имеет два состояния, устойчивых к малым механическим возмущениям: открытое и закрытое. Половинки открытой ловушки вогнуты внутрь, у захлопнувшейся они выгнуты, закрытая ловушка округлая. Когда насекомое задевает сенсорные волоски, жидкость притекает в цилиндрические клетки внешней поверхности ловушки. Длинные оси этих клеток расположены поперек листа, любое изменение тургора приведет к его деформации. Клетки наливаются жидкостью, лист медленно и почти незаметно глазу меняет кривизну до тех пор, пока не теряет свое устойчивое «открытое состояние». Тогда высвобождается накопленная в вогнутых створках упругая энергия, и лист быстро переходит во второе устойчивое состояние, выгибаясь в другую сторону. Ловушка захлопывается, однако не до конца. В ее тканях перпендикулярно поверхности листа продолжает двигаться жидкость, и, когда конфигурация ловушки меняется, этот поток тормозит движение. Завершающий этап закрывания ловушки относительно плавный.

Скорость захлопывания зависит от размеров, толщины и искривленности долек. Большой, искривленный лист выделяет больше упругой энергии и захлопывается быстрее, чем маленький и слабо выгнутый.

Авторы исследования назвали устройство венериной мухоловки гениальным техническим решением. А специалисты Массачусетского университета в Амхерсте учили венерин опыт и разрабатывают плавно и быстро действующие переключатели, принцип работы которых основан на изменении кривизны тонких пленок определенной формы («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2015, 112, 11175—11180; doi:10.1073/pnas.1509228112).



2

Круглые листья австралийской росянки *Drosera glanduligera* оснащены ловчими волосками двух типов

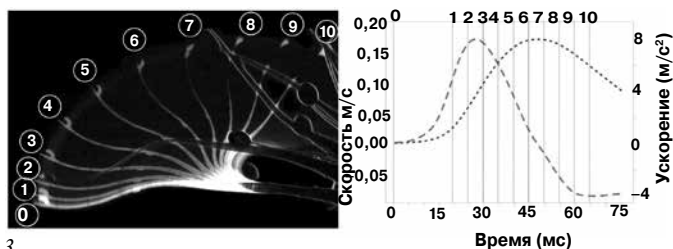
Бросок

Выше мы упоминали росянок как хищников активных, но неспешных. Их листья покрыты волосками, выделяющими капельки клея для привлечения и поимки насекомых. Чтобы полностью окутать пойманную добычу, лист росянки заворачивается, и этот процесс занимает от нескольких минут до нескольких часов. Когда добыча поймана и задушена, железы на клейких волосках и на поверхности листьев выделяют пищеварительные ферменты, растворяют добычу и всасывают питательные вещества.

Но есть среди росянок один австралийский вид, *Drosera glanduligera*, который отличается от других наличием чувствительных неклеящих (сухих) волосков, способных сгибаться за доли секунды. Этот феномен впервые обнаружил австралийский биолог Ричард Дэвион в 1974 году, а опубликовал свои наблюдения в конце 1990-х. Он писал, что сухие волоски, когда насекомое за них задевает, забрасывают жертву прямо в центр ловушки, усеянный клейкими железами. Спустя годы за исследование австралийской росянки взялись специалисты университета Фрайбурга (Германия). Они также использовали скоростную видеосъемку и электронную микроскопию, представили первые экспериментальные доказательства того, что неклеящие волоски действительно участвуют в поимке добычи, и предложили объяснение механизма их действия («PLoS ONE», 2012, 7(9): e45735, doi: 10.1371/journal.pone.0045735).

Австралийская росянка образует на земле розетку листьев около 4 см в диаметре. Каждый лист-ловушка имеет форму ложки и покрыт многочисленными клейкими волосками, а еще у него есть 12—18 волосков, выдающихся за края розетки (рис. 2). В естественных условиях растение ловит преимущественно пеших членистоногих. Исследователи выращивали росянку в теплице и скармливали ей перед видеосъемкой дрозофил *Drosophila melanogaster*. Движения волосков записывали без насекомых, стимулируя их прикосновением нейлоновой нити.

Камера зафиксировала, что оба типа волосков срабатывают в ответ на прикосновение. Поимка насекомых происходит в два этапа. Сначала сухой волосок катапультирует задевшее его на-



3

Движение волоска-катапульти австралийской росянки с интервалом 5 мс. Справа — скорость (линия точками) и ускорение (пунктиром) головки катапульти



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

секомое к центру листа, где оно попадает на клейкие волоски, полностью обхватывающие добычу минуты за две. Это более сложная система, чем у других росянок, которые охотятся, полагаясь исключительно на липкость. Приспособление австралийской росянки вполне можно назвать катапульти-ловушкой. На трепетание уже пойманных мух оно не реагирует, только на тех, что приближаются к растению.

Катапульта имеет около 6 мм в длину и оканчивается чувствительной головкой, ее раздражение вызывает деформацию шарнирной зоны волоска, расположенной ближе к центру листа. Бросок длится около 75 мс, то есть эта ловушка срабатывает быстрее, чем у венецианской мухоловки. При этом головка катапульти развивает максимальную скорость 0,17 м/с и ускорение до 7,98 м/с² (рис. 3). Скорость ловушек зависит от температуры и влажности, быстрее всего они движутся в очень жаркие дни.

Шарнирная зона катапульти скручивается, предположительно, потому, что определенные клетки в ней теряют воду и «сдуваются», а нижние по-прежнему остаются напряженными и упругими (рис. 4). Точный механизм скручивания еще предстоит установить.



Катапульта — устройство одноразового действия. Сжатие клеток, возможно, их повреждает, и волосок уже не распрямляется. Однако за три-четыре дня у австралийской росянки отрастает новый лист, так что заново взводить сработавшую катапульта смысла нет.

По мнению исследователей, катапульта расширяет зону досягаемости ловчего листа и позволяет поймать более крупную добычу, которая оторвалась бы от одной-двух капель клея. Из центра листа, где ее окружают многочисленные клейкие волоски и пищеварительные железы, выбраться гораздо труднее.

Всасывание

Как ни быстры росянка с мухоловкой, есть хищное растение, которое действует молниеносно: глаз не успевает заметить, куда девается добыча. Но исследователи университетов Гренобля и Фрайбурга применили видеосъемку со скоростью 15 тысяч кадров в секунду и всё рассмотрели («Proceedings of the Royal Society B», 2011, 278, 2909—2914, doi: 10.1098/rspb.2010.2292; «AoB PLANTS», 2015, plv140, doi: 10.1093/aobpla/plv140).

Род пузырчаток *Utricularia* насчитывает около 240 видов, распространенных по всему миру, преимущественно в Южной Америке и Австралии. Они растут на берегах водоемов во влажной почве, на влажных скалах и стволах деревьев, плавают в воде. Настоящих корней у них нет, только корневидные выросты (ризоиды), которые удерживают растение на



5

Водяное хищное растение *Utricularia* sp. оснащено ловушками-пузырьками

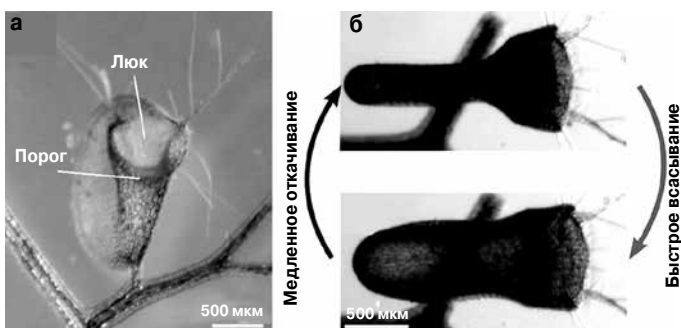
месте. Ученые работали с тремя водяными видами *U. australis*, *U. inflata* и *U. vulgaris*, которые охотятся, всасывая добычу в ловушки-пузырьки (рис. 5). Жертвами становятся все, кто может поместиться внутри; случается, что голова слишком крупной добычи торчит наружу. Диаметр ловушек варьирует от 0,5 до 6 мм в зависимости от вида.

У ловчего пузырька довольно сложное строение. Его плотные стенки внутри и снаружи покрыты железами. Внешние, скорее всего, участвуют в откачивании воды из ловушки. Внутренние, по мнению исследователей, также должны откачивать воду, а еще выделять пищеварительные ферменты (протеазу, кислую фосфатазу и эстеразу) и всасывать питательные вещества, но какие именно железы за что ответственны, пока неизвестно.

Ловушка закрыта выпуклым люком со свободным нижним краем (рис. 6а). Со стороны камеры вход под люком укреплен утолщенным, отогнутым вверх «порогом». Он снабжен железами, выделяющими полисахаридную слизь, которая помогает сделать вход в ловушку водонепроницаемым и облегчает скольжение люка. Рядом с входом торчат чувствительные волоски: разветвленные «антенны» и нитевидные щетинки. Когда проплывающая мимо добыча эти волоски задевает, люк открывается и ловушка ее поглощает.

Этому молниеносному действию предшествует долгая подготовка: железы ловчего пузырька около часа активно выкачивают из него воду. Из-за разницы давления (внутри пустота, снаружи вода) эластичные стенки ловушки прогибаются, запасая упругую энергию (рис. 6б). В таком состоянии ловушка пузырьчатки похожа на сжатую клистирную грушу. Ее можно взвести вручную, сжав пальцами, и она выпустит воду.

Когда люк открывается, вода буквально врывается в пустую ловушку, исследователи даже завихрения наблюдали. У пузырьчатки *U. inflata* скорость течения на расстоянии 500 мкм от входа достигает 1,5 м/с, и у жертвы, попавшей в этот поток, нет шансов на спасение. Все случается за 0,5 мс, затем ловушка заполняется водой, ее стенки расслабляются, и люк примерно за 2,5 мс возвращается в исходное положение. Добыча задыхается в пузырьке, и ее переваривают. Спустя 15–30 мин после захлопывания люка (в зависимости от вида) растение вновь начинает откачивать воду. У пузырьчаток многообразие ловушек.

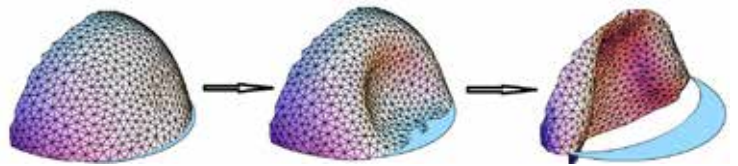


6

Ловушка пузырьчатки *Utricularia inflata*:

а — общий вид пузырька, хорошо видны вогнутые стенки ловушки.

б — взведенная ловушка с согнутыми стенками и сработавшая (люк справа)



7

Модель куполообразного люка пузырьчатки. Он открывается, вдавливаясь. На крайнем правом рисунке люк открыт наполовину

Скорость всасывания определяется способностью люка быстро открываться и закрываться. Ученые разработали модель, в которой люк представлен как половина эллипсоида, одна граница его фиксирована, а другая подвижна (рис. 7). Согласно этой модели, прикосновение к волоскам вызывает небольшую деформацию средней части люка и смещение его нижнего свободного края, после чего он больше не в силах сдерживать напор воды. Куполообразный люк вдавливается с одной стороны, открывая вход. Это событие можно назвать разблокировкой, ее ускоряет высвобождение упругой энергии стенок ловушки, переходящей в кинетическую. Пока скорость потока высока, люк открыт, но, когда давление внутри и снаружи выравнивается, он принимает свою исходную выпуклую форму, плотно закрывая ловушку.

Наблюдения показали, что ловушки могут срабатывать спонтанно: за 20 дней один пузырек открывался вхолостую 60 раз с интервалами от 5 до 20 часов. Спонтанное срабатывание может быть вызвано внешними причинами — колебаниями температуры или проплывающим мимо мусором — или же оно происходит, чтобы слишком долго не держать ловушку взведенной и предотвратить усталость материала.

Удар

Как быстро, оказывается, можно двигаться, не имея ни мышц, ни нервов, ни шарниров. Более того, можно даже не тратить энергию на перекачку воды и деформацию листьев. Хищное азиатское растение *Nepenthes gracilis* стряхивает насекомых в ловушку, используя удары дождевых капель.

Известно около 120 видов непентесов. Они заманивают добычу в висание ловушки — кувшинчики, выделяющие нектар (рис. 8). Кувшинчик состоит из тела, частично заполненного пищеварительной жидкостью, ободка по краю (перистом) и крышечки, которая защищает от дождя содержимое кувшинчика. Большая часть выделяющих нектар желез расположена под крышечкой и вокруг внутренней кромки перистом. В сухую погоду кувшинчик безопасен, и насекомые охотно залезают внутрь полакомиться нектаром. Но после дождя перистом покрывается тонкой водяной пленкой, стабильной и очень скользкой. Помимо перистом опасность представляют внутренние



8

Ловушка *Nepenthes gracilis*. Слева — готовый к поимке кувшинчик, его крышечка открыта и расположена горизонтально. Справа — муравей лакомится нектаром. Внутренние стенки кувшинчика и нижняя часть крышечки покрыты восковым налетом

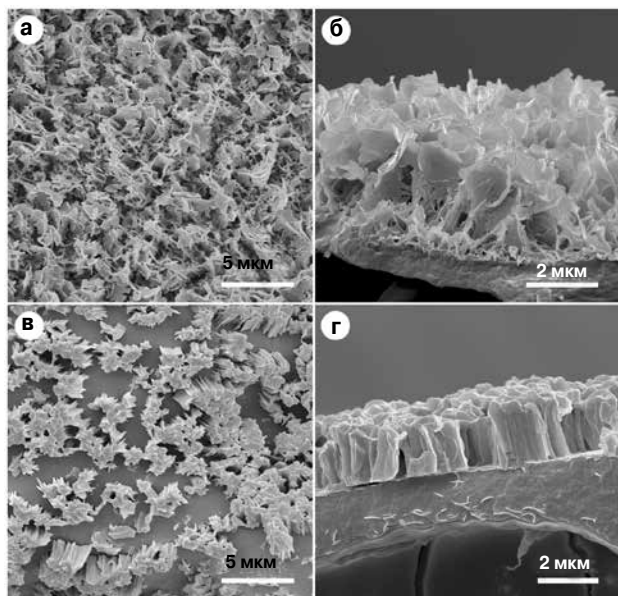
стенки кувшинчика, выстланные тонким слоем воска, который мешает удержаться на растении. Кроме того, эти пластинки легко ломаются и забивают липучие подушечки насекомых, уменьшая сцепление. А на дне кувшинчика — вязкая жидкость с пищеварительными ферментами. Кругом опасности!

N. gracilis отличается от прочих непентесов тем, что у него воском покрыты не только стенки, но и нижняя поверхность крышечки, причем воск на разных частях кувшинчика явно разного качества. Немецкая исследовательница насекомоядных растений Ульрике Бауэр, работающая сейчас в разных британских университетах, и ее коллеги обратили как-то внимание на муравья, который скользил и падал на стенках, а по крышечке шел спокойно. Их интерес возрос, когда спрятавшийся под крышечкой от дождя жук сорвался и полетел вниз после того, как по ней ударила капля. Муравьи в дождливую погоду тоже часто падали. Тогда ученые заподозрили, что крышечка играет важную роль в охоте *N. gracilis*, перенесли эксперименты в лабораторию, исследовали роль крышечки в поимке добычи, а также детально изучили структуру ее восковых кристаллов с помощью сканирующего электронного микроскопа («PLoS ONE», 2012, 7(6): e38951. doi:10.1371/journal.pone.0038951; «Proceedings of the National Academy of Sciences», 2015, 112, 13384—13389, doi: 10.1073/pnas.1510060112).

Полевые наблюдения показали, что с нижней части крышечки муравьи падают только во время дождя и некоторое время после него, пока по ней ударяют капли, однако свойства воска в сырую погоду не меняются. В лаборатории исследователи работали с пойманными на воле муравьями *Crematogaster* sp., обычными визитерами *N. gracilis*. Насекомых запускали на свежесрезанные кувшинчики, ориентированные вертикально, как в природе, а когда муравьи приступали к трапезе, роняли на крышечку капли с высоты 40 см. Опыты проводили на открытой веранде, из-за движения воздуха капли падали на разные места крышечки. Капли сшибали около 40% забравшихся под нее муравьев, и ученые смогли выяснить, что при дожде безопаснее всего сидеть у основания крышечки. Ни до, ни после искусственного дождя ни одно насекомое не упало.

Если смазать нижнюю часть крышки нетоксичным силиконовым полимером, который делает поверхность скользкой, или стереть воск с ее поверхности, то эффективность охоты существенно снижается: капли сбили лишь двух муравьев из 46. Но кое-кого непентес может поймать с помощью перистомы и внутренней стенки.

По данным сканирующей электронной микроскопии, воск на внутренней стенке кувшинчика имеет такую же структуру, как у других видов непентеса (рис. 9). Это слой восковых пластинок



9

Восковой налет на внутренней стенке (сверху) и нижней части крышки (внизу) кувшинчика *N. gracilis*



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

толщиной около 3 мкм, объединенных в короткие восковые кристаллы. Муравьи по ним скользят. Нижняя часть крышки утыкана восковыми столбиками около 1,8 мкм в высоту и 1,57 мкм в диаметре. Иногда эти столбики объединены в плотные блоки. Поверхность кутикулы между столбиками абсолютно гладкая. Восковые столбики мешают муравьям как следует держаться за поверхность крышки, им трудно всунуть между ними лапки. Измерения силы сцепления показали, что изнанка крышечки для муравьев более скользкая, чем чистая стеклянная поверхность. Но они как-то держатся и ходят по крышке довольно уверенно, пока нет дождя.

Крышечка *N. gracilis* несколько меньше, легче и жестче, чем у других видов. Благодаря этим свойствам она откликается на удар попадающей на нее капли, как торсионная пружина: резко уходит глубоко внутрь кувшинчика, а потом после нескольких колебаний возвращается в исходное положение. Амплитуда колебаний ее края составляет $3,83 \pm 3,09$ мм, максимальная скорость достигает 1,5 м/с, а ускорение — 300 м/с^2 . Неудивительно, что муравей от такого толчка слетает со скользкой крышечки. У других непентесов, например *N. rafflesiana*, которая, как и *N. gracilis*, растет в лесах Борнео, крышечка под ударами капель только изгибается, амплитуда ее колебаний существенно меньше, и муравьи падают лишь с самого края, если не успевают за него ухватиться.

Геометрия и механические свойства крышечки в сочетании со скользким воском, покрывающим ее изнутри, делают охоту *N. gracilis* чрезвычайно эффективной. В отличие от других ловушек-кувшинчиков его ловушка действует быстро и при этом не тратит энергию на активные движения. Ее быстрое действие можно сравнить только с пузырчаткой. Это единственный известный случай функционального движения растений, вызванного внешними причинами.

Дожди на Борнео, как правило, сильные, но короткие, идут меньше часа. Поэтому значительную часть дня нижняя часть крышки *N. gracilis* представляет собой безопасное место для добывания еды. И все же дождь может застичнуть муравьев где угодно. Сильный ливень они стараются переждать под листьями, и даже когда он кончился, вода еще капает с деревьев. Эти крупные капли смертельно опасны для муравья, если он оказался в кувшинчике именно в это время.

Ульрике Бауэр и ее коллеги подчеркивают, что *N. gracilis* служит примером того, как небольшое изменение поверхности и свойств материала может придать адаптивную функцию структуре, служившей изначально для других целей. Ученые предположили, что подобный механизм позволяет растениям стряхивать во время дождя насекомых-вредителей. Скользкие восковые кристаллы найдены у разных растений, они действуют как репелленты. При этом такие растения необязательно устойчивы к поеданию, поскольку их скользкие листья отпугивают также многих хищников и паразитоидов своих вредителей (паразитоидами называются насекомые, откладывающие яйца в тело хозяина), создавая для тех вредителей, которые научились держаться на скользкой поверхности, безопасную нишу. Однако для изучения влияния структуры листьев на защитные свойства растений необходимы дальнейшие исследования, но это будет совсем другая история.



Врач, теолог и философ

В.А.Острогорская

Я жизнь, которая хочет жить среди других жизней, которые хотят жить.

Альберт Швейцер

Госпиталь в джунглях

Начиная с 1978 года Общество Альберта Швейцера приглашает студентов-медиков из всех стран мира поработать три месяца в Ламбарене (Габон, Африка), в

госпитале Альберта Швейцера. Об этом можно прочитать на сайте Общества, желающим предлагают направлять по электронной почте заявления-анкеты. Добровольцы работают помощниками врача под наблюдением опытных специалистов, для будущих врачей это что-то вроде студенческой практики. А специалисты приезжали в госпиталь из разных стран, как правило, на два года. Госпиталь был основан в 1913 года на берегу реки Огове в девственном лесу Африки. Только вот наши соотечественники никогда там не работали. Почему? И что это за госпиталь? И что за Общество?

Альберт Швейцер (1875—1965) был одним из наиболее ярких людей своего времени. Он получил три докторские степени: доктора философии (диссертация «Философия религии Канта»), доктора теологии (диссертация «Тайна мессианства и страданий. Очерк жизни Иисуса») и доктора медицины (диссертация «Психиатрическая оценка личности Иисуса»). Швейцер — основатель и практикующий врач крупного медицинского центра в Африке. Того самого, в Ламбарене. А еще он был известен как виртуозный исполнитель органной музыки, крупнейший специалист в области органостроения и как автор многочисленных научных трудов по теории музыки. Ему принадлежат фундаментальные работы по теории культуры, философии и теологии. Он стал почетным доктором крупнейших европейских и американских университетов, лауреатом ряда престижных международных премий, например Франкфуртской премии Гете (1928) и Нобелевской премии мира (1952).

Швейцер давал концерты, которые становились событием для любителей органной музыки всего мира, выступал с лекциями во многих странах Европы и Америки, участвовал в акциях против ядерных испытаний и гонки вооружений. Его друзьями были ученые, писатели и люди искусства — Альберт Эйнштейн и Лайнус Полинг, Ромен Роллан и Стефан Цвейг, Антонио Гауди и Пабло Казальс. Однако, к сожалению, сейчас в России немногие знают это имя.

Неудивительно, что труды Швейцера по теологии и философии не публиковались в Советском Союзе. Но даже тем, кто избрал своей специальностью медицину, он мало известен, в советской истории медицины его имя замалчивалось. Не потому ли, что темой докторской диссертации по психиатрии он избрал особенности личности Иисуса?

Сейчас, когда в России интерес к психологии Иисуса уже не пугает, а события заставляют задуматься о том, может ли общество победить насилие и если да, то как это сделать, — не пора ли вспомнить



Что у вас, голубчик?..

о Швейцере? Например, опубликовать его труды и переиздать немногочисленные книги о нем? А может быть, стоит «открыть» для наших врачей, в том числе молодых, Швейцеровский медицинский центр в Африке?

Разнообразная медицинская практика

О Швейцере-враче больше всего можно узнать, прочитав его записи разных лет, собранные в книгу «Письма из Ламбарене», которая была издана в серии «Литературные памятники» в 1989 году. Ламбарене, поселок, где находится госпиталь, основанный Швейцером, расположен в Экваториальной Африке на берегу реки Огове. Это зона влажных лесов, климатические условия там для европейцев очень тяжелые. Строился медицинский центр на собственные средства Швейцера (гонорары за изданные книги, лекции, концерты) и пожертвования.

Сначала это было несколько барачков из рифленого железа, крытых пальмовыми листьями. Постепенно в Ламбарене вырос целый больничный городок примерно из 50 зданий, похожий на другие современные медицинские центры, но с особенностями, обусловленными климатом и ментальностью местных разнородных жителей.

Например, при госпитале есть сад и огород, где выращивают фрукты и овощи, которыми питаются больные, птицеферма. Работают в этом хозяйстве выздоравливающие и родственники пациентов. Так сложилось — ведь обычно больных привозят издалека, и родственники вынуждены оставаться с ними там на все время лечения. Они же занимаются необходимым ремонтом и строительством, стирают операционное и постельное белье, готовят еду в специальных горшках на огне так, как они при-

выкли это делать в своей деревне. Обычно больным выдают только продукты на день — рис, пальмовое масло, бананы, маниок, вяленую рыбу. Эти бананы — не те сладкие плоды, которые мы привыкли покупать, а другие, которые едят только вареными, но они более питательны. Папайю, лимоны и манго можно просто срывать с деревьев в саду больницы.

Поначалу в Ламбарене работали 5 врачей и 16 медсестер, в основном из Европы. Они были добровольцами и работали бесплатно — оплачивался только проезд из Европы в Габон и обратно. Так как условия жизни и работы там были крайне тяжелыми, дольше двух-трех лет могли выдержать лишь немногие. Уезжавших на отдых сменяли другие добровольцы, почитавшие за честь работать рядом со Швейцером и его верными помощниками.

Больные — и местные жители, и белые — обращались в госпиталь с самыми разными болезнями. Врачам приходилось оказывать помощь практически по всем медицинским специальностям, включая терапию тропических болезней, таких, как сонная болезнь, желтая лихорадка, гельминтозы и паразитарные заболевания. Работы было очень много. Швейцер писал: «...если я захочу добросовестно обследовать двоих пациентов [с сонной болезнью], мне целое утро нельзя будет оторваться от микроскопа. А в это время за дверью сидят двадцать больных, которые хотят, чтобы я успел их осмотреть до обеда! Оперированным необходимо сделать перевязки! Я должен продистиллировать воду, высосать гнойные язвы, вырвать зубы! От всей этой суеты и от нетерпения моих пациентов я часто прихожу до такого состояния, что становлюсь сам себе в тягость».

Серьезной проблемой было лечение проказы. Рядом с больничным городком построили лепрозорий. Это был поселок, в котором несколько сот больных

жили семьями, лечились и работали на плантациях и в кустарных мастерских. На это ушли деньги от Нобелевской премии мира, которая была присуждена Швейцеру в 1953 году.

Европейским специалистам пришлось научиться оказывать помощь людям, пострадавшим от диких животных — крокодилов, бегемотов, леопардов, обезьян, слонов, — укушенным ядовитыми змеями и насекомыми. Например, «довелось зашивать тяжелые рваные раны женщине, пострадавшей от аллигатора. Собравшись удить рыбу, она встала на спину животного, приняв его за древесный ствол, лежащий на болоте». Или вот: «Охотник ранил гориллу выстрелом из ружья, но у него кончились патроны, и, отступившись от своего намерения убить ее, он ушел. Он возвращался к себе домой, не подозревая, что горилла все это время шла за ним по пятам. Она долго подстерегала его, прячась поблизости, а когда охотник вновь вышел из своей хижины, набросилась на него. Она играла с ним, как с мячиком, и искушала его самым ужасным образом. Чтобы промыть и перевязать его раны, нам пришлось держать больного два часа под наркозом».

Больше половины операций приходилось на ущемленные грыжи. Довольно часто оперировали больных элифантiazом (слоновой болезнью). Иногда эти опухоли были очень большими — до 25 кг весом; один больной просто присаживался отдохнуть на своей опухоли. (За существенное продвижение в лечении этого заболевания Сатоси Омуре и Уильям Кэмпбелл получили только что Нобелевскую премию по медицине. — *Примеч. ред.*)

Врач и пациент

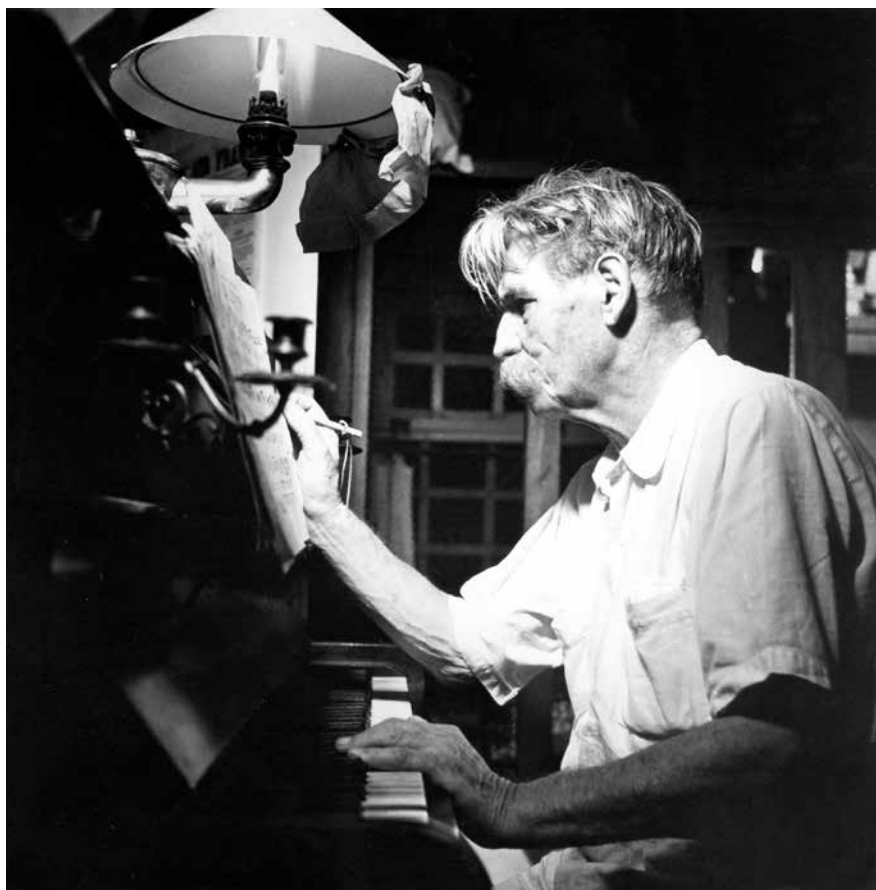
Нелегко было найти с пациентами общий язык, и в прямом, и в переносном смысле — в госпитале одновременно находились больные, говорящие на 15 африканских языках и диалектах. Переводчиками были африканцы, когда-то обучавшиеся европейским языкам. Большинство этих больных впервые в жизни обращались к врачу. Поначалу трудно было даже уговорить габонцев принимать лекарства — они проделыва-

ли в таблетках отверстия и носили их на шее и в ушах, как украшения. Состояние наркоза для туземцев — не что иное, как смерть: они полагали, что доктор убивает больных, лечит, а потом воскрешает. Некоторые считали, что доктор усыпляет больного, чтобы съесть его. Довольно трудно было убедить туземцев соблюдать основные гигиенические правила, так что постоянно приходилось бороться с кишечными инфекциями. Успешно оперированные пациенты нередко погибали позже от дизентерии.

«Какой же я все-таки дурак, что взялся лечить этих дикарей!» — воскликнул однажды доведенный до отчаяния Швейцер. Зато как он радовался, когда отправлял домой каждого вылеченного больного! Часто бывший пациент получал не только питание в дорогу, но и подарок, например мешочек драгоценной в Габоне соли. Доктор и его помощники старались завоевать доверие местных жителей, было принято обращаться к больным «брат», «сестра».

Швейцер относился к местным жителям как к младшим братьям, которых следовало терпеливо просвещать и наставлять, однако он не считал их примитивными. «Несмотря на то что туземец не умеет ни читать, ни писать, он способен размышлять о таких вещах, которые мы считаем для него недоступными, — писал он. — Разговоры, которые я вел у себя в больнице со стариками-неграми о кардинальных вопросах жизни и смерти, глубоко меня потрясли. Когда начинаешь говорить с обитателями девственного леса о вопросах, затрагивающих наше отношение к самим себе, к людям, к миру, к вечности, различие между белыми и цветными, между образованными и необразованными начисто исчезает».

Взаимоотношения Швейцера с африканцами складывались непросто. Наблюдая их жизнь и обычаи, Швейцер пришел к выводу, что они «вольный и свободный» народ, их очень трудно принудить к работе, которую они сами не считают для себя необходимой. Госпиталь очень нуждался в рабочих руках, и польза его для местных жителей была очевидной, однако нередко африканцы соглашались потрудиться только за деньги, подарки или еду. Швейцер и его помощники не только лечили, но и строили дома для больных, благоустраивали территорию госпиталя, сажали плодовые деревья. «Так как у нас в больнице почти нет работоспособных мужчин, я сам с двумя помощниками таскаю брусья и доски. Вдруг мне попадается одетый в белое негр; он сидит около больного, навесить которого приехал. — Послушай-ка, друг, — обращаюсь я к нему, — не сможешь ли ты нам немножко? — Я человек интеллигентный и брусьев не ношу, — отвечает он. — Тебе



Вечер

повезло, — говорю я, — мне бы тоже вот хотелось быть человеком интеллигентным, да что-то не удается».

Лечение в госпитале всегда было и остается бесплатным. В Ламбарене сейчас есть курсы медсестер для местных жителей, а приезжающие на работу врачи имеют уникальную возможность практиковаться в лечении тропических заболеваний. Сегодня заслуги Швейцера-врача оцениваются очень высоко. В Варшаве создана Всемирная академия медицины Альберта Швейцера, в состав которой входят профессора из 42 стран. В правлении академии состоят лауреаты Нобелевской премии и сотрудники Швейцера по Ламбарене, почетный президент — его дочь Рена Швейцер-Миллер.

Но как случилось, что уже зрелый человек, известный деятель культуры, профессор-теолог и философ вдруг совершенно изменил свою жизнь, изучил медицину и посвятил многие годы врачебной практике в тяжелейших для европейца условиях?

Экскурс в биографию

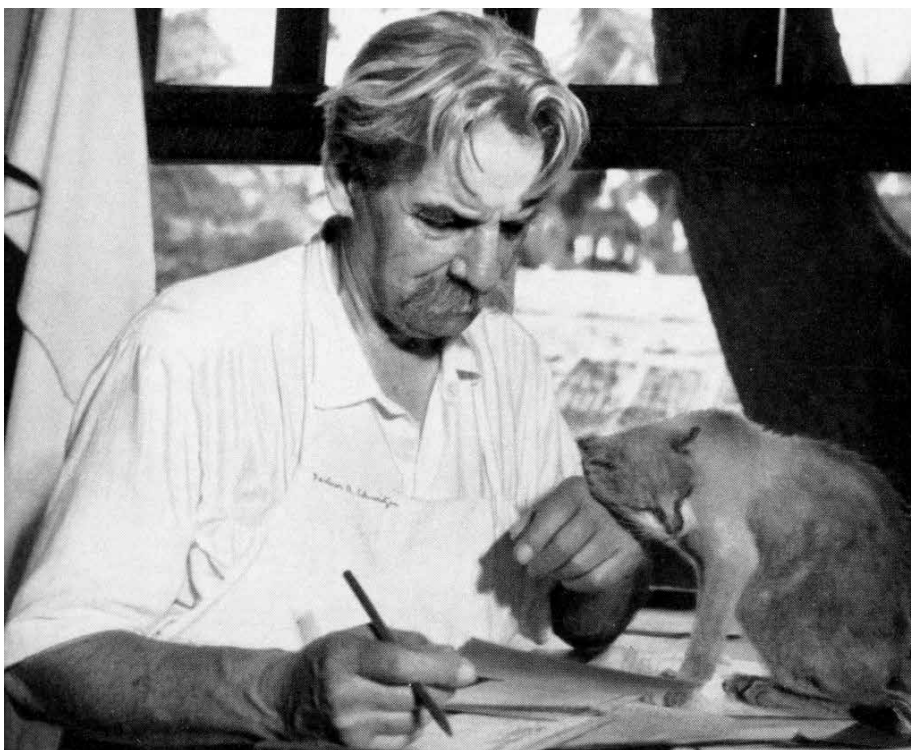
Альберт Швейцер родился 14 января 1885 года в городке Кайзерсберге, в верхнем Эльзасе, в семье протестантского священника. Его отец, пастор Луи Швейцер, всегда интересовался работой миссионеров в Африке и еженедельно

служил особую «миссионерскую» проповедь. Наверное, поэтому Африка с детства привлекала Швейцера.

Позднее он дал сам себе обет, который нам может показаться немного наивным, — до 30 лет заниматься искусством и наукой, а потом посвятить себя непосредственному служению человечеству. Удивительно, но он именно так и поступил! Швейцер много и напряженно трудился: по семейной традиции он был приходским священником и исполнителем органной музыки, одновременно преподавал в университете Страсбурга, работал сразу над несколькими книгами по теологии, теории культуры и музыки.

Но приближался назначенный им самому себе рубеж, когда надо было принять решение: какое именно поле деятельности избрать для служения человечеству? В одно прекрасное утро ему на глаза попала брошюра, изданная Парижским миссионерским обществом, в которой говорилось о трудностях миссии в африканской провинции Габон — там очень был нужен врач. И Швейцер сделал свой выбор, он решил стать врачом и работать в Габоне.

В то время Швейцер был приват-доцентом теологического факультета университета в Страсбурге. Быть одновременно и студентом медицинского факультета не полагалось, и нелегко было усвоить знания, о которых Швейцер не имел понятия, занимаясь до того исключительно гуманитарными науками. Изучение новой



Кто-то работает, кто-то ластится

специальности увлекало его, приносило радость, однако требовало огромных усилий. К тому же Швейцер не мог прерывать начатую работу над несколькими книгами и концертную деятельность. Но он показал прекрасные результаты занятий медициной, ему пошли навстречу и разрешили держать выпускные экзамены.

В октябре 1911 года он сдал государственные экзамены по медицине. В это время ему уже было 37 лет. Последовали занятия в клиниках и работа над дипломом.

В 1912 году Швейцер женился на Элене Бреслау, которая на всю жизнь стала его верной подругой и соратницей, разделявшей его взгляды. Она получила диплом медицинской сестры и прошла вместе с мужем курс тропической медицины, чтобы стать ему полноценной помощницей. Пока они закупали лекарства и оборудование для госпиталя в Африке, Швейцер закончил работу над двумя книгами и защитил докторскую диссертацию по медицине. Приближалось время отъезда.

Большинству людей, знавших Швейцера, даже достаточно близко, такая перемена жизни представлялась чистейшим безумием. Совершенно ясно, что он не стремился стать корифеем медицины, его целью было милосердие. Не потому ли, что почти всю свою жизнь до того Швейцер посвятил изучению жизни Иисуса и апостолов, для него было естественным жертвовать своим здоровьем и благополучием ради спасения несчастных и обездоленных африканцев?

Он рассуждал так: «Стоит только кому-нибудь из нас заболеть, как тотчас же к нам является врач. Когда кому-то нужна операция, перед ними сразу же распахиваются двери клиники. Но пусть каждый представит себе, что это значит, когда в глуши миллионы и миллионы людей живут, не получая никакой медицинской помощи, и даже без надежды когда-либо ее получить. День ото дня тысячам тысяч людей приходится терпеть ужасающую боль, от которой врачебное искусство могло бы их избавить... Когда я смотрю на избавление от страданий больных в этом далеком краю как на задачу всей моей жизни, я исхожу из чувства милосердия, к которому призывает Иисус Христос и религия вообще».

Практика работы в Габоне подтвердила предположения Швейцера: кроме него, никому не было дела до больных и к тому же обездоленных коренных жителей колонии. И он уже не мог оставить их без медицинской и человеческой помощи. Тем не менее Швейцеру не раз приходилось прерывать работу в госпитале. Во время Первой мировой войны Швейцер с женой, как немецкие граждане, были интернированы в лагерь во Франции. Там Швейцер, конечно, тоже помогал лагерному врачу. А в свободное время он, чтобы спастись от неизбежной в этих условиях депрессии, на обыкновенном деревянном столе «повторял» знакомые и разучивал новые произведения Баха.

Когда война закончилась, многочисленные поездки с лекциями и организованными концертами по Европе дали возможность



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

снова собрать необходимые госпиталю денежные средства. Европейские «каникулы» были нужны и для восстановления здоровья.

«Авантюрист милосердия»

Только в 1924 году Швейцер, уже без жены, которая осталась в Европе с их малолетней дочерью, вернулся в Ламбарене, чтобы возродить разрушенную и разграбленную больницу. До того он еще успел пройти в Страсбурге циклы усовершенствования по стоматологии и акушерству.

Колониальные власти считали больницу в Ламбарене частным предприятием доктора. Он платил земельную ренту, налоги, пошлину не только за ввозимые лекарства, но и за подарки, которые почитатели посылали в госпиталь. Хотя жителей Габона там лечили бесплатно, и Швейцер, и его госпиталь были известны всему миру. Не случайно он называл себя «авантюристом милосердия».

«Культура и этика» — книга, над которой Швейцер работал в течение многих лет и в которой он сформулировал свои основные философские идеи. Он пришел к выводу, что величайшее зло современности, войны, — не причина, а следствие упадка культуры. Преодолеть кризис культуры позволит появление большого количества нравственно усовершенствованных личностей. «Благоговение перед жизнью порождает в нас духовное отношение к миру», — писал он. «Благоговение перед жизнью» означает уважение присущей всем ее формам, как высоко-, так и низкоорганизованным, воле к жизни. «Добро — то, что служит сохранению и развитию жизни; зло есть то, что уничтожает жизнь или препятствует ей». Нравственный человек старается помочь любой жизни (человеку, животному или растению), побуждаемый чувством ответственности за все живое.

У Швейцера было ружье, но стрелял он только в ядовитых змей в случае опасности. И предпочитал не вырубать деревья, а пересаживать их. Своим поведением в жизни Швейцер показывал пример деятельного гуманизма. У него были почитатели и последователи во всем мире. Он получал огромное количество писем. И куда только не приглашали его выступить с концертами или лекциями!



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Самые влиятельные люди стремились познакомиться с ним. Швейцер охотно побывал у Черчилля, однако на приглашение Геббельса приехать и быть гостем правительства ответил отказом.

Началась Вторая мировая война. Жену (она была еврейкой) с дочерью Швейцер сумел переправить в Швейцарию, там они были в безопасности, но некоторые верные друзья и помощники Швейцера, евреи по национальности, не смогли вырваться из оккупированной Европы и погибли. Сам он снова вернулся в Африку; на этом континенте тоже шли военные действия — сражались немецкие войска и «французская колониальная армия», которая, вопреки приказу Петена, встала на сторону антигитлеровской коалиции.

Госпиталь продолжал работать, несмотря на проблемы со снабжением медикаментами и продуктами. Выручали американские друзья, но и от них посылки приходилось ждать иногда около года. Труднее было побороть ощущение бессмысленности лечебной работы, в то время как на полях сражений, в лагерях смерти, да и в мирных городах от бомбежек и голода погибают миллионы людей.

В эти трудные годы восстановить душевное равновесие ему снова помогала музыка. В Африке не было возможности играть на органе, но друзья подарили Швейцеру рояль с органными педалями, и часто после трудного дня в госпитале ночью в тропическом лесу звучала музыка Баха. В последний раз Швейцер выступил на органном концерте по случаю дней памяти Баха в Страсбурге, когда ему было 80 лет, и снова поразил слушателей глубиной интерпретации музыки любимого композитора.

Вот описание вечера в госпитале из книги «Письма из Ламбарене»: «Сиделки с рукоделием в руках заходят друг к другу в гости. Врачи углубляются в изучение медицинских журналов, но притом настроенно прислушиваются: не донесется ли с реки шум моторной лодки, которая может привезти нам новых больных... После десяти часов в большинстве комнат уже гаснет свет. Это, однако, не означает, что мы все тотчас погружаемся в сон. Во-первых, не надо забывать об африканских цикадах и жабах, с девяти вечера и до двух часов ночи не прекращающих громкого шума. В доме для белых пациентов к тому же иногда неделями живут матери с новорожденными, которые днем, как правило, спят, а по ночам поднимают крик. Но даже если и не слышно новорожденных, непременно будут реветь, как бы соревнуясь друг с другом, оба бегемота, поселившихся в реке у самой больницы. Случается, кто-нибудь из душевнобольных (иногда этим занимаются несколько человек) часами барабанит по деревянным стенкам своей каморки. А не то в какой-нибудь деревне за рекой всю ночь напролет пляшут под звуки тамтама».



Альберт Швейцер скончался 4 сентября 1965 года на 91-м году жизни и был похоронен рядом с женой в нескольких шагах от дома, в котором они жили в Ламбарене. В 1969 году Швейцеру сооружены памятники в Веймаре и Гюнсбахе, есть его мемориальный музей в Кайзерсберге; десять стран, в том числе три африканских, выпустили посвященные ему марки.

Но главное — госпиталь в Ламбарене работает, ежегодно там рождается 300–400 детей, делают около 1600 операций и ежедневно принимают амбулаторно 250 пациентов.

Вот что сказал Альберт Эйнштейн о своем друге: «Я не знаю, есть ли другой человек, в котором так же сочетались бы доброта и стремление к прекрасному, как у Альберта Швейцера».



Какие стереотипы преодолевал Д.И. Менделеев?



ОБРАЗОВАНИЕ

В одном школьном учебнике химии рассказ о таблице Менделеева предшествует краткая информация о более ранних попытках создать нечто подобное. В частности, рассказывается об англичанине Джоне Ньюлендсе (1837—1898), который до Д.И. Менделеева пытался упорядочить элементы в соответствии с атомными весами. Его сообщение на заседании Лондонского химического общества не вызвало энтузиазма, и кто-то даже иронически рекомендовал ему располагать элементы по алфавиту. В учебнике эта информация сопрово-

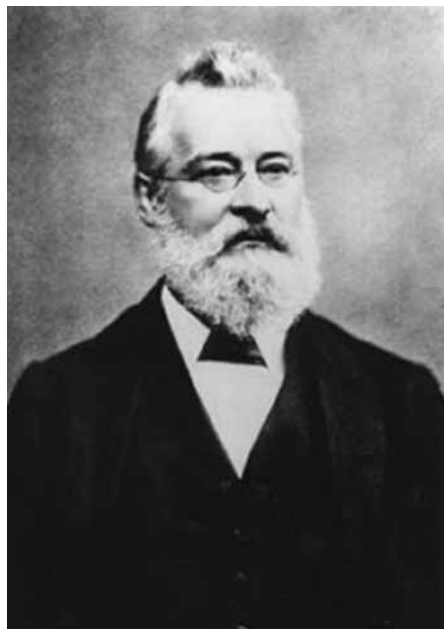
ждается замечанием: «Так стереотипы мешают восприятию нового». На подобные замечания учащиеся обычно особого внимания не обращают. Но если задуматься, то возникают вопросы. А кому, собственно, помешали стереотипы? Самому Ньюлендсу или членам Королевского общества? Ученый не преодолел какие-то стереотипы и не довел успешно начатую работу до конца? Или его коллеги не смогли оценить работу, которая выходила за рамки устоявшихся стереотипов? Такие замечания, допускающие различные толкования, не должны попадать в школьные учебники. И вообще, если речь идет о необходимости преодолеть стереотипы, желательно указать, какие именно.

На самом деле в замечании скептика проявилась нелюбовь ученых к ничем не обоснованным предположениям. Ведь в то время никто не видел даже намека на объяснение связи между химическими свойствами элементов и их атомными весами, на что и намекал скептик.

Эта связь получила объяснение только через много лет после того, как таблица Менделеева была принята учеными, поэтому скептик мог бы осудить и его. Другое дело, что Д.И. Менделеев пошел много дальше англичанина, и уже трудно было поверить, что найденные им закономерности были результатом случайного совпадения. Кстати, после доклада Джона Ньюлендса на заседании Лондонского химического общества был

отмечен еще один принципиальный недостаток его работы: в случае открытия новых элементов пришлось бы отказаться от всей системы. Ведь к тому времени элементы с малыми атомными весами были в основном открыты, и заметить, что с увеличением атомного веса их химические свойства периодически повторяются, было нетрудно. Но при дальнейшем увеличении атомных весов закономерность начинала нарушаться. Ньюлендс пошел по пути наименьшего сопротивления — со значительными нагрузками расположил элементы с большими атомными весами так, чтобы закономерность хоть как-то наблюдалась и для них. Однако для нового элемента с атомным весом, не превышающим наибольший атомный вес включенных в его схему элементов, места в его схеме не нашлось бы.

Менделеев же не только предусмотрел возможность открытия новых элементов, но и оставил для них в своей таблице пустые места, и предсказал их свойства. Именно расположение пустых мест в таблице было выдающимся достижением, которое потребовало серьезной работы. Кроме того, Д.И. Менделеев проявил научную смелость, поместив в своей таблице некоторые элементы (уран, бериллий и др.) в соответствии не с атомными весами, а с химическими свойствами, — он предположил, что атомные веса этих элементов определены неверно, и оказался прав, как выяснилось со временем.



Джон Ньюлендс и его периодическая система

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	To 43	Au 49	Th 56

До того как Периодический закон Д.И. Менделеева получил экспериментальные подтверждения, он оставался гипотезой. И в ней было три принципиальных положения: упорядочивание элементов в соответствии с атомными весами, периодическое повторение химических свойств элементов и пустые места. Поначалу этот закон, как и любая смелая гипотеза, не обоснованная ни теоретически, ни экспериментально, не вызвал особого энтузиазма. И лишь когда пустые места стали заполняться, стало ясно, что русский ученый сделал большое научное открытие.

В замечании о вреде стереотипов проявилась характерная для литературы, и художественной, и в научно-популярной, тенденция к упрощенному описанию сложных явлений. Такой упрощающий подход очень опасен в науке. Утверждение, что неспособность преодолеть стереотипы помешала Ньюлендсу совершить открытие, способствует распространению искаженных представлений о научной деятельности. А поскольку подобные утверждения часто встречаются в научно-популярной и даже в учебной литературе, то они способствуют появлению «смельчаков», которые после первых наблюдений начинают претендовать на значительный научный результат.

Можно сказать, что Джон Ньюлендс выполнил лишь первый этап научной работы. Он обнаружил интересную закономерность — периодически повторяющиеся свойства химических элементов. А Д.И. Менделеев не ограничился описанием своих наблюдений и продолжил работу. При этом он сам отмечал, что никаких объяснений относительно обнаруженных им закономерностей у него нет. Теперь мы знаем, что химические свойства атомов определяются строением их электронных оболочек, но пока физики не накопи-

ли достаточно знаний о строении атома, дать объяснение свойствам элементов, которые открыл Д.И. Менделеев, было невозможно.

А по поводу Ньюлендса уместно вспомнить историю о запросе, который некто адресовал президенту Королевского статистического общества сэру Франку Йетсу. В преамбуле сообщалось, что английские короли Генрихи, принадлежавшие четырем различным правящим династиям, непременно умирали по пятницам. В подтверждение приводились точные даты смерти всех восьми английских королей по имени Генрих. После чего следовал лапидарный вопрос: «Не является ли пятница роковым днем для Генрихов английских?». Ответ сэра Франка вошел в историю науки: «Дорогой сэръ! Представленные Вами статистические данные не противоречат сформулированной Вами статистической гипотезе. Королевское статистическое общество рекомендует Вам продолжать наблюдения». Рекомендация выглядела особенно пикантно в свете того факта, что последний из правящих английских Генрихов умер в 1547 году. Наверное, Ньюлендс после своего не очень успешного доклада тоже продолжил наблюдения. По мере открытия новых элементов он мог вносить исправления и дополнения в свою схему и рано или поздно получил бы нечто эквивалентное таблице Менделеева. Но Д.И. Менделеев не стал дожидаться открытия всех элементов и, опубликовав таблицу с пробелами, закрыл тему.

К сожалению, подробные материалы исторического характера невозможно вставить в школьные учебники. Подробный рассказ о том, как Д.И. Менделеев создавал свою таблицу, о ее промежуточных вариантах, о том, как ученый определял атомные веса еще не открытых элементов, занял бы слишком много места. Но в подобных случаях стоило бы давать ссылки на научно-популярные книги, чтобы хотя бы часть школьников получила представление о том, как делаются научные открытия.

И.И. Гольдфайн



ОБРАЗОВАНИЕ

Марципан

Что такое марципан? Марципан — древняя сладость, состоящая из измельченного сладкого и горького миндаля, тщательно перемешанного с сахаром или медом. Это основной состав, к которому могут добавить ароматизаторы (розовую или апельсиновую воду, какао, специи) и пищевые красители: в чистом виде марципан белый. Полный список ингредиентов, их соотношения и особенности приготовления у разных производителей отличаются и нередко составляют коммерческую тайну. Немцы, например, миндаль растирают с сахарной пудрой, во Франции орехи предпочитают молоть и смешивать с сахарным сиропом, а в Испании не используют горький миндаль.

Однако во всех случаях орехи берут только качественные, то есть непременно свежие, одинаковые по размеру, с достаточным содержанием масла. Миндаль содержит от 36 до 60% масла (от сухого веса), а в готовом изделии его, согласно европейским стандартам, должно быть не менее 14%. Чем больше в марципане миндаля, тем выше его качество. Если в нем менее половины орехов, это не марципан.

Есть несколько видов сладостей из миндаля с сахаром. Отличительная черта марципана — гладкость и пластичность, приобретаемые благодаря маслу и сахару. Из него делают всевозможные фигурки: свинок на Рождество и яйца на Пасху, а также фрукты, овощи, птичек, рыбок, да что угодно! Вот, например, как описывает И.С.Шмелев в рассказе «Рождество в Москве» марципан фирмы «Абрикосов и сыновья»: «Старая фирма, русская, вековая, не сдается, бьет марципанной славой, мастерским художеством натур-морт: блюдами отбивных котлет, розовой ветчиной с горошком, блинами в стопке, политыми икрой зернистой... — все из тертого миндаля на сахаре, из «марципана», в ярко-живой окраске, чудный обман глазам, — лопнет витрина от народа». Отец Ивана Сергеевича любил удивлять гостей и на своих именинах угощал их абрикосовским марципаном: то котлеты с горошком предложит, то арбуз.

Марципан также раскатывают в тонкие листы, которыми прослаивают торты, особенно пышные и дорогие: свадебные, именинные. Есть и марципановые конфеты, как правило, покрытые шоколадом. В Кенигсберге, родном городе Э.Т.А.Гофмана, их делали с мармеладной начинкой, и были они золотисто-коричневого цвета, потому что марципан после формования запекали. Наверное, именно такие конфеты предложила Мари мышиному королю как выкуп за Щелкунчика: «Марципан с начинкой не понравился прожорливому мышиному королю, но он так обглодал его острыми зубками, что остатки пришлось выбросить». А в известных конфетах «Моцарт» марципан сам служит начинкой, но только он не миндальный, а фисташковый и потому зеленый.

Где родина марципана? Это должно быть такое место, где растут и миндаль, и сахарный тростник. Согласно одной гипотезе, марципан придумали в Китае, откуда он попал на Ближний Восток, а оттуда через Андалузию в Европу. Другие источники считают родиной марципана Персию. Еще персидский врач Абу Бакр Мухаммад ар-Рази (865—925) отмечал лечебные свойства миндаля с сахаром. На первенство претендуют также Испания, Италия и Венгрия. Как бы то ни было, в Средние века это было очень дорогое лакомство, поистине королевское, и лишь в XIX веке, когда сахар начали получать промышленным способом из свеклы и он сильно подешевел, марципан стал доступен широкой публике. Но и тогда он был праздничной сладостью, традиционным подарком на Рождество. Мари не могла представить себе ничего прекраснее марципана, и каково же было ее восхищение, когда она увидела, что замок Щелкунчика в славном городе Конфетенбурге построен из марципана. Ах!

А название откуда? По этому поводу у специалистов также нет единого мнения, я приведу лишь два. Словарь иностранных слов, вошедших в состав русского языка, А.Н. Чудинова образует его от латинских слов *maza* — «мучная кашка» и *panis* — «хлеб». Другая версия: «марципан» произошел от латинизированного арабского слова *matapanus* (сидящий царь). Так называли средневековые венецианские монеты с изображением сидящего Христа, которые держали в богато украшенных плоских ящичках. В XV—XVI веках такие монеты уже не чеканили, а название закрепилось за самим ящичком, в котором теперь хранили дорогие сладости, в том числе марципаны. По-итальянски он называется *marzapane*, по-французски *massepain*, по-немецки *Marzipan*.





О горьком миндале. Основа марципана — сладкий миндаль, но в его состав входит и горький, содержащий гликозид амигдалин (от латинского названия растения *Amygdalus communis*). Когда семя разрушается, например его разгрызают, начинает работать фермент эмульсин, который расщепляет амигдалин на глюкозу, бензальдегид и синильную кислоту. Именно летучий бензальдегид придает миндалю его характерный вкус и запах, но синильная кислота — сильный яд. Одно ядро миндаля содержит 4—9 мг синильной кислоты, смертельная доза для взрослого человека порция составляет примерно 50 горьких миндалин, а детям достаточно 5—10.

Дикорастущий миндаль горький и ядовитый, тем не менее это одно из первых окультуренных фруктовых деревьев. Около пяти тысяч лет назад люди отыскивали и стали выращивать мутантные растения, которые почти не синтезируют амигдалин, и получили сладкие съедобные сорта, но без характерного миндального запаха. Чтобы сочетать вкус и безопасность, приходится комбинировать культурный и дикий варианты. Горькие орехи используют в минимальном количестве как специи. Их нагревают, при этом синильная кислота разрушается, а бензальдегид отдает свой аромат.

Для большей безопасности и простоты обращения горький миндаль нередко заменяют миндальными экстрактами: чистым, содержащим бензальдегид из миндаля; натуральным, бензальдегид которого выделен из коры кассии, она же китайская корица, и синтетическим. Эти экстракты незаменимы и в тех случаях, когда надо получить марципан подешевле.

Заменители марципана. Когда продукт пользуется спросом, но дорог, промышленность выпускает эрзацы. Кондитерские изделия, выдаваемые за марципаны, могут быть приготовлены из соевой пасты и синтетической миндальной эссенции. Иногда миндаль заменяют миндальной пастой. Она также представляет собой измельченный миндаль с сахаром, однако не такая сладкая и мягкая, как марципан. Ее не едят в чистом виде, она не годится для изготовления фигурок или глазури, а используется только в качестве компонента для выпечки. Если смешивать такую пасту с сахарным сиропом, она станет более пластичной, но содержание миндаля в конечном продукте будет меньше, чем в качественном марципане.

Нередко миндаль заменяют дешевыми абрикосовыми или персиковыми косточками. Они тоже содержат амигдалин, перед использованием его обезвреживают. Такой персиковый марципан называется персипаном. Косточек в нем около 40%, остальное — сахар. Персипаны часто содержат до 0,5% крахмала, благодаря чему их можно отличить от марципанов, капнув иодом.

Еще миндаль с сахаром. На роль родины марципана претендует и Андалузия. Обосновывая свои притязания, испанцы указывают, что продукты из миндаля у них традиционные, и упоминают другое блюдо — туррон. Его делают из меда, сахара и яичных белков с жареным миндалем или другими орехами. Получившейся пасте придают форму круглого печенья или прямоугольника. Туррон — обычный рождественский десерт в Испании и странах, находившихся в свое время под ее влиянием, особенно в Латинской Америке и Италии. Старейший письменный рецепт туррона относится к XVI веку. Мед и яичные белки нагревали, пока смесь не становилась такой густой, что ее можно было мазать на хлеб. Когда мед карамелизовывался, добавляли обжаренные лесные орехи, миндаль или кедровые орехи.

Второй кузен марципана — пралине, молотый миндаль, обжаренный с сахаром. Согласно легенде, его рецепт придумал в 1671 году личный повар Сезара де Шуазёля, графа дю Плесси-Пралена, виконта де Сен-Жана, впоследствии герцога. Тертый миндаль и другие орехи перемешивали с засахаренным медом и шоколадом, обливали все жженым сахаром и в таком виде подавали к столу. Сейчас пралине используют для приготовления начинок, кремов, украшения тортов.

Как готовить марципан. Есть много рецептов. Они отличаются соотношением орехов и сахара, дополнительными ингредиентами, использованием миндальной эссенции и яиц. Но процесс всегда начинается с бланшировки: орехи, очищенные от скорлупы, несколько минут выдерживают в кипятке. После этого с них легко снимается кожица, а сам миндаль становится более упругим. Затем орехи измельчают в блендере, добавляют сахарную пудру и, если рецепт предусматривает, то немного сиропа и специи. Далее возможны варианты. Орехово-сахарную массу сбивают до тех пор, пока она не станет однородной и упругой настолько, что вмятина сохраняется на ее поверхности 45 секунд. Тогда ее охлаждают и придают желаемую форму. А можно поставить смесь на паровую баню и перемешивать, пока она не перестанет прилипать к пальцам. Процесс занимает минут 30—40.

Художник Н. Колпакова



Н. Ручкина





Денис Тихий,
Ольга Рэйн



ФАНТАСТИКА

Аперитив Коктейль «Синяя Птица»

Император Цус умер, едва над изгибами куполов показала свой бледный лик Старшая Луна. Мозолистые, поросшие жестким пушком лапы Летящего в Недосягаемой Вышине разжались, и он обрушился с жердочки на пол, застланный драгоценным ковром, сотканным на планете, где он никогда не был, — особам его статуса не позволялись межзвездные путешествия.

Первый Визирь вышел из императорских покоев и, поевшись от неизбежной боли, клювом вырвал два маховых пера — так полагалось по ритуальному этикету.

Страдальческий клекот поднялся в Зале Поклонов, выплеснулся в гаремные гнезда, отозвался в каморках служок, затихая, донесся до стражников в ночном небе.

Император Цус уже падал в Пропасть, а его наследник, не знающий о ждущем его величии и власти, все еще обнимал крыльями неоперившуюся голову в яйце — белоснежном, расписанном ритуальными узорами, мужском.

Впервые за последние триста лет Гнездо Кша-Пти осталось без Вожака.

Холодная закуска Лабюск

Запах дразнил и щекотал — стоило закрыть глаза, как рядом с кофе возникал шоколадный пончик, потом бутерброд с лунным сыром, потом бедрышко ганимедской жабы — обжаренное, но сыроватое изнутри, и прежде чем Норман успевал взять воображение за хвост, весь стол наполнялся съестным. Он тихо застонал.

Норман пообедал десять минут назад в крошечной каюте звездолета «Тантал» — прижал к плечу инъектор и вдул две ампулы витаминно-углеводной жижи. Прополоскал рот водой, скривился — гидратацию тоже приходилось проводить внутривенно, глотать было нельзя. После этого надругательства над собою Норман поплелся в ресторан, потому что пассажир, который регулярно не выходит к обильному, оплаченному столу, — это подозрительный пассажир и его берет на заметку параноидальная таможня планеты Кша-Пти.

Завтрак на «Тантале» подавали буфетом — по десять блюд на расу пассажиров, с дополнительными табличками для гурманов, если еда подходила и другим расам. Норман с кислой миной походил между стойками, взял тарелку и наполнил наименее аппетитной едой, которую нашел под табличкой с веселым человечком, счастливым ящером и застывшим в пищевом экстазе квоком, похожим на аиста марабу. Еда выглядела что надо — абсолютно отвратительно, как будто гнилую брокколи перемешали с овсянкой и щедро заправили чуть подтухшим рыбным бульоном. Норман поймал на себе заинтересованный взгляд высокого синекжего ящера с Ракшаса, мельком улыбнулся, кивнул и помешал гущу в своей тарелке.

*Ab ovo (лат.) — дословно: ab ovo usque ad mala — «от яйца до яблок»; у римлян обед начинался с яиц, кончался фруктами; устойчивый фразеологический оборот, обозначающий «с самого начала».

— Вы считать *лабюск* вкусно? — поинтересовался ящер, останавливаясь рядом с Норманом. Для общения с землянами повсеместно использовался *глиш* — галакси-английский без всяких грамматических излишеств.

— Да. — Норман снова помешал бурду. — Очень вкусно. Любить *лабюск* каждый день.

Ящер мечтательно обнажил острые зубы.

— Особенно еда, — сказал он. — Когда матереть, *лабюск* полезно каждый день.

Норман понимающе кивнул. Все ящеры Ракшаса рождались самцами-гермафродитами и, лишь заплатив налог и сдав экзамен, получали разрешение на активацию женских гормонов.

— Особенно запах, — не унимался синекожий ракшас, склоняя голову и пристально вглядываясь в Нормана. — Вкусно воняет. Влияет. Сразу любить желанно.

Его хвост изогнулся в сторону столика. Норман закашлялся, извинился и ретировался, оставив на столе *лабюск* и чувствуя спиной пристальный взгляд ящера.

В каюте он улегся в гамак — подвесную кровать с игровым приводом. Долго выбирал, чем убить время до посадки, — как назло, во всех играх персонажи ели, пили, готовили, продавали еду, сервировали еду, перепрыгивали через еду. Норман невольно сглотнул воображаемую слюну. «Ничего-ничего, — подумал он. — Уже сегодня вечером. Уже скоро».

«Пожалуйста, оставайтесь в гамаках, — сказал чувственный голос корабельной стюардессы. — Мы прошли контрольную точку на орбите Кша-Пти и в течение десяти минут начнем снижение».

Норман закрыл глаза, обеими руками обнял живот, где на месте желудка был изолированный контейнер для контрабанды.

Все началось год назад, жара стояла невыносимая...

Горячая закуска Сариссы в собственном соку

Предновогодняя жара в Сингапуре стояла невыносимая. Норман не гулял по городу, не лежал на пляже и не заплывал в океан, теплый, соленый и пахнущий рыбой, как его любимый китайский суп. Пусть Марс будет пухом щедрому дяде Джереми — теперь Норман мог себе позволить никогда не прикасаться к еде из 3D-принтеров биосинтеза. Он намеревался открыть агентство по индивидуальному подбору еды из двенадцати известных миров (включая субкультуры тридцати трех планет) и обслуживать состоятельных гурманов. Рассчитывал стать знаменитым. Фамилия Галь должна была заиграть новыми красками: «Гала-Дегусто», «Галактический дегустатор Галь», «Гала-Галь»...

Норман ходил на занятия — учился различать на вкус мясо камчатского и синего крабов. А после ужина понемножку, без фанатизма, играл в казино «Мерлион», о хозяине которого, Плуте, короле контрабанды, поговаривали с восторженной опаской — красив, богат и безжалостен...

Там-то и познакомился Норман с Сонг — одной из красавиц крупнее с идеально хорошеньким азиатским личиком и белыми волосами до плеч. При приеме на работу им делали пластику, за которую нужно было отработать пять лет. От желающих стать красивыми отбою не было. Сонг свою пластику уже отработала.

— Гала-дегу... не выговорю... наверное, быть очень интересно, — лопотала Сонг, валяясь на ковре в шикарном люксе Нормана и болтая в воздухе босыми пятками.

— Полетишь со мной? — допытывался Норман, икая. — Там будем... прибудем... побудем... и посмотрим... рассмотрим... У меня ж теперь... деньги!

Три коктейля «Сингапурский слинг» спустя им вздумалось подняться в пентхаус Плута, чтобы Норман оценил, как живут настоящие махнаты.

Перед служебной дверью Сонг уже немного протрезвела и, сжимая в руке служебный ключ, смотрела с тревогой и сомнением.

— Одним глазком! — пообещал Норман. — Одним! Или двумя, но очень быстро!

В номере было прохладно и почти темно.

— Ой, а это что? — Норман, пошатываясь, присел на корточки у пирамидки крупных кубических кристаллов, подсвеченных внутри светящейся силовой сферы, от которой шло осязаемое тепло. — Обалдеть, красивые какие! Они живые?

— Не знаю, — торопливо ответила Сонг и потянула его за рукав. — Пойдем отсюда скорей!

На сияющей подставке у выхода лежал симпатичный мячик размером с грейпфрут, покрытый замысловатыми узорами. Норман взял его, зачем-то понюхал и слегка подбросил в воздух — он был ловок с мячами, любил позабавиться. Но мячик оказался с сюрпризом: вместо того чтобы, как положено, упасть Норману в руку, он повел себя непредсказуемо — полетел горизонтально, ударился о тачстену, по которой сразу поползла трещина, потом отлетел к антикварному торшеру, повалил его, отскочил к окну...

— Сариссы! — вскрикнул вбежавший в апартаменты Плут, падая на колени у разбитых кубических кристаллов; из них сочилась черная, похожая на нефть жидкость. Финальным ударом прыгучий шарик разнес панель силового поля. — О мои прекрасные сариссы!

Плут в бешенстве обернулся к Норману — глаза его обещали недоброе — и сказал, скользя по звуку «с», как разозленная стальная змея: — Сариссы! Я доставал их целый год...

— Я возьмущу... — залопотал Норман, напуганный масштабом катастрофы.

— Конечно! А кроме того, ты мне должен год времени!

Суп Кольчаточервлёный с сельдереем

— Отстегните это, — хмуро сказал таможенник-квок и встопорщил головные перья.

— Что отстегнуть? — удивился Норман.

— Ну, этот ваш клюв!

— Это не клюв.

— Я знаю, что это не клюв! У людей не бывает клювов! Снимите, я хочу это проверить!

— При всем уважении... это — нос.

— Не отстегивается?

— Нет. Прирос в младенчестве.

Норману наподдали пониже спины. Мимо него протискивался к выходу половозрелый тла-ах с пластмассовым лотком в верхних псевдоподиях. В лотке, словно яркие глянцевые грибы, лежали его сердце, легкие и прочие печенки.

Таможенник выложил на стол толстенный «Справочник по анатомии существ» с сотней разноцветных закладок. «Человечий нос... нос человеческий», — бормотал он, ведя по странице длинным когтем. Остановился, вчитался, захлопнул книгу и расслабил кожистый мешок под клювом.

— Ваша правда. Не отстегивается.

— Я же говорил.

Таможенник наклеил на лоб Нормана пурпурный ярлычок.

— Пройдите в сектор «С» на биосканер.

«Поместитесь в центр синего круга», — сказал голос у Нормана в голове.

— Есть, — ответил Норман.

«Стойте ровно в позе расслабленности и не вурзюкайтесь», — сказал голос.

С потолка камеры к его лицу скользнул керамический бублик, покрытый пульсирующими волосками. Бублик растянулся, перекрутился знаком бесконечности и полетел вокруг Нормана по спирали вниз, иногда запуская сквозь одежду и плоть свои волоски. Норман закрыл глаза, изо всех сил стараясь не вурзюкаться. Наконец бублик удовлетворенно чмокнул, взлетел под потолок камеры и там прилип.

«Сканирование окончено», — сказал голос. — Незаконных имплантатов не найдено».

— Ну естественно! — ответил Норман и покинул «блехолвку».

Последний таможенник, пожилой квок с оранжевой подпушкой, снял с его лба ярлык, отсканировал паспортный чип и пропустил за барьер. Все это он сделал буднично и лениво, не слезая с жердочки.

Зал прилета был огромен. Норман резво катил тележку в поисках человека с табличкой «Конференция кольчаточервления» — курьера Плута. Неподалеку переливался всеми цветами радуги световой круг в полу. По нему весело прыгали буквы *глиша*, стилизованные под квокские иероглифы: «Ресторан “Вселенский Жыр”! Пища тридцати трех планет! Чавкай с нами! “Вселенский Жыр” — нажористо и смачно!»

Давешний ракшас вошел в круг и распался на рой мерцающих огоньков, который мигом унесло в дальний конец зала — туда, где стояли столы и носились официанты. Счастливчик.

В центре зала, прямо в воздухе, висело огромное белоснежное яйцо. Сначала Норман решил, что это голограмма, но потом увидел, что яйцо не просвечивает — плотное и материальное, оно было подвешено на антигравитационном приводе. По экватору яйца вдруг побежали прихотливые узоры, сияющие, как ручейки разноцветного жидкого стекла. Они сложились в иероглифы. Норман постучал пальцем по виску, и *нейротран*, на секунду запнувшись, нарисовал поверх чужих букв: «Новый Год (Век, Жизнь, Эра) на Кша-Пти. Общая Прохлада (непереводимо). Избавление. Всем смерти».

Кто-то похлопал Нормана по плечу. Он обернулся — за спиной стоял человек в широком, ниспадающем плаще с табличкой «Конф. Кольчаточервл.» в руках. Курьер был толст и бледен. Его лысину облегал белесые перья. Нос выдавался вперед, будто клюв, и Норман вдруг понял, где курьер работает.

— В посольстве числитесь?

— Какое вам, к черту, дело? — огрызнулся толстяк.

— Никакого.

Курьер пожевал губами и цепко осмотрел Нормана с головы до ног.

— По перьям догадаться?
— В основном по носу.
— Нос не троньте, он настоящий. А перья, да, пришлось имплантировать. Здешние птички терпеть не могут волосы. Я-то, когда сюда вербовался, думал, что лысина — хороший компромисс. Ха-ха! Лысина тут — знак мудрости, а твари, бегающие по земле, для них глупы изначально! Вживил перья. Бывало и хуже. У кракенов на Аку-веве я дышал жабрами, а в полнолуние вообще метал икру. Не спрашивайте как. Но зарубите на носу — никогда не связывайтесь с межпланетной политикой!

— Я не... — начал было Норман, но толстяк его бесцеремонно оборвал.

— Хватит трепаться, идем. — Он ухватил Нормана за руку и потащил за собой.

Пройдя под парящим яйцом, они спустились на лифте и оказались на техническом этаже, где на грязноватом полу шеренгами стояли служебные роботы. В углу высился штабель пустых топливных элементов, а за ним обнаружилась небольшая дверь с выгоревшим пятном вместо таблички. Курьер прижал палец к сенсорной пластине — та мигнула красным. Он чертыхнулся, натянул полупрозрачный напальчник, которым наконец и открыл дверь. За дверью оказалась большая комната без окон. Вдоль стен громоздился непонятный механический хлам, в центре стояло старое, выданное откуда-то с мясом пассажирское кресло позапрошлого века.

Курьер захлопнул дверь, отпихнув Нормана плечом, прошел в глубь комнаты, присел на октаэдр топливного элемента, достал из кармана фляжку и основательно к ней приложился. Запахло коньяком.

— Вам не предлагаю по понятным причинам, — сказал он, завинчивая колпачок. Затем порывшись в кармане, достал керамический тубус, бросил его Норману. — Ключ.

Норман скрутил защитное кольцо, вытряхнул из тубуса на ладонь серый шарик — молекулярный ключ.

— Вы принесли анальгетик? — спросил Норман.

— Держите. — Толстяк протянул красную капсулу. — Разгружайтесь уже скорее.

Норман проглотил молекулярный ключ и вложил анестезирующую капсулу в ухо. Стянул через голову рубашку. Контейнер, замещающий Норману желудок, активировался. Капсула в ухе стала холодной как лед. Норман замычал от боли. Спокойствие, только спокойствие! За год Норман провел подобную загрузку-разгрузку уже сорок два раза. И вот — последний!

Имплантат выпростал биокерамический хобот и прирастил его к пупку с внутренней стороны. Контейнер с грузом втянулся в хобот и плавно заскользил наружу, подгоняемый сокращениями искусственных мышц. Кольцо разошлось шестью мясистыми лепестками...

И тут раздался нарастающий мелодичный звон.

Квоки только выглядят неуклюжими. А если нужно, действуют молниеносно и жестко. От звуковых вибраций стальная дверь разлетелась, как стекло. Норман только и успел, что приподняться в кресле, как четверо квоков в бронефартуках ворвались внутрь. Здоровяк в рыжих перьях приставил Норману ствол к голове, еще один взял на мушку курьера, третий встал в дверном проеме, а четвертый — лысый, с гофрированной шеей — подхватил белый контейнер размером с небольшую дыню из жутковатой пупочной дыры Нормана.

Курьер вскинул руку, но тонко звенькнул парализатор, и толстяк замер, не донеся фляжку до рта.

— А-а-а-щ! — сказал курьер сведенным ртом.

— Теодор? — повернул к нему шею лысый квок. — Надо бы удивиться, а я не.

Он щелкнул горлом, и рыжий быстро обыскал Нормана, ловко орудуя длинным клювом.

— Здравствуй, Норман. Я — Ащорген.

Норман испуганно на него вытаращился.

— Вопросы снимем. Я — твоя смерть. Или жизнь. Увидим.

— Мы-ы-ы! — промычал парализованный Теодор.

— Знаешь, что привез к нам? — спросил квок, не обращая на него внимания.

Норман беззвучно, как рыба, открыл и закрыл рот, показывая, что не знает. Анальгетик в ухе сковал тело холодом, в голове звенело.

— Это — гептабомба, — Ащорген мотнул клювом в сторону контейнера. — Если взорвать в Гнезде, оно умрет. От резонансной волны треснет скорлупа яиц — дети умрут на крыльях матерей по всей планете. Вот что ты привез нам, человек.

— Поймите, я не по своей воле! — Норман наконец обрел дар речи. — Меня заставили!

— На Кша-Пти есть закон возмещения зла. Есть ли поступок, который сможет возместить твоё зло?

Как себя вести с птичьим спецназом? Поди знай... Норман глянул на Теодора — тот пытался строить какую-то рожу.

— Вы ищете заказчика? — спросил Норман.

— Не так давно я с ним завтракал, — щелкнул клювом Ащорген.

— Тогда поставщика?

— И Плута мы знаем прекрасно.

— Так что же я могу сделать?!

— Ты отвезешь домой посылку, — кивнул лысый квок. — Замкнешь круг.

Здоровенный рыжий квок, державший Нормана на прицеле, нервно перетапывался с ноги на ногу. Глаза Ащоргена блеснули опасной синевой. Норман беспомощно сидел, вжавшись в кресло, с нутром, открытым всем напастьм Вселенной.

— Ы-ы-ы, не-е-е... — просипел толстяк-курьер, багровея.

— Согласен, — ответил Норман.

Основное блюдоСборная солянка

Норману снилось, что он опять маленький, уснул в саду и ему в ухо заползла улитка. Мама тормозила его и просила поскорее вставать, а Норми убеждал ее, что улитка его ужалила.

— Улитки не жалят, — сердилась мама.

— А потом я родил из пупка игрушечный танк!

— Не выдумывай, Норми, вставай.

— Я еще поваляюсь.

— А я говорю — вставай!

— И не подумаю!

— Вставай, скотина!

Норман открыл глаза — лицо толстяка курьера с позабытым именем нависало над ним, как Старшая луна планеты Кша-Пти. Он вдруг пожалел о том, что не увидел мира квоков — гор до неба, высоких деревьев с желтой корой, глубоких рубиновых озер. Только зал прилета и захлавленную каморку с креслом.

— Просыпайся!

«Теодор. Толстяка так зовут. Боже, чем они меня накачали?» — мутно подумал Норман. Он вдруг заметил стандартные потолочные дуги из мягко светящейся биокерамики. Корабль! Они не в гостинице, а на корабле.

— Пи-и-ть! — просипел Норман.

Теодор прижал к его шее инъектор и нажал на спуск — будто оса укусила. Норман выскочил из гамака, вырвал инъектор из трясущихся рук Теодора и заорал:

— Ты что делаешь? Надо сначала на синюю кнопку нажать, а ты насухо вгоняешь!

— Сволочь ты! — в ответ крикнул Теодор. — Знаешь, во что ты меня вогнал?!

— Сам виноват! — Норман схватил Теодора за ворот и потянул, едва сдерживая желание немедленно его придушить. — Не мог безопасное место для передачи груза найти! Мне последняя поездка оставалась!

Теодор улыбнулся широко и добродушно, и Норман сразу понял, что сейчас услышит какую-то гадость.

— Ты — идиот, — издевательски заявил Теодор.

— Чего это?

— Как ты думаешь, чем тебя нафаршировали птички?

— Откуда мне знать? Я без сознания был!

— Плут в таких делах очень осторожен. Никакой утечки не могло быть. Ащорген и был заказчиком! Это ему ты привез штучку на букву «Г».

— Гептабо... — начал было Норман, но Теодор шлепнул его по лбу.

— Не называй! — прошипел Теодор, и перья на его лысине встопорщились. — По ключевым словам включается подслушка!

— Бодрость-Осторожность-Миролюбие-Безопасность-Умеренность? — спросил Норман, выделяя голосом первые буквы. Толстяк мрачно кивал. — А что он отправил назад?

— Плату, разумеется. Наверное, «черный пух», а может, «жужжащие алмазы». Что-нибудь опасное, запрещенное к перевозке. У Плута ведь в каждом пироге по пальцу. Зато Ащорген теперь герой — перехватил «Г».

Норман облегченно вздохнул и даже вымученно улыбнулся.

— А я-то, значит, задание выполнил! Рабству конец!

— Идиот! — хмыкнул Теодор. — Плут никого не отпускает. В Солнечной системе тебе уже десяток пожизненных светит. На Тлаахе был? А на Ригеле? Ну, значит, еще Скорбное Унасекомливание заработал и Трапезиевидную Засолку.

— Врешь, — прошептал потрясенный Норман.

Теодор фыркнул, приложился к своей фляге и задвигал кadyком.

По каюте поплыл голос стюардессы: «Добро пожаловать на межзвездный экспресс «Тантал». Мы успешно стабилизировались в потенциальном колодце и следующие семьдесят стандартных часов проведем в пространстве Лема. На гостевой палубе вас ждут обед и развлечения. Гамаки активированы. Приятного перелета».

На гостевой палубе «Тантала» оказалось тесно. Именно тесно, а не людно — людей, кроме Нормана и Теодора, не было. Квоки расхаживали между кадок с голографическими пальмами, сидели на жердочках, спали, положив голову под крыло. Их было необычайно много даже для рейса с Кша-Пти. Когда Норман и Теодор вошли под светящиеся своды, тихие разговоры и шелест на мгновение смолкли, а потом возобновились.

Норман традиционно взял плошку несъедобной дряни, а Теодор воссоздал на тарелке «Ригельский завтрак»: жареные *сквончи*, *бульдиши* в томатном соусе, *соесиски* и сиреневую кубышку лунного сыра.

— Тебе-то чем плоха ситуация? — спросил Норман, когда они втиснулись за дальний столик.

— Мы летим на Землю, а мне туда нельзя, — ответил Теодор с набитым ртом.

— А зачем ты вообще здесь со мной?

— На кой пух Ащоргену лишние свидетели? У них там сейчас заварушка. Я и сам рад был помотаться, только не на Землю, нет-нет.

— Какая заварушка? — спросил Норман шепотом, наклонившись над столиком. — И почему тут столько квоков? Теодор ухмыльнулся:

— На Кша-Пти всегда правит Император — первый мальчик из кладки. Сейчас в центре Гнезда — династия Татль, а до этого две тысячи лет правили Бодбеши. В каждой династии множество групп, которые между собой постоянно клюются. И вот Бодбеши как-то доклевались до того, что убили своего Наследника. И сразу лишились власти. Возвысились Татли. Однако с последним Императором, Цусом, вышла незадача — все его жены откладывали только сиреневые яйца, то есть девочек. Оказалось, что кто-то подсыпал в его еду щепотку наноботов, блокирующих игрек-хромосому. Опасный ход, запрещенный товар. Но есть смельчаки, которые занимаются развозом по Вселенной опасных грузов, хе-хе-хе!

— Тихо ты, — испугался Норман; его раздражало, что Теодор, захмелев от лунного сыра, разговаривает слишком громко.

— Цус был уже немолод, но решился на полную замену крови с фильтрацией. Жены плакали, поднимаясь к нему на насест: они знали, что надолго его не хватит. И получили-таки белое яйцо, надежду династии. Но Цус умер преждевременно, что меняет весь политический расклад. В отсутствие Императора Кша-Пти управляет Собор Бескрылых — монахи-праведники, в основном из династии Бодбеши. Так что я бы не стал принимать ставки на птенчика... Иными словами, пернатых ждет смена правящей династии, вот Татли и повалили путешествовать куда подальше.

Норман задумался. Нет, он не был создан для политики, он был создан, чтобы различать на вкус сорта лунного сыра, или кофе, или...

В обеденную залу, горестно вздымая крылья, вбежал радужный квок. Он задрал голову, проклекотал длинную фразу и, очевидно не владея собой, скорбно закрыл голову крыльями. Теодор уронил бамбуковые палочки и побледнел.

— Что? Что? — встревожился Норман.

— Только что над Кша-Пти взорвалась «Сирин», космояхта Татли. На ней были Первый Визирь и трое из пяти жен Цуса, «Кружащих в Верхних Ветрах». И похоже, на яхте с планеты вывозили яйцо. То самое...

Две птицы на высоком насесте у окна откинули с голов длинные покрывала, подняли клювы вверх, запели пронзительно и красиво — так, что у Нормана в глазах зашипало. Не понимая языка, он догадался — это была песня скорби, плач по погибшим. Повернувшись к Теодору, он удивился — тот смотрел на богато украшенных квокских женщин остановившимися глазами.

— Что? — спросил Норман. Кажется, сегодня он слишком часто задавал этот вопрос.

— Это — оставшиеся Кружащие, — сказал толстяк медленно. — Две последние жены Цуса. Они тоже могут везти яйцо. Кто-то тоже может об этом знать...

Норман посмотрел через зал. На обеих птицах были расшитые фартуки с большими карманами впереди — квоки носили в них вещи, еду, иногда — совсем маленьких птенцов, которых нужно было кормить каждые десять минут. И яйца.

Норман снова задумался.

— Ащорген... — сказал он.

— Я — Теодор, — поправил его толстяк.

— Нет, Ащорген — он из какой династии?

— Он вне династий. Его род присматривает за соблюдением ритуалов — у них их знаешь сколько!

— А может такое случиться, что он примет чью-то сторону? Вот они две тысячи лет служили Бодбешам, вдруг у них тайные договоренности?

Теодор снова взялся за палочки для еды, подцепил аппетитную соесиску, отправил в рот.

— Ерунда, — сказал он. — Чего паникуем? Эти жены улетели с планеты скрытно. «Сирин» — частная яхта, там проверки безопасности не такие, как на галактическом звездолете. На борт «Тантала» эту, ну, на букву «Г» никому не пронести, через сканер-то...

И тут он замер, уставился на Нормана, и краска сползла с его лица. Соесиска явно не хотела проглатываться, он захрипел.

Норман поднялся, обошел стол, похлопал толстяка по спине. Нервно потер свой живот, где под слоями кожи и мышц таился имплант-контейнер, воспринимаемый всеми биосканерами галактики как умеренно полный желудок.

— М-да... — пробормотал он. — Ну и ситуация. На букву «Г».

Салат «Цесаревич Борджиа»

— Бомба... — прошептал Теодор, уже не заботясь о прослушке. — От нас и следов не останется... Ай да Ащорген, ай да... — Он проклекотал горлом длинную фразу, явно неприличную, отчего проходивший мимо квок поперхнулся рыбным коктейлем.

— Что же делать? Делать что? — спросил Норман.

Жены мертвого императора накинута покрывала обратно на голову. Норману показалось, что одна из них, с белым гладким оперением, метнула на него через зал быстрый взгляд.

— Думаю, — сказал толстяк, откинувшись на спинку стула. — Но ты не волнуйся, — утешил он Нормана. — Ты-то умрешь мгновенно. Даже, возможно, в отрицательном времени — от гептавзрыва в подпространстве Лема волны пойдут и по времени тоже. Вот сейчас ты на меня смотришь с испугом и ненавистью, а на самом деле, может, уже тридцать секунд как мертв. Не узнать ведь, когда наша «Г» сдетонирует. Ты это... на всякий случай не делай резких движений, а?

— Ключ, — сказал Норман. — Молекулярный ключ у тебя?

— Ты не спеши, не спеши, — покачал головой Теодор.

— Ключ у меня. Но бомба в тебе, ты на корабле, корабль в подпространстве. Она может быть настроена на изменение температуры при извлечении из твоего тела. Или плотности потоков при выходе из подпространства. Или, без изысков, на взрыв через сорок стандартных часов. Или через два...

Толстяк отхлебнул из своей неизменной фляжки.

— Капсула! — с бомбой в желудке удивительно быстро думалось. — Спасательная капсула отстыковывается, отлетает от корабля, взрыв только ее и уничтожит.

— Похвально. — Теодор прижал руку к сердцу, перья вокруг его лысины поднялись и опали. — Удивительно благородно, что ты хочешь спасти корабль и пассажиров, и... меня... ценой своей жизни...

— Ты спятил? Я хочу извлечь контейнер и отправить в капсуле! — оборвал его Норман. — Я останусь на «Тантале», который НЕ взорвется. Долечу до Земли, выторгую у

Плута свободу. — Он вырвал у толстяка фляжку, швырнул на пол, коньяк растекся янтарной лужицей. — И поем наконец, и напьюсь!

— Ну, пойдем к капсулам, — сказал Теодор, не сводя глаз с фляжки.

— Извини. — Норман пожалел, что не сдержался.

— Да ничего, — ответил толстяк мирно.

Проникнуть к спасательным капсулам оказалось на удивление легко.

— Давай ключ, — сказал Норман, встав над открытым люком, чтобы избавиться от страшного груза.

— Анальгетика нет, — прищурился Теодор.

— Да уж как-нибудь.

— Лучше сядь, — посоветовал толстяк. — На ногах не удержишься, боль адская. На, держи ключ свой.

Норман подумал, что он прав, и уселся на край люка, свесив ноги. Имплант откроется — и ему останется лишь наклониться и дать бомбе упасть...

От сильного удара в спину Норман потерял равновесие и сорвался вниз, в капсулу.

— Прости, дружище, — сказал Теодор, наклоняясь над люком. — Во-первых, бомба действительно может сработать на извлечение, а у меня сорок мальков на Аку-Веве, кто их будет кормить? Во-вторых, ты мне сразу не понравился. Бывает.

И он топнул по клавише запуска. Его круглое сыроватое лицо закрыла заслонка шлюза, потом вторая, а потом капсула отстрелилась от «Тантала», и Норман полетел, непристегнутый, бешено крутясь, отталкиваясь от липких, упругих стенок, — прямо в черную изнанку пространственно-временного континуума. Будь у него желудок, его бы вывернуло.

Десерт «Одиноким профитроль»

Идеальная сфера капсулы изнутри была покрыта длинными, эластичными, мягко светящимися нитями — они прихватили его к стене и не дали сломать себе шею. Когда компьютер тремя импульсами маневровых двигателей остановил вращение, нити отпустили Нормана, и он, выплыв в самый центр, осмотрелся.

Стенки замерцали, расцветив внутреннюю поверхность сферы яркими пятнами. «Зеленый прямоугольник — аптечка, — сообразил Норман. — Голубой круг — вода и еда».

У Нормана при себе был инъектор с патронташем капсул на сорок дней, а воды — на сто. Он не умрет, пока не взорвется бомба. Но он будет один, совсем один до самого конца...

Первые десять дней он много думал. Можно было активировать ключ и вытащить бомбу. Но будет больно, а наружу ее все равно никак не отправить. Можно было погрузить себя в гибернацию — пусть смерть придет к нему в тот момент, когда его не будет дома. Он будет спать, когда электрический разряд иницирует пятьдесят микрограмм возбужденного гептерия. Белый цветок взрыва развернется в Нигде, и... всё.

Все дорожки, по которым суетливо ползали его мысли, упирались в эту гладкую стену. Улитки в саду — он накрыл их стеклянной банкой, а они всё на что-то надеялись.

Норман активировал спасательный маяк — пусть в подпространстве Лема сигнал искривляется и капсулу никто никогда не найдет, но важно позвать на помощь. Каким бы крохотным ни был шанс, если ты позвал, кто-то может прийти...

Норман пытался считать дни. Время превратилось в вирус, выжигавший его нервы. Настолько, что Норман стал

звать смерть. Он выключал освещение и часами висел во тьме, прижимая колени к животу, глядя сквозь прозрачные участки капсулы на завихрения подпространства — серые, радужные, абсолютно черные... пар от дыхания богов изнанки мира. Он шептал: «Приди. Давай, приходи уже, сколько можно тебя ждать?»

Он пробовал отказаться от питания и воды, но уже через несколько часов ему делалось так плохо, что он плакал и снова брался за инъектор.

Через двадцать два дня Смерть решила заговорить с Норманом. У Смерти было два ангельских голоса: один — белый, как сияние звезд, другой — черный, как абсолютная пустота. Смерть сказала Норману: «Не торопи нас, мама. Мы не готовы».

Пошедший вразнос разум сетями безумия вытягивает из собственных глубин потаенные ужасы и лепит монстров с ключами от любых замков подсознания.

«Я — мужчина. Я не могу быть мамой!» — воспротивился сумасшествию Норман.

Смерть не ответила. Он был настороже и через три дня решил, что галлюцинации не вернуться.

— В небесах торжественно и чу-удно... — напевал Норман, заправляя инъектор пищевой ампулой. — Спит земля в сиянье голубо-ом...

«Небеса — какие?» — внезапно спросила Смерть.

Палец Нормана на кнопке дрогнул, перламутровое облачко выстрелило в воздух и унеслось в сторону дальней стены, где его жадно всосали нити обивки.

«Небо? На Земле — ну, оно пустое. Синее. Там облака», — мысленно ответил Норман.

«Облака — какие?» — спросила Смерть.

«Лохматые. Белые. Как горы. Как вата. Иногда похожи на животных, на птиц...»

«Птицы — кто? Как ты, мама?»

— Я не мама! — холодея от ужаса, завопил Норман вслух.

Смерть снова затаилась. Смерть молчала, но Норман чувствовал, что она совсем рядом — трогает осторожными пальчиками что-то внутри его головы, будто ребенок, пытающийся нащупать конфетку в кармане, но натыкающийся на незнакомые и странные вещи.

«Кто ты?» — спросила Смерть.

Норман удивился, что она не знает. И вдруг понял, что не знает и сам.

Кто я? Сыночек любимый... мамочка добрая... папа подлец, как он мог... но главное, что мы с мамой вместе...

Кто я? Работаю в «Мак-Фанольдсе», платят мало, но хватает на учебу. Дегустаторы знаешь, сколько получают? Еда неплохая, вот попробуй... Да, у меня хорошая улыбка, потому что я честный, и ты мне нравишься...

Кто я? Любовник этой... и парень вот этой... а эту сам очень люблю, а она меня — нет... а вот с этой хорошо, но мы не пара...

Кто я? Удачливый племянник, человек, взявший жизнь за рога. Да, неожиданно повезло. Большое начинается с малого! Теперь-то все получится...

Кто я? Межпланетный контрабандист в рабстве у преступника, год во рту еды не держал... что везу, не знаю. Чью-то смерть, свою, свою смерть...

Чем он был, кем он был — этого словами он выразить не мог. Шелуха слетела, и что осталось?

— Я — Норман, — сказал он, чтобы хоть как-то себя обозначить для Смерти. Чтобы она про него не забыла.

Они много говорили — Норман и Смерть. Она становилась все разговорчивее, все любопытнее, на два

голоса жадно вытягивая из Нормана все, что он знал. Он читал своим галлюцинациям стихи. Фальшивя, пел песни. Рассказывал о местах, где ему довелось побывать, о людях и нелюдях, которых встречал, о вкусах еды, которую мечтал попробовать. В тишине и бездействии он вспоминал удивительные подробности — как пахла шея мамы, когда она несла его, уснувшего под деревом, через сад к дому, гладила по волосам и улыбалась. Как квоковский коммандо Ащорген топорщил горловые перья и его глаза блестели синевой, а в углу комнаты стоял старый списанный робот, похожий на мусорный бак. Как девчонка по имени Айгуль впервые поцеловала его на пляже, и ее губы были сухие и все в песке, а он щурился и не мог рассмотреть ее против солнца. Как наливал себе по утрам кофе — ристретто. Он любил ристретто — кофейный аромат делал его счастливым, обещал хороший бодрый день, исполнение надежд.

— Сейчас что угодно отдал бы за глоток кофе. — Норман стукнул кулаком по мягкой стене и, кувыркнувшись, отлетел в противоположную сторону.

«Еще!» — немедленно отозвалась Смерть.

«Что — “еще”?»

«Сделай так еще!»

«Вот так?» — Норман еще раз кувыркнулся.

«Да! Еще-еще-еще!»

«Получай!»

Норман летал по капсуле, переворачивался, пружинил от стенок и смеялся, хохотал во все горло, и его галлюцинации радовались вместе с ним.

«Нам трудно дышать, — вдруг пожаловалась Смерть. — Было так весело, а теперь не дышится. Наверное, мы умираем, мама. Я не готов. И я не готов. Норман, а ты готов?»

И тут Норман понял, почему Смерти нравится, когда он кувыркается. Он понял, почему не взрывается гептабомба. Потому, что в контейнере было яйцо!

Норман поспешно проглотил молекулярный ключ, прижался к стене, чтобы липкие нити ухватили его крепче.

— Держись, птенец, — подбодрил Норман.

Ответил ли тот — этого он уже не услышал, потому что контейнер активировался, инопланетная биомеханика начала растягивать тело изнутри, и следующие десять минут Норман орал так, что сам себя оглушал. А когда все кончилось и покрытое ритуальными узорами яйцо императора Цуса, крутясь, поплыло по капсуле, Норман услышал голос птенца.

— Теперь хорошо, — сказал он на два голоса. — Теперь дышится. Но холодно...

Норман притянул яйцо к себе и обнял, чтобы согреть.

— Значит, ты — не Смерть, значит, ты — Жизнь.

Горячий напитокКофе ристретто

— Двое? — воскликнул Норман через неделю, держа под каждой рукой по птенцу и уворачиваясь от осколков скорлупы, летающих по капсуле. — Нет, я знаю, что бывают яйца с двумя желтками... И раз они бывают — из них кто-то же вылупляется...

Норман припомнил, что в межпланетных буфетах человеческая еда была помечена как подходящая для квоков — значит, обмен веществ у них совместимый и аварийного рациона капсулы хватит птенцам на... некоторое время.

Норман закашлялся, чтобы скрыть отчаяние: через неделю они начнут голодать.

«Назови нас», — телепатически заговорил белый птенец — их голосовые связки еще не окрепли.

«Дай нам имя», — попросил синий.

Оба были большеголовыми, покрытыми нежным ярким пухом. Глаза у них были кофейно-янтарные, с мерцающими в глубине искорками. У Нормана в детстве была игрушка с похожими глазами. Он помнил, что очень ее любил.

«Ты — Норман, — сказал белый птенец. — Ты — мама».

Норман устало вздохнул — сколько можно спорить?

«Просто скажи нам свое любимое слово. Вот чего бы ты сейчас больше всего хотел?»

— Кофе, — улыбнулся Норман. — Ристретто — чем не имя. Только как делить его будете?

«Об этом мы спросим других мам, — сказал синий птенец, склоняя к плечу пушистую голову с блестящими глазами. — Они уже скоро».

— Скоро что? — не поверил Норман.

«Скоро нас найдут. Мы их зовем. Они еще далеко, но вдвоем мы можем докричаться».

Норман погладил птенцов по пушистым головам и разорвал пакет «Авар. рацион универ. со вкус. клубн.».

Все дети фантазируют. Особенно обреченные.

Их подобрал тяжелый крейсер квоков «Ассиз».

Комариный писк аварийного маяка спасательной капсулы больше месяца выцеживал из эфира весь флот Кша-Пти, подвешенный в подпространстве Лема. Сигнал искажался так, что найти капсулу было бы невозможно без указаний обеих Кружащих в Верхних Ветрах — в династии Татлей телепатическая связь внутри семьи очень сильна.

Крейсер втянул капсулу на борт, активировал в отсеке гравитационное поле. Обе вдовы Императора нервно раскрывали и закрывали маховые перья, ожидая, когда капсула откроется.

На полу сидел косматый человеческий мужчина, изможденный, бородатый, с диковатым взглядом. На его плечах, держась клювами за спутанные волосы, важно восседали два птенца — синий и белый.

— Это — Норман, — сказали они почтительно склонившим головы квокам. — Он — тоже мама. Хорошо, что вы нас нашли. А то мы вчера съели последнюю еду, а сегодня Норман весь день рассказывал нам сказку про птицу Рух и чем ее человек кормил, когда на ней летел. Очень странная сказка.

Вдовы Императора всплеснули крыльями, запели торжественно и громко. Почтительно совершая высокие обрядовые подскоки, к капсуле приблизились Хранители Геральдики с шелковыми свитками и ритуальными флейтами — Императоры не могли оставаться без имени.

Белый птенец мягко потянул Нормана за мочку правого уха, синий — левого. Они одновременно слетели на подставленные крылья своих матерей — те наклонились к ним, потерлись клювами.

— Император Ристр, — назвала мать белого птенца.

— Император Ретто, — сказала вторая.

Придворная свита квоков хором закончила ритуальную фразу:

— Они летят в Недосягаемой Вышине.

Счет за обед(в порядке подачи блюд)

Норман Галь — открыл агентство «Гала-Галь», работает с ведущими ресторанами планеты Земля, иногда выезжает на конференции в Колонии. Несмотря на род занятий, очень умерен в еде, не употребляет спиртного, но пьет много кофе. Месяц в году гостит в Императорском куполе Кша-Пти, где его всегда принимают как члена семьи.



ФАНТАСТИКА

Синий ящер-ракшас — сдал экзамены на право материнства и наслаждается, открывая в себе новые и новые грани женской сущности. Заводить потомство как таковое пока не спешит, говорит, что хочет «вначале полюбить себя такой, какая есть».

Сотрудница отеля «Мерлион» Сонг — через три дня после происшествия в пентхаусе Плуто уволилась и вернулась домой в Шензен. На школьной встрече наконец призналась в любви бывшему однокласснику, которого любила с десяти лет, но очень стеснялась своих оттопыренных ушей и носа-картошки. «Дурочка, — сказал одноклассник и нежно отвел с лица прядь ее волос. — Никогда в жизни я таких прекрасных ушей не видел!» — «А нос? — всхлипнула она. — Нос был ужасный!» — «Я не замечал», — пожал плечами одноклассник и поцеловал Сонг.

Плут Педант — был найден в своем номере с остекленевшими глазами, неестественно вывернутыми конечностями и множественными укусами сариссов, при работе с которыми он не соблюдал технику безопасности. Сариссов в номере не обнаружили, они, очевидно, улетели в открытое окно. Был объявлен биологический карантин, но в течение года чуждую фауну так и не обнаружили, и о сариссах забыли.

Сотрудник посольства Теодор — по прибытии на Землю был задержан за шпионаж, контрабанду и торговлю секретной информацией. Отбывает наказание служителем в Сиднейском дельфинарии, где его называют «Птицечел» за перья вокруг лысины.

Начальник контрразведки Ацорген — отчитался перед Собором Бескрылых о своей проваленной операции. Он рассчитывал, что после взрыва на «Сирина» квоки, спасающиеся на «Тантале», в приступе гнева и паники выбросят Нормана за борт, убив тем самым наследников своей династии, что навсегда лишило бы их притязаний на власть. Собор Бескрылых сместил Ацоргена с должности, приговорил к выщипыванию всех его перьев и бессрочному изгнанию с Кша-Пти.

Императоры Ристр и Ретто — быстро растут и по очереди путешествуют. Они еще не переросли свою младенческую телепатическую связь, что обычно происходит с птенцами квоков годам к трем. И неизвестно, перерастут ли — ведь из одного двухжелткового яйца птенцы выводятся не в каждом тысячелетии.





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

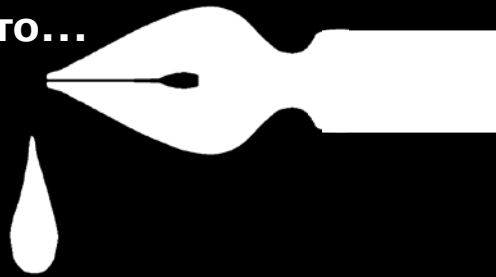
Птица, кричащая «уп»

Союз охраны птиц России объявил удода птицей 2016 года. Эта красивая птица с длинным изогнутым клювом и забавным хохолком, которая глухо кричит «уп-уп-уп», — не постоянный житель нашей страны: на большей части ее территории удод лишь гость; он появляется в апреле-мае и улетает в южные края уже в августе. Однако гостя надо принять и обустроить. Удоду нужно гнездо, которое он делает в куче камней либо в дупле старого дерева где-нибудь на опушке. Почему там? А потому, что питается удод насекомыми, извлекая их из земли, — недаром у него длинный клюв. Особенно любит поедать злейшего врага садоводов-огородников земляного сверчка-медведку и ее личинок. Стало быть, ему для пропитания нужно поле, желательно кое-как обработанное. Поля-то у нас есть, а вот с дуплистыми деревьями и кучами камней дело плохо. Искусственный домик для удода можно сложить из кирпичей либо выдолбить дуплянку диаметром 20, высотой 30 см и в верхней части, прямо под крышкой, расположить леток размером 6—8 см (подробности см. на сайте <http://www.rbc.ru/campaign/30887/>). Правда, скорее всего, эту дуплянку займет скворец — с ними удода борются не умеют. Зато они умеют отваживать хищников: могут выстрелить в кота струей вонючей жидкости, подобно скунсу, либо, как поступают самка и птенцы в период гнездования, просто выделять всем телом пахучий секрет.

В народном фольклоре перелетный гость-удод ассоциируется с кем-то неместным. Так, в Сибири его зовут татарским петушком, у болгар удод — это цыганско петля, черкез. У украинцев он не только вудвуд, но и немец, у белорусов — еврэйска зозуля, московська зозуля (зозуля — это кукушка). Персы вообще сделали удода предводителем всего птичьего племени, отправившегося на поиски царя Симурга, который от них постоянно ускользает подобно скрытому имаму Махди. В Талмуде же сказано, что удод, он же духифат, хранил червяка, который мог любой камень сгрызть, да царь Соломон удода обманул, червяка взял и с его помощью свой храм построил. Удод считается символом государства Израиль, а одно из воинских подразделений этой страны, занимающееся контртеррористической деятельностью, называется «духифат».

С.Анофелес

Пишут, что...



...китайские исследователи впервые получили двухмерную форму бора, которая, вероятно, найдет применение в нанoeлектронике («Angewandte Chemie, Int. Ed.», 2015, doi: 10.1002/anie.201509285)...

...углеродные наночастицы могут иметь экстремально большие времена существования в плазмосфере Земли — возможно, более года («Космические исследования», 2015, 53, 5, 388—394)...

...потенциальные запасы нефти и газа в Арктической части Северо-Американского континента оцениваются соответственно в 30 млрд. т и 50 трлн. м³ («Океанология», 2015, 55, 5, 829—839)...

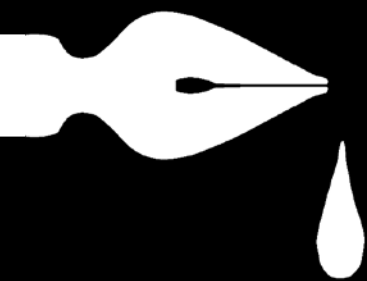
...в вычислительной технике нового поколения передачу и обработку сигналов будут осуществлять оптические устройства вместо электрических («Оптика и спектроскопия», 2015, 119, 4, 548—566)...

...созданы наручные часы, которые используют для подзарядки энергию движений владельца («ACS Nano», 2015, doi: 10.1021/acsnano.5b05598)...

...ограничения, введенные Марокко на сбор и экспорт водорослей, из которых получают агар-агар, могут иметь серьезные последствия для научных и медицинских исследований, связанных с культивированием микроорганизмов на питательных средах («Nature», 2015, 528, 7581, 171—172)...

...ученым удалось очистить остров Майорка от грибка, случайно завезенного на остров и убивающего амфибий, и таким образом спасти местный охраняемый вид — балеарскую жабу-повитуху *Alytes muletensis* («Biology Letters», 2015, 11, 20150874, doi: 10.1098/rsbl.2015.0874)...

...численность дубровника *Emberiza aureola* между 1980 и 2013 годом сократилась на 84,3—94,7%, очевидно, из-за незаконного отлова в Китае, вдоль пути перелета этих птиц; подобное снижение численности до сих пор наблюдалось лишь у странствующего голубя, также истребленного людьми («Conservation Biology», 2015, 29, 1684—1694)...



...голубей обучили отличать норму от патологии на гистологических препаратах, и оказалось, что они выполняют это задание с очень высокой эффективностью («PloS One», 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0141357)...

...возрастная дисфункция митохондрий не может быть единственной причиной, ограничивающей продолжительность жизни, более того, выделяемые митохондриями активные формы кислорода могут активировать метаболические пути, связанные с долголетием («Science», 2015, 350, 6265, 1204—1207)...

...важную роль в переводе информации из кратковременной памяти в долговременную играют цитокины — вещества, синтезируемые иммунной системой («Успехи современной биологии», 2015, 135, 5, 419—436)...

...методы определения биологического возраста для животных разработаны хуже, чем для людей («Онтогенез», 2015, 46, 5, 295—302)...

...исследовано бактериальное сообщество лотка кофе-машины («Scientific Reports», 2015, 5, 17163, doi: 10.1038/srep17163)...

...предложен новый неинвазивный метод экстракции белков из пергамента, не требующий перемещения ценных артефактов; с его помощью удалось установить, что особо тонкий пергамент XIII века изготавливали из кож не только эмбрионов и новорожденных животных, но и взрослых особей («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2015, 112, 49, 15066—15071)...

...получено перспективное средство профилактики радиационных поражений на основе флавоноида генистеина и сферических аморфных наночастиц, выделенных из смеси тритерпеноидов бересты («Доклады Академии наук», 2015, 464, 6, 750—752)...

...впервые исследованы свойства пируват-дегидрогеназного и альфа-оксoglutarат-дегидрогеназного комплексов из сердца дикого кабана («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2015, 51, 5, 385—387)...

Художник Андреас Моллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Климатические страдания

«Да, нужно адаптировать бизнес к изменениям климата. Но вот именно нашего бизнеса это нисколько не касается. Возможно, если бы удалось обсудить проблему с коллегами, наметить какие-то совместные действия, то какие-то идеи и появились бы. А пока что — нет». Примерно такую реакцию евросоюзского бизнеса получили исследователи из крупнейшего в ЕС инновационного сообщества «Climat-KIT», проведя опрос в рамках подготовки к Парижской климатической встрече, которая прошла в декабре 2015 года. Вот основные результаты опроса.

Среди капитанов бизнеса стран ЕС 63% уверены, что изменения климата приведут к изменениям регулирующего их деятельность законодательства и создадут спрос на новые, более щадящие окружающую среду товары и услуги; 59% отметили, что у них имеются и планы действий при изменении климата. Однако лишь 29% верят, что с помощью инноваций они могут сделать свой бизнес менее вредным для климата, и 14% согласились, что у них есть широкие возможности снизить потребление ресурсов и уменьшить выбросы парниковых газов. При этом 35% прямо заявили: их рынок не подвержен внешним влияниям, и вводить подобные инновации нет смысла.

Еще хуже ситуация в исследовательских подразделениях. Менее, чем у 38% таких отделов достаточно знаний, чтобы вести работу с учетом проблемы изменения климата, в 63% выделяют не более 5% от всего финансирования исследований на инновации, связанные с защитой климата, а 11% вообще не финансируют такие работы. Бухгалтеры и кадровики об изменении климата, похоже, вообще не слышали: лишь 10% людей, которые формируют корпоративную финансовую стратегию, и лишь 6% отделов, проводящих кадровую политику, разбираются в нужных областях.

Отсюда авторы опроса делают вывод: учить, учить и еще раз учить, прежде всего руководителей компаний. Ведь если они не трансформируют свой бизнес таким образом, чтобы нам жить при нулевой эмиссии углерода, то сами изменения климата займутся трансформацией их бизнеса.

А.Мотыляев



С.Н.ВЛАСОВОЙ, Тула: *Гидрофосфат аммония-натрия $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ по-английски называется «microcosmic salt» — от лат. sal microcosmicus; в алхимической терминологии микрокосм — организм человека как отображение Вселенной, а эта соль была получена из мочи; кстати, именно из нее впервые выделили фосфор.*

А.П.МАТВЕЕВУ, Санкт-Петербург: *Авириоль — не индивидуальное вещество, а товарное название группы промышленных химических продуктов, содержащих поверхностно-активные вещества, для обработки искусственного волокна в прядильных и ткацких производствах.*

М.Д.ЛАРИОНОВОЙ, Смоленск: *«Черный нефрит бяньши», он же камень бянь, — на самом деле разновидность черного известняка, происхождение его не «космическое метеоритное», а вполне земное, хотя микроэлементный состав может быть связан с падением метеорита в районе месторождения, а уникальные целебные свойства — дело веры покупателей и совести продавцов.*

С., Москва: *Вообще-то целлюлит в медицине — острое гнойное воспаление (флегмона) подкожной жировой клетчатки; то же слово используют для обозначения известной косметологической проблемы — гиноидной липодистрофии, или «апельсиновой корки»; а, например, в английском это два разных слова — cellulitis и cellulite.*

С.А.ИВАНОВОЙ, Подольск: *Саламур — балканская пряная смесь для маринадов, состав приводят, например, такой: ямайский перец — 10 г (20 зерен), кориандр — 2 г (2 чайные ложки), гвоздика — 1/2 г (4 бутона), лавровый лист — 1/2 г (4 штуки).*

ВИКТОРИИ, электронная почта: *Вы правы, шахта Хостейк, упомянутая в статье «Трехликое нейтрино» (2015, № 11), находится в штате Южная Дакота, спасибо за исправление.*

Я.П., электронная почта: *Квантово-механическая теория атома хорошо разработана и проверена экспериментами, так что разоблачать ее в научно-популярной статье — на наш взгляд, неоправданно смелая затея.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Просим нас извинить, но мы не открываем пустые письма с приложениями — именно таким способом зачастую распространяются вирусы; этикет современной деловой переписки рекомендует хотя бы кратко указать в теле письма, что именно и зачем вы посылаете в редакцию.*

Постоянная, к которой не имел отношения Авогадро

В 2016 году исполняется 240 лет со дня рождения физика и химика Лоренцо Романо Амедео Карло Авогадро графа ди Куаренья э ди Черрето. Вероятно, наряду с Менделеевым Авогадро — наиболее часто упоминаемый ученый в учебниках химии всех стран. Как написал более полувека назад историк химии Микеле Джуа: «Основоположником молекулярной теории был Амедео Авогадро ди Куаренья (1776—1856), превосходный профессор физики в Туринском университете с 1834 по 1850 год. В его жизни внешне не было ничего выдающегося. Человек большой скромности, он посвятил себя науке».

В ближайшие годы роль постоянной Авогадро для науки должна возрасти, потому что скоро на ней, а не на килограмме станет базироваться ключевое для химии понятие «моль». В физике и химии есть много именных констант. Постоянная Планка впервые упомянута Максом Планком в работе, посвященной тепловому излучению. Постоянная Больцмана играет ключевую роль в статистической физике, вклад Больцмана в которую хорошо известен. Постоянная Стефана — Больцмана в законе излучения носит имена Больцмана и австрийского физика и математика Йозефа Стефана, который установил пропорциональность между теплоотдачей раскаленной платиновой проволоки и четвертой степени абсолютной температуры. Постоянная Фарадея входит в открытый Майклом Фарадеем второй закон электролиза. Именами ученых названы и многие другие константы: Ван-дер-Ваальса, Гаммета, Генри, Керра, Михаэлиса, Ридберга, Тафеля... Каждый из них внес важный вклад в соответствующую область знаний. Но в работах Авогадро нет и не могло быть оценок числа молекул в заданном объеме.

Физик Жан Перрен предложил назвать в честь Авогадро эту важную величину лишь в 1909 году. Именно работы Перрена по определению постоянной Авогадро несколькими методами послужили основанием для присуждения ему в 1926 году Нобелевской премии по физике. Ни в «Основах химии» Д.И.Менделеева (последнее прижизненное издание, 1906), ни в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона (1-й дополнительный том, 1905) «постоянная Авогадро», «число Авогадро» или «константа Авогадро» не упоминаются. Да и предложение Перрена далеко не сразу попало в научные статьи и учебники химии. Например, в американских учебниках для колледжей термин «постоянная Авогадро» появился только в 1930-х годах, а в школьных учебниках еще спустя два десятилетия.

В Международной системе единиц всего семь основных единиц, и одна из них, моль, была включена в СИ в 1971 году. Эта единица связана с постоянной Авогадро, поскольку моль — количество вещества, содержащего столько же структурных элементов (атомов, молекул, ионов, электронов и т. п.), сколько атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. А их как раз $N_A \approx 6,02 \times 10^{23}$ — число, знакомое каждому школьнику, изучавшему химию. Интересно, что во многих англоязычных школах 23 октября (10/23 в американской записи даты) отмечается День моля — с 6:02 утра до 6:02 вечера. Хотя некоторые предпочитают отмечать его летом, 2 июня (6/02).

Основные единицы СИ должны быть определены с очень высокой точностью. Например, метр — это путь, проходимый светом в вакууме за (1/299 792 458) секунды, а секунда определена на основе частоты перехода между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома ^{133}Cs , эта частота равна 9 192 631 770 герц. Обе величины связаны с физическими постоянными. А вот килограмм — единственная единица СИ, определенная на основе изготовленного в 1889 году искусственного эталона. Были предложения переопределить и килограмм на основе физических постоянных, тогда изменится определение моля и постоянной Авогадро. Предполагается, что в 2018 году постоянной Авогадро будет приписано некое, принятое в качестве точного значение — но для этого и до этого необходимо как можно точнее измерить реальную постоянную.

Постоянная Авогадро неразрывно связана с понятием моля. Этот термин (по-немецки Mol) придумал в 1894 году Вильгельм Оствальд, производя его от Molekül — молекула (по-английски моль — mole). Если знать, сколько частиц в моле, легко рассчитать абсолютные массы этих частиц. Для практической работы химикам было достаточно знать относительные атомные массы химических элементов и состав молекул. Как отметил в своей статье 1858 года итальянский химик, один из основателей атомно-молекулярного



Художник С. Тюнин

В ПОГОНЕ ЗА ТОЧНОСТЬЮ

учения Станислао Канниццаро, химиков не слишком беспокоит отсутствие данных об абсолютных массах атомов и их размерах. Допустим, писал он, мы узнали, что масса атома водорода равна одной миллионной доле миллиграмма. Тогда все относительные атомные массы элементов, а также массы молекул становятся абсолютными массами, выраженными в единицах 10^{-9} г. И при любой другой абсолютной массе атома водорода все соотношения относительных масс атомов и молекул останутся неизменными.

И все же, как химики смогли узнать *абсолютные* атомные массы и соответственно количество атомов (молекул) в одном моле? Понятно, что одно вытекает из другого, — например, если нужно узнать, сколько одинаковых таблеток содержится в большой банке, то можно их не пересчитывать, а взвесить все, потом одну и поделить первое число на второе. Но атомы и молекулы нельзя пересчитать, как таблетки: слишком их много. Самый быстрый на сегодня китайский суперкомпьютер Tianhe-2 с 80 тысячами процессоров фирмы «Intel», мог бы считать молекулы со скоростью 33,86 петафлопа (34 квадриллиона в секунду) и справился бы с работой за семь месяцев. Поставленные в

ряд N_A монеты диаметром 1,85 см растянутся на миллион световых лет!

Первые попытки оценить это огромное число были предприняты во второй половине XIX века. Идея очевидна: нужно определить число молекул в данной массе какого-либо вещества или в известном объеме. Знание массы дает количество вещества (число молей). Число молекул можно оценить, например, по их размерам: чем меньше окажутся молекулы, тем больше получится постоянная Авогадро. Для размеров атомов и молекул имелись только верхние границы. Так, Майкл Фарадей, расплющив золото в тончайшие листочки, показал, что диаметр атомов золота меньше нескольких нанометров (по современным данным 0,29 нм). Математик Огюстен Луи Коши писал, что в прозрачных жидкостях и твердых телах «разумная сфера молекулярного действия» должна быть порядка длины волны света. Опыты Арнольда Рейнольда и Артура Ракера с тонкими мыльными пленками дали верхнюю границу для их толщины 11 нм, а Джон Рэлей из толщины масляных пленок на воде дал для молекул масла длину 1,6 нм. С другой стороны, Уильям

Томсон, впоследствии лорд Кельвин, опубликовал в «Nature» свои нижние оценки молекулярных размеров — порядка 0,05 нм. По современным данным, ковалентный радиус атома водорода равен 0,031 нм, атома углерода 0,077 нм, атома хлора 0,102 нм, атома йода 0,139 нм, атома урана 0,196 нм.

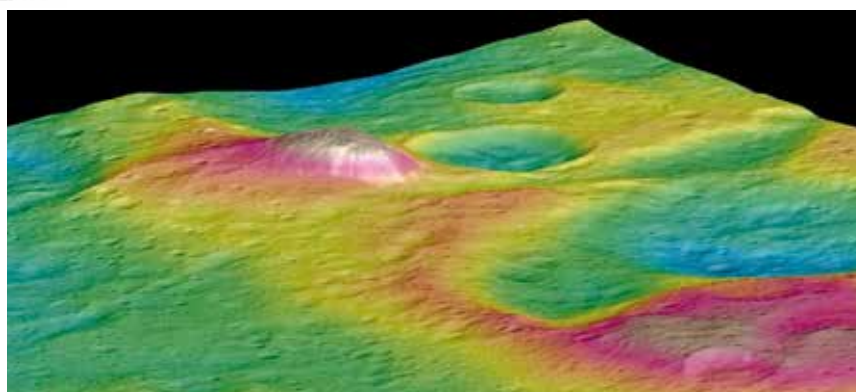
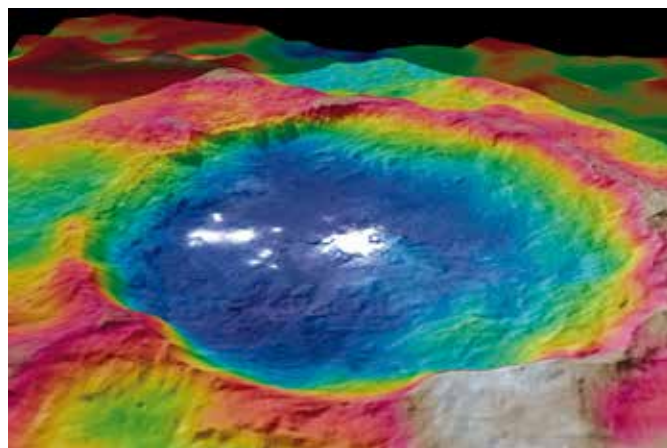
Более точно оценить размеры молекул в то время можно было только для газообразных веществ, на основании молекулярно-кинетической теории газов, разработанной Максвеллом, Клаузиусом и Больцманом. Было известно, какой объем занимает 1 моль газа при данных условиях, и требовалось найти, сколько в этом объеме содержится молекул. Впервые размер молекул оценил австрийский физик, учитель Больцмана Иоганн Йозеф Лошмидт. Но как Авогадро не знал, чему равна «его» постоянная, так и Лошмидт не рассчитывал «свою» постоянную — число молекул в кубическом сантиметре, — которая равна округленно $2,7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Тем не менее он ухитрился вычислить размер молекул. А как он это сделал, мы узнаем в следующем номере.

И.А.Леенсон

В номере:

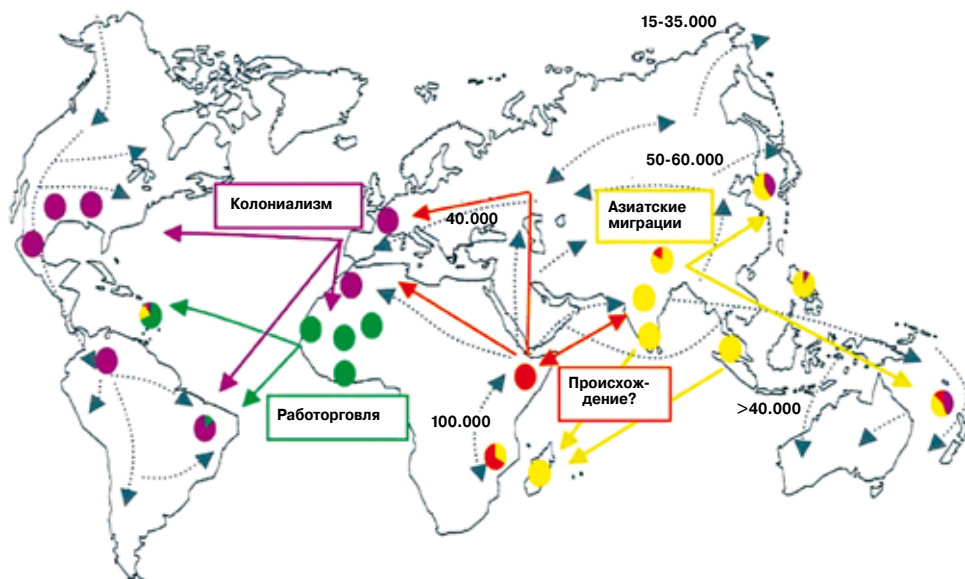
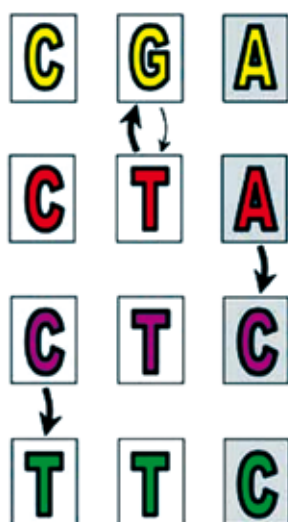


Разноцветные пленки анодированного ниобия пригодились ювелирам, а жаропрочный сплав с ниобием пошел на изготовление деталей авиадвигателей (с. 22)



Так выглядит рельеф двух интересных мест Венеры: кратера Окатор с белыми пятнами и горы Ахуна (с. 10)

NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA/PSI



«О происхождении проказы» — так называется статья, опубликованная в 2005 году международной группой микробиологов и генетиков во главе с Марком Моно, сотрудником Пастеровского института в Париже («Science», 2005, 308, 5724, 1040—1042). Они исследовали геном возбудителя проказы *Mycobacterium leprae* и выделили четыре типа, отличающиеся нуклеотидами в определенных локусах: Ц-Г-А — «желтый», Ц-Т-А — «красный», Ц-Т-Ц — «фиолетовый» и Т-Т-Ц — «зеленый». Какой же из них самый древний? По генетическим соображениям, на эту роль могут с равной вероятностью претендовать «красный» и «фиолетовый» типы. Если учитывать исторические и географические данные, предпочтителен «красный»: «фиолетовый» в Европе определенно менее древен, в Африке же он встречается лишь к северу от Сахары, там, где связь с Европой относительно тесная (с. 30)

