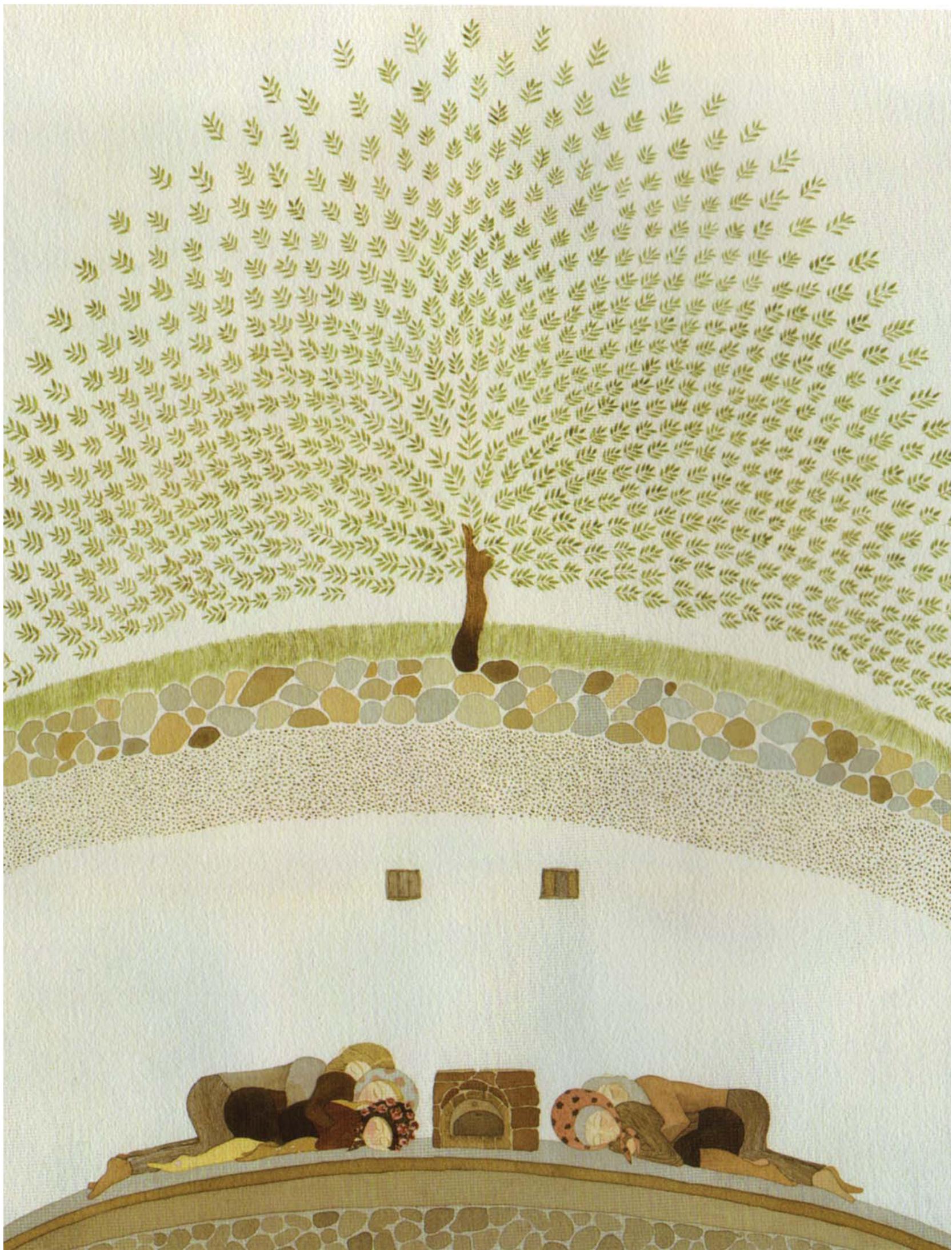




2012
ВНЗМЖ И ВМММХ







Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег.№ 014823

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 01.08.2012

Адрес редакции
105005 Москва, Лефортовский пер. 8
Телефон для справок:
8 (499) 267-54-18
e-mail: redaktor@hij.ru
<http://www.hij.ru>

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь — XXI век» обязательна.

© АХО Центр «НаукаПресс»



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Анны Эмили Лайтинен «Под
Землей». И на Земле, и под Землей есть
жизнь, для которой нужен кислород.
Хватит ли его на всех? Читайте об
этом в статье «Дайте кислороду!».*

*Постарайтесь получить то,
что любите, иначе придется
полюбить то, что получили.*

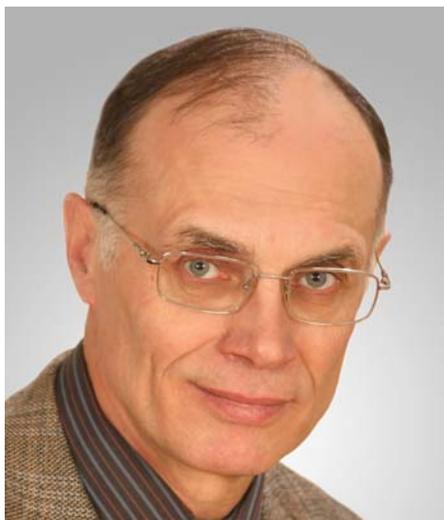
Бернард Шоу

Содержание

Технологии			
СОЛНЦЕ — ЭТО ЖИЗНЬ, А НЕ БАТАРЕЙКА. С.И.Плеханов			2
Калькулятор			
СОЛНЕЧНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ. А.В.Наумов			6
Репортаж			
КАК ДЕЛАЮТ СОЛНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ. С.М.Комаров			8
Проблемы и методы науки			
СЛАВА ИНТЕРМЕДИАТАМ! Роалд Хофман			12
ИНТЕРМЕДИАТ КРИГЕ. А.А.Вакулка			16
Проблемы и методы науки			
АНТИМИКРОБНЫЕ ПЕПТИДЫ. Л.Гуревич			18
Ресурсы			
ДАЙТЕ КИСЛОРОДУ! Л.Викторова			22
Расследование			
МОРЕ ВЫНЕСЛО НА БЕРЕГ. Н.Л.Резник			24
Дневник наблюдений			
РОБОРЫБА, ИЛИ ЗА КОГО ВЫ МЕНЯ ПРИНИМАЕТЕ? Н.Анина			30
Книги			
ЭВОЛЮЦИЯ ГРЕХА И ДОБРОДЕТЕЛИ. Е.Котина			32
Радости жизни			
СЛОВА И ОБРАЗЫ. Б.Я.Бейнфест			38
Земля и ее обитатели			
ГОРБАТЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ. Григорий Панченко			40
Нанофантастика			
КОПИЯ. Александр Сержан			45
Радости жизни			
ПАТИО-ПОМИДОР. С.М.Комаров			46
Ресурсы			
ЯБЛОКО ОТ ЯБЛОНИ. Л.Стрельникова			48
Тематический поиск			
ОЖИРЕНИЕ И ПОХУДЕНИЕ. Е.Сутоцкая			53
Что мы едим			
КВАС. Н.Ручкина			54
Фантастика			
КОЛЕСИПЕД ШЕСТОГО СБРОСА. Марина Ясинская			56
Имена минералов			
ГЛАВЫ ГОСУДАРСТВ, ВЛАДЕЛЬЦЫ РУДНИКОВ. И.А.Леенсон			64
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	10	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	29	ПИШУТ, ЧТО...	62
		ПЕРЕПИСКА	64

Солнце — это жизнь, а не батарейка

С.И.Плеханов,
генеральный директор НПП «Квант»



Минувший 2011 год можно считать годом великого перелома в развитии солнечной энергетики: стоимость мощности одного ватта в солнечных элементах у крупных производителей упала ниже одного доллара. Это произошло на фоне долгового кризиса в Евросоюзе и вызванного им снижения дотаций на альтернативную энергетику. Иными словами, в созданной благодаря многолетним государственным дотациям системе производства и обслуживания солнечных элементов заработали рыночные механизмы, которые обеспечили снижение ее стоимости до уровня, конкурентоспособного с энергетикой, основанной на сжигании ископаемого топлива. Более того, перспектива отказа от традиционной энергетики перестала быть фантастикой.

Капица против

Восьмого октября 1975 года на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, академик Петр Леонидович Капица, удостоенный тремя годами позже Нобелевской премии по физике, сделал концептуальный доклад, в котором, исходя из базовых физических принципов, по существу, похоронил все способы получения энергии из возобновляемых источников. С тех пор значительное число специалистов пребывает в убеждении, что энергия ветра или солнца может служить лишь небольшим дополнением к основной энергетике, базирующейся на сжигании того или иного вида невозобновляемого (в масштабах человеческой жизни) топлива.

Если кратко изложить соображения академика Капицы, то они сводятся к следующему: любой источник энергии можно охарактеризовать двумя параметрами — плотностью энергии, то есть ее количеством в единице объема, и скоростью ее передачи (распространения). Производство этих величин есть максимальная мощность, которую можно получить с единицы поверхности, используя энергию данного вида.

Плотность солнечной энергии ничтожна. Зато она распространяется с огромной скоростью — скоростью света. В результате поток солнечной энергии, приходящий на Землю и дающий жизнь всему, что на ней обитает, совсем не мал — более киловатта на квадратный метр в солнечный полдень на

экваторе. Этого достаточно для обеспечения жизни на планете, но, увы, не для обеспечения энергетических потребностей человечества. Как отмечал П.Л.Капица, на уровне моря, с учетом потерь в атмосфере, возможно использовать поток в 100—200 ватт на квадратный метр. Даже сегодня КПД присутствующих на рынке устройств, преобразующих солнечную энергию в электричество, составляет 15%. Чтобы покрыть с их помощью только бытовые потребности одного современного домохозяйства, нужен преобразователь площадью не менее 40—50 квадратных метров. А чтобы заменить солнечной энергией источники ископаемого топлива в масштабах человечества, нужно построить вдоль всей сухопутной части экватора сплошную полосу солнечных батарей шириной 50—60 километров. Очевидно, что подобный проект в обозримом будущем не может быть реализован ни по техническим, ни по финансовым, ни по политическим причинам.

Петр Леонидович поставил здесь точку, так как был уверен, что абсурдность этой конструкции говорит сама за себя, и в качестве основных источников энергии для человечества в будущем рассматривал ядерную и термоядерную энергетику.

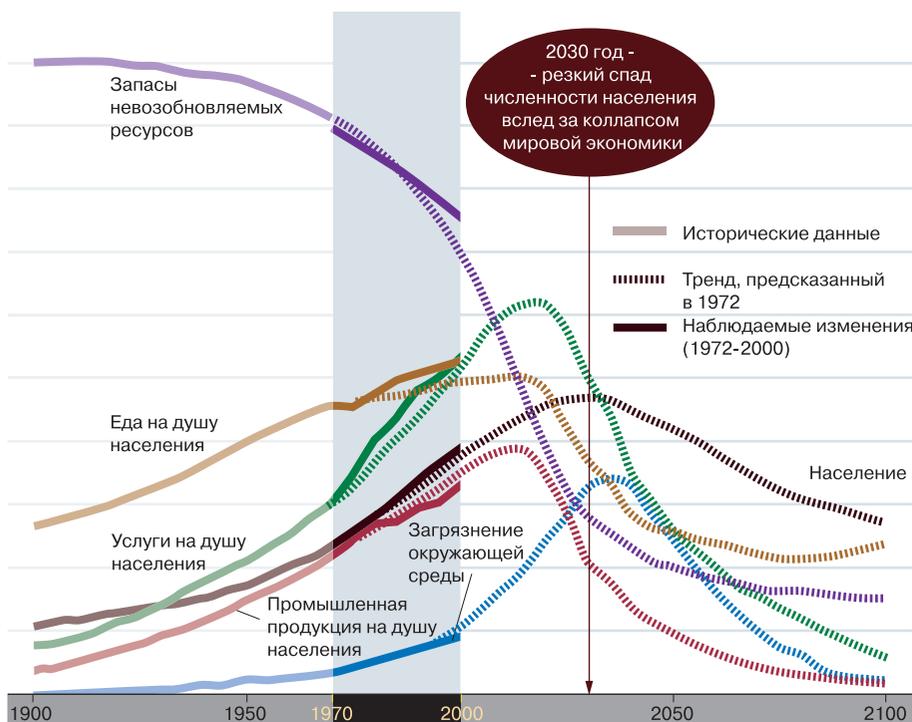
Не будем обсуждать правильность исходных посылок П.Л.Капицы, а перейдем к текущей ситуации в энергетике.

Несбыточный термояд

Прошло тридцать лет. За это время выяснилось, что с термоядерной энергетикой не все просто. В мире было построено около 300 реакторов (стоимостью примерно в 150 млрд. долларов). Ни один из них не пригоден для промышленных целей. Главная проблема заключается в том, что кольцевой плазменный шнур с параметрами, достаточными для протекания термоядерных реакций, является короткоживущим. Здесь нет ресурсных ограничений, но технические проблемы оказались очень серьезными. Одна из главных — гигантские размеры реактора: эксперименты и расчеты показывают, что для получения долгоживущего плазменного шнура требуется тор диаметром в десятки метров. Это столь сложное инженерное сооружение, что для его создания пришлось объединить усилия всех промышленно развитых стран, да и стройка затянулась — закончить ее предполагается к 2019 году, а только к 2037 году планируется окончание экспериментов. И тем не менее проект ИТЭР (проект международного экспериментального термоядерного реактора) может обернуться неудачей, если экспериментальный реактор окажется неспособным дать больше энергии, чем будет затрачено на создание и поддержание плазменного шнура. Энтузиаст термоядерной технологии академик Е.П.Велихов считает, что даже в случае успеха ИТЭРа мощность коммерческих термоядерных реакторов к концу XXI века во всем мире не превысит 100 ГВт. Заметим, что установленная мощность всех источников энергии на земном шаре в настоящее время превысила 3,5 ТВт.

И «мирный атом» не торопится

В своем докладе П.Л.Капица особо коснулся атомной энергетики и отметил три главные проблемы на пути ее становления в качестве главного источника энергии для человечества: проблему захоронения радиоактивных отходов, критическую опасность катастроф на атомных станциях и проблему неконтролируемого распространения ядерного оружия. Через десять лет в Чернобыле мир смог убедиться, что страховые



Предсказания американских исследователей, сделанные сорок лет назад, в общем-то, сбываются



ТЕХНОЛОГИИ

компании и академик Капица были более чем правы в оценке опасности ядерной энергетики. Случившаяся спустя четверть века катастрофа в Фукусиме упрочила сомнения в целесообразности получения энергии за счет деления ядра. И все же соображения безопасности — отнюдь не главный сдерживающий фактор. Основа современной мировой атомной энергетики — ядерные реакторы на тепловых нейтронах. Они сжигают невозобновляемый ресурс — уран. Однако количество дешевых месторождений урана ограничено, и в настоящее время добыча урана чрезвычайно сильно отстает от спроса. По мере оскудения запасов нефти и роста ее цены уран как ресурс будет эксплуатироваться все больше. Поэтому во многих странах создают его стратегические запасы. Расчеты, выполненные в 2005 году, предсказывают даже при трехпроцентном ежегодном росте потребления урана серьезный дефицит этого энергоносителя уже к 2020 году.

Серьезной проблемой остаются транспортировка топлива и отходов, а также утилизация конструкций самих АЭС, срок службы которых 30—40 лет. С учетом того, что массовое их строительство пришлось на семидесятые годы, сейчас как раз подходит срок их массового демонтажа. Проблема, о которой мало говорят честно — захоронение радиоактивных отходов, — технически не решена и, по сути, переложена на следующие поколения. Возможно, в ближайшем столетии останется перспективной атомная энергетика на быстрых нейтронах на основе плутония, которая предполагает замкнутый безотходный цикл, а реактор еще и сам нарабатывает топливо для производства энергии. Однако, несмотря на серьезные усилия, ни в одной стране электростанция на таком реакторе не построена: слишком высоки риск аварии и стоимость эксплуатации. Кроме того, производство плутония в таком реакторе создает риск распространения ядерного оружия.

Закопченное небо

Энергия атома, высвобождаемая при термоядерном синтезе или ядерном делении, — самая концентрированная, не случайно Капица именно ее выделил в качестве основы энергетики будущего. А на предыдущей ступени по степени концентрации энергии стоит законсервированный в горючих полезных ископаемых солнечный свет (или тепло Земли — если правы сторонники гипотезы абиогенного происхождения

нефти и угля). В отличие от энергии атома сжигать ископаемое топливо, правда, не с самой большой эффективностью, можно без особых технических устройств, что человечество и делает на протяжении двух столетий. Результат известен. Сжигание угля приводит к загрязнению окружающей среды оксидами серы и азота, ртутью, кадмием и радиоактивными элементами. Сжигание нефти, точнее продуктов ее переработки, дает те же оксиды азота плюс несгоревшие ароматические углеводороды. У газа выхлоп чище. И во всех трех случаях окружающая среда загрязняется, во-первых, теплом, которое многие годы накапливали за счет фотосинтеза древние растения, а во-вторых, углекислым газом, который многие климатологи считают главной причиной глобального потепления.

Даже если не принимать во внимание проблему исчерпания ископаемого топлива (а пик его добычи, по некоторым оценкам, приходится на 2018 год) и даже если встать на сверхоптимистическую точку зрения сторонников абиогенного образования нефти и угля непосредственно под нашими ногами, все равно никак нельзя считать признаком устойчивого развития спровоцированное человечеством быстрое изменение естественного круговорота тепла и химических веществ планеты. Велика вероятность, что, продолжая сжигать ископаемое топливо, человечество получит серьезные проблемы со средой обитания.

Сценарии развития ситуации на планете, построенные с предположением, что топливные ресурсы исчерпаемы, подробно рассмотрены множеством авторов. Вспомним, например, общую компьютерную модель взаимодействия биосферы Земли и современной техносферы, разработанную в 1972 году математиками Массачусетского технологического института. Из нее следует, что при сокращении невозобновляемых ресурсов Земли, росте затрат на их добычу и некоторых других ограничениях численность человечества, пройдя пик в 2030 году, может начать снижаться между 2050 и 2100 годом (см. рисунок). Причиной будут общий недостаток энергоресурсов и вызванный ими спад производства предметов потребления и продуктов питания, тем более что последнее требует огромного количества энергии, а также пестицидов, гербицидов и многого другого. Эта модель подвергалась критике с момента ее появления. Но что удивительно, все фактические данные, получаемые за время ее существования, неизменно подтверждались. В 2012

году австралийский физик Грэхем Тёрнер в очередной раз проверил расчеты сорокалетней давности и подтвердил базовые выводы модели об опасности неограниченного роста.

С наступлением эпохи массовой индустриализации, с включением Индии и Китая в техносферу ресурсный коллапс стал ближе. Влияние государств, обладающих теми или иными природными ресурсами, усиливается, одновременно усиливается и нажим на эти государства со стороны прочих. Видимо, мы стоим на пороге глобального перелома и перераспределения векторов влияния на планете, и это случится при жизни одного поколения. Представляется, что к концу первого десятилетия XXI века элиты развитых стран четко осознали проблематичность будущего нынешней цивилизации в условиях окончания рентабельных запасов углеводородного сырья и вызванного их сжиганием потепления климата. Уже сформулированы новые планы: переход на использование возобновляемых источников энергии и установление контроля за имеющимися невозобновляемыми источниками на случай, если первый план не сработает.

Альтернатива

Так человечество остается с надежным, не вызывающим неприятных последствий в окружающей среде потоком солнечной энергии и ее производными — энергией ветра, падающей воды, фотосинтеза ныне живущих растений, а также энергией гравитационного взаимодействия (приливы) и теплом Земли. С теми самыми низкоплотными потоками энергий, отвергнутыми Капицей тридцать с лишним лет назад.

До промышленной революции, то есть до XVIII века, именно такая низкоплотная энергия служила человеку. Применение более концентрированной энергии ископаемого топлива обеспечило стремительное развитие технологической цивилизации. Однако достигнутый в XX веке уровень науки и техники позволяет человеку концентрировать энергию ничуть не хуже, чем это происходит в недрах Земли, что и было использова-

но при развитии альтернативной энергетики. В XXI веке она превратилась в серьезный источник энергии. Так, в 2010 году всемирная суммарная установленная мощность ветряных турбин, заводов биотоплива, электростанций на сжигаемых отходах и солнечных электростанций впервые достигла 381 ГВт, превысив общую мощность ядерных электростанций, равную 375 ГВт. Это уже более 10% всех электростанций, располагаемых человечеством, — 3,54 ТВт. Из 55 ГВт новых мощностей, которые были введены в ЕС в 2010 году, 22,7 ГВт пришлось на возобновляемые источники энергии. Согласно же последнему стратегическому сценарию Еврокомиссии («Дорожной карте по энергетике до 2050 года»), доля возобновляемых источников в конечном потреблении к 2050 году определена на уровне 75%, а в производстве электричества — 97%. Поскольку подобные документы — не предмет для обсуждения, а руководство к действию, очевидно, что скоро к западу от России возникнет принципиально иная энергетическая система, опирающаяся в основном на внутренние ресурсы входящих в нее стран.

В общих чертах о ее контурах можно судить по исследованиям американских ученых из Калифорнийского и Стэнфордского университетов, которые в 2005 году рассчитали, что энергии ветра, воды и солнечного света может быть достаточно для стопроцентного перехода всего человечества на возобновляемые источники энергии. Для этого условно-необходимы около четырех миллионов ветровых турбин, мощностью 5 МВт каждая, около девяноста тысяч солнечных фабрик, которые вырабатывают электричество напрямую или концентрируют солнечную энергию для нагревания теплоносителя. При этом мощность одной электростанции должна составлять в среднем 300 МВт. Вдобавок к этому потребуются 1,7 млрд. трехкиловаттных фотогальванических покрытий на крышах домов. Это, конечно, упрощенная модель, не учитывающая проблемы сохранения и перераспределения энергии, но важно, что масштаб задач вполне реалистичен. Сделанные оценки включают только технологии, которые уже применяются или близки к

Преимущества солнечной энергетики

При сравнении разных методов производства электроэнергии надо учитывать следующие факторы:

- безопасность эксплуатации;
- минимальность и удобство обслуживания;
- устойчивость к частичному разрушению;
- минимальность затрат на утилизацию;
- эффективность систем хранения и передачи электроэнергии.

Рассмотрим эти факторы подробнее.

Безопасность эксплуатации — соблюдение достаточно хорошо разработанных в эпоху традиционной энергетики норм для генерирующих мощностей, силовых и высоковольтных устройств. При наличии накопителей энергии — отсутствие пожаровзрывоопасных решений, эффективные методы заряда-разряда и контроля состояния.

Минимальное обслуживание — это сильная черта, изначально присущая фотоэлектрическому преобразованию. Его оборудование не имеет движущихся частей, что существенно упрощает обслуживание и снижает его стоимость. Срок службы солнечных батарей, веро-

ятно, будет достигать ста лет (проблема не в самих преобразователях, а в герметизирующих материалах). Возможно, соображения минимизации обслуживания сделают более предпочтительными солнечные станции без следящих систем вне экваториальных областей. Конечно, всегда будет нужен уход за поверхностью, принимающей солнечное излучение, хотя и здесь затраты могут минимизировать самоочищающиеся покрытия.

Что касается отказоустойчивости, схемотехнические решения в солнечной энергетике позволяют исключить «полный отказ» при повреждении части модулей, инверторов и прочих узлов установки. Здесь легче реализовать гибкие алгоритмы коммутации по мере отказа ряда элементов. Само наличие множества модулей и гибкая коммутация позволяют повысить надежность работы станции до более высоких уровней, чем у тепловых и гидроэлектростанций.

Утилизация — задача, специфичная для каждого вида энергетики. Для атомной она не решена, если называть вещи своими именами, для угольной решена частично, но проблемы золо-

отвалов, оксида азота и диоксида серы хорошо известны, в газовой и нефтяной решена вполне удовлетворительно. Для солнечной энергетики рециклинг отслуживших фотоэлементов часто почему-то называют проблемой. Это совершенно не соответствует истине. В электронике переработка развивалась всегда; хорошо известны методы извлечения из отслуживших приборов индия, галлия, германия, кремния и прочих элементов для их повторного использования. Сейчас в фотовольтаике перерабатывают около 2500 тонн отслуживших фотоэлементов, к 2020 году объем возрастет до 20 000 тонн. Остальные фотоэлементы будут просто в рабочем состоянии, ведь время эксплуатации у них более 30 лет. По мере их выхода из строя переработка будет развиваться по вполне рыночным механизмам — как источник сырья для новых элементов.

Действительно серьезная проблема — эффективность передачи и хранения энергии. В отличие от насосов, которые выкачивают нефть днем и ночью, или от угольных/газовых ТЭС, которые также могут функционировать круглые сутки, солнечные батареи вырабаты-

применению, а не те, внедрение которых может начаться лишь через 20—30 лет. Безусловно, технический прогресс будет столь же стремительным, однако нет необходимости ждать появления новых, невиданных сегодня решений.

Какой вид возобновляемых источников энергии может стать базовым в будущей «корзине» энергогенерирующих технологий? Мы в НПО «Квант» считаем, что это непосредственно солнечная энергия. Такую точку зрения подтверждает статистика. С 1990 года производство солнечных элементов увеличилось более чем в 500 раз. Мировой оборот в этой индустрии составил в 2010 году 82 млрд. долларов. Непрерывно растут инвестиции в солнечные технологии — с 40 млрд. евро в 2010 году до (как ожидается) более 70 млрд. евро в 2015 году. По данным Европейской ассоциации фотовольтаической промышленности (EPIA), в 2011 году в мире было подключено 27,7 ГВт новых солнечных станций. В результате суммарная установленная мощность всех этих станций достигла 67,4 ГВт, и по этому показателю фотовольтаика вышла на третье место после гидро- и ветроэнергетики.

Более того, расчет показывает, что, сосредоточив солнечные электростанции в трех районах с большим потоком света, а именно в пустынях Ливии, Мексики и Австралии, можно обеспечить круглосуточное снабжение электричеством всей мировой энергосистемы, которое покроет от половины до двух третей потребности в мощности, и при этом электростанции займут не более 0,02% поверхности Земли. Правда, для реализации таких проектов нужны не только технические устройства и мощные линии передачи энергии, но и политический контроль соответствующих регионов, который осуществляли бы основные потребители, а также единый мировой диспетчерский центр для управления потоками энергии. Вряд ли такой проект может воплотиться в нынешних политических условиях, однако мировая нехватка ресурсов вполне может привести к реализации такого проекта.

В стране, которая претендует на звание энергетической сверхдержавы и базирует свою экономику на продаже



ТЕХНОЛОГИИ

ископаемого топлива, рассказы про светлое будущее солнечной энергетики могут показаться авантюрой. Подобное отношение отражено и в официальных документах. Например, «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» выдержана в духе индустриальной энергетики, ориентирована на наращивание добычи ископаемого топлива и энергетических мощностей, а развитию возобновляемых источников и децентрализации энергоснабжения внимания уделяет мало. Вполне в духе этой концепции отечественные чиновники проявляют искреннее непонимание ситуации, давая советы евросоюзским коллегам не тратить попусту деньги на альтернативную энергетику, а закупать побольше российского газа. Однако те полны решимости обрести энергетическую независимость и вряд ли откажутся от своих планов. Не обнаружим ли мы себя однажды засыпанными пеплом современного Везувия, как некогда жители Помпеи, не задумывавшиеся о завтрашнем дне? Развитие возобновляемых источников энергии — это не только вопрос энергетики, это вопрос экологии, цивилизации. Главное сейчас происходит в головах. Наши представления об использовании ресурсов и генерации энергии должны будут в корне измениться. Этот процесс начался и будет продолжаться — в энергетике, основе цивилизации, мы переходим от соревнования мощи ресурсов к соревнованию мощи мозгов.



Энергетика и дотации

вают энергию лишь в определенное время суток. Если нужно привести в движение индустриальную экономику с ее опорой на аэропорты, самолеты, грузовики, миллионы километры шоссе, гигантские небоскребы и круглосуточную доступность топлива, то нерегулируемые источники энергии будут недостаточно. Солнечные станции должны иметь накопитель, позволяющий выравнять сезонные и часовые колебания выработки. Такие накопители потребуют существенной модернизации сетей передачи электроэнергии, их интеграции на огромных расстояниях — протяженностью на много часовых поясов. Неизбежно и появление новых технических устройств, способных хранить электричество, которые изменят сам вид городов и жилых домов. Очевидно, что из-за увеличения расстояний между электростанциями и потребителями энергии придется кардинально снизить потери на нагрев проводов, которые сейчас составляют в Японии 5% от общего объема, в Западной Европе — 4—9%, в США — 7—9%, а в нашей стране 13—14%.

Традиционно говорят о дороговизне возобновляемых источников энергии и о необходимости их дотирования, что якобы делает все сопоставления нечестными. Это не так — сегодня альтернативная энергетика подешевела. Вот, например, отчет 2011 года Комиссии по коммунальным услугам Калифорнии, из которого следует, что штат подписал контракт на 2012 год на поставку электричества с владельцами солнечной электростанции мощностью в 500 МВт по цене ниже, чем с газовиками. Из исследования агентства «Bloomberg», проведенного в 2012 году, следует, что уже в 2016 году береговые ветроэлектростанции в Европе дадут ток дешевле, чем газовые турбины смешанного цикла. Сегодня конечная стоимость «под ключ» одного ватта в крупной солнечной станции составляет 2,5—2,8 евро/Вт, к 2020 году ожидается ее снижение до 0,9—1,5 евро/Вт, а к 2030 году — до 0,7 евро/Вт. Соответственно стоимость вырабатываемой такой станцией электроэнергии к 2020 году снизится с нынешних 0,15—0,29 евро/кВт-час до 0,07—0,17 евро/кВт-час, к 2030 году — до 0,04 евро/кВт-час. Установившиеся к концу 2011 года цены на 1 Вт в модуле в диапазоне 1—1,1 доллара демонстрируют практически 40-процентное снижение по сравнению с началом 2011 года. А это означает, что реальная динамика снижения стоимости солнечной энергии превзошла прогнозы. И уже в 2012 году стоимость «солнечного» и «традиционного» киловатта электроэнергии в некоторых районах мира сравняется.

Альтернативная энергетика получает в 75 раз меньше дотаций, чем нефтяники. С 1994 по 2009 год в США нефть и газ были дотированы из бюджета на сумму 447 млрд. долларов, а возобновляемые источники энергии — на 6 млрд. долларов. Более того, в начале XX века, когда топливная индустрия бурно развивалась, нефть и газ получили до 0,5% федерального бюджета США на свое развитие, тогда как солнце, ветер и приливы получают сегодня не более 0,1%. За последние 15 лет в США ядерная и ветровая энергетика произвели сопоставимые объемы электроэнергии (2,6 млрд. кВт/ч в ядерной энергетике против 1,9 млрд. кВт/ч в ветровой), но субсидирование ядерной отрасли превышает ветровую более чем в 40 раз (39,4 млрд. долларов против 900 млн. долларов). Вряд ли в других странах ситуация сильно отличается. Поэтому корректнее говорить о перераспределении существующих дотаций.

Солнечное разнообразие

А. В. Наумов,
НПП «Квант»

Приблизительно 90% современных солнечных элементов сделаны на основе кремния. В них используют монокристаллы Si, мультикристаллы Si, ленты Si, пленки аморфного Si. Такие элементы надежны, технология их производства хорошо отлажена, а применять их можно в самых разных климатических зонах. Например, элементы на кристаллах кремния лучше работают на юге, при большой интенсивности прямого потока света, аморфный же кремний предпочтительнее для севера, где на элемент падает поток рассеянного света. В таких серийно выпускаемых элементах КПД преобразования света в электричество составляет 10—18%, а у лучших серийных образцов на монокристаллическом кремнии превышает 20%.

Однако постепенно развивается и промышленность некремниевых тонкопленочных элементов. До промышленного производства добрались элементы на основе CdTe, CuInSe₂ или CIS и GaAs/Ge. Например, в 2011 году американская компания «First Solar» завершила строительство заводов по выпуску элементов общей мощностью 2,376 ГВт на основе CdTe. ООО «Солнечный поток» совместно с Роснано и ФТИ им. А. Ф. Иоффе в Ставропольском крае планирует наладить производство элементов на основе GaAs/Ge. Предполагается, что к 2015 году объем выпуска этих установок составит около 85 МВт/год. Третья разновидность элементов — полимерные — находится на этапе исследований: их КПД пока не удается поднять до коммерчески выгодных 10%.

Некоторые исследователи считают, что развитие солнечной энергетики в целом должно идти именно по пути использования тонкопленочных элементов, поскольку у них высокий КПД — у арсенида галлия на германии уже сегодня более 30%, а низкие удельные расходы материалов позволяют сделать элемент недорогим. Однако для того, чтобы оценить их перспективы и соответственно перспективы всей солнечной энергетики, нужно понять, не столкнется ли массовое производство (с учетом предполагаемых площадей станций в десятки тысяч квадратных километров) с какими-либо ограничениями — например, с банальной нехваткой германия или индия.

В соответствии с директивами Евросоюза и других правительственных организаций, к 2025 году в мире (главным образом в США и ЕС) ежегодно должны вводиться в действие солнечные станции мощностью 160—170 ГВт. На самом деле это пока не очень реально: в рекордном 2011 году солнечных элементов было выпущено суммарной мощностью немногим более 27 ГВт.

Теллурид кадмия

Элементы на основе теллурида кадмия состоят из заднего контакта и стекла, между которыми расположены слои из ZnTe, CdTe и CdS. Сейчас их КПД примерно 12%, а в ближайшие годы ожидается увеличение до 15%.

На изготовление элемента площадью 1 м² сегодня идет около 10 г теллура и 9 г кадмия. При КПД 15% для генерации 1 кВт



потребуется около 7 м² солнечных батарей и соответственно 60 г Те и 54 г Cd. Чтобы генерировать 1 ГВт, понадобится 100 т Те и примерно столько же Cd.

В земной коре кадмия около 1,4 · 10⁻⁵ % (по массе), а добывают его попутно при производстве цинка. Общие мировые запасы кадмия, определенные по всем известным цинковым ресурсам, превышают 6 млн. тонн. Объемы мирового производства кадмия в 2009—2010 годах составили 17—20 тысяч тонн/год. Этого объема на солнечные батареи хватает с лихвой.

Иное дело теллур. Его кларк (константа распространенности элемента в земной коре) — 1 · 10⁻⁶ %. Теллур обычно встречается в сульфидных месторождениях меди, а также в полиметаллических рудах. Только по этим месторождениям мировые запасы теллура оценивают в 40—50 тысяч тонн. Главный источник теллура — шламы, образующиеся при электролитической очистке анодов меди. Данные по общему объему производимого в мире теллура неполны, но приближенно его производство можно оценить в 400—700 тонн/год.

Если оптимистично предположить, что производство теллура к 2025 году сможет вырасти вдвое и основной прирост пойдет на фотовольтаику (а ей потребуется 400—500 тонн), то вклад CdTe в солнечную энергетику достигнет 4—5 ГВт, или 2—3%. Этого явно недостаточно, чтобы стать серьезной альтернативой кремнию.

Однако даже такое развитие маловероятно: новая технология выщелачивания меди, разработанная в начале 90-х годов, приходит на смену получению меди из медных катодов. При этом не образуются электролитные шламы, содержащие Те. Поэтому производство меди в мире растет, а производство теллура если и увеличивается, то гораздо меньшими темпами.

CIGS (CuInGaSe₂)

Пленки CuInGaSe₂ очень хорошо поглощают солнечный свет, поэтому элементы из них имеют КПД до 14,5%. На получение 1 ГВт расходуется 15 т Cu, 20 т In, 4 т Ga и 55 т Se. Удельный вес этой технологии пока невелик, однако есть мнение, что вскоре они займут 12% рынка, а точнее, 20 ГВт в 2025 году. Что может сдержать такой рост?

Кларк селена — 6 · 10⁻⁵ %. Как и теллур, он сопровождает медь, и получают его из шламов, образующихся при электролитической очистке анодов меди. Объемы мирового производства селена за 2008—2010 годы составляют около 2600—2700 тонн/год.

Индий — очень рассеянный элемент, его источником служат промежуточные продукты цинкового и свинцового производства. Мировые запасы индия оценивают в 25 тысяч тонн, разведанные — в 5—6 тысяч тонн, а общее производство составляет около 1100 тонн/год.

Галлия на земле много, его кларк существенно больше, чем у молибдена, вольфрама, сурьмы, ртути, мышьяка и висмута. Мировые ресурсы галлия только в бокситах превышают 1 млн. тонн, а ежегодно из недр земли извлекаются и перерабатываются бокситы, теоретически содержащие свыше 3 тысяч тонн галлия.

Первоочередным тормозом для этих солнечных элементов станет индий. Впрочем, если предположить, что к 2025 году солнечная энергетика сможет получать 300 тонн индия (сегодня для всех электронных приборов требуется около 110 тонн/год, остальное идет на производство плоских экранов мониторов), то это позволит произвести модулей с общей мощностью 15 ГВт, или 10% общего выпуска в 2025 году.

Возможно ли увеличение производства индия сверх этого уровня? Да, ведь производство цинка в мире растет. Так, только один из крупнейших цинковых рудников Кид Крик Майн в Онтарио обладает запасами в 3400 тонн индия. Российский индий извлекают из медноколчеданных месторождений Урала (75% объема всех российских цинковых концентратов, среднее содержание индия 3,2 г/т). Индий содержится также в полиметаллических месторождениях Южной Сибири и Приморья (среднее содержание индия 14,7 г/т). Всего же запасы российского индия учтены в рудах 61 месторождения. Если производство индия вырастет, то увеличится до 20% и доля таких элементов в солнечном энергобалансе — по мощности это 35 ГВт в год. Сырье для них исчерпается медленнее, чем для кадмий-теллуровых.

Арсенид галлия

Арсенид-галлиевыми называют элементы, содержащие несколько эпитаксиальных слоев GaInP, GaInAs или AlGaInP, нанесенных на подложку из Ge. Толщина такой гетероструктуры составляет около 1 мкм.

Использование подобных многокаскадных элементов дает рекордный КПД — 43,5% в настоящее время, а к 2020 году КПД промышленных элементов должно достигнуть 48%. Для экономии материала можно взять маленький элемент и разместить над ним большой концентратор света, например плоскую линзу Френеля. При этом свет концентрируется в несколько сотен раз — соответственно таким будет и соотношение размеров площадей элемента и линзы.

Арсенид галлия прекрасно переносит и нагрев, и сильное облучение — именно поэтому с ним возможна столь высокая концентрация света. Правда, к этому элементу нужно прилагать еще и поворотное устройство, которое постоянно ориентирует его на Солнце. Солнечные электростанции на арсениде галлия при оптической концентрации 500, занимая 5% площадей таких штатов, как Невада, Аризона, Нью-Мексика, могли бы генерировать мощность 1300 ГВт, или 42% всего внутреннего потребления США.

Как уже было сказано, запасов галлия для солнечной энергетики вполне хватает. Мышьяк тоже не кажется серьезной проблемой. В числе его источников — пыль, образующаяся при выплавке меди, золота и свинца; обожженный арсениопирит (наиболее распространенный рудный минерал свинца). Его получают как попутный продукт при переработке концентратов меди, свинца, кобальта, а также при получении фосфатов. Мировые ресурсы мышьяка, содержащиеся в медном и свинцовом природном сырье, оцениваются в 11 млн. тонн, а общее производство в 2009 году составило 53 500 тонн (в пересчете на трехокись мышьяка).



КАЛЬКУЛЯТОР

Сложнее оценить ситуацию с материалом подложки — германием. В земной коре его больше чем свинца, серебра, вольфрама, но он очень рассеян в природе. При производстве цинка германий остается в отвалах после выщелачивания цинковых огарков. При производстве свинца германий извлекают попутно из шлаков, при производстве меди — из пыли шахтной и отражательной плавок, пыли конвертеров и возгонов. При промышленном сжигании углей германий распределяется между шлаком, остающимся в топочном пространстве, и летучей золой, уносимой вместе с газообразными продуктами горения. Общие ресурсы германия (исходя из ресурсов цинка) оценивают в 120 тысяч тонн, а в каменных углях — в 4—5 тысяч тонн. Последние 15 лет в мире производили 50—100 тонн германия в год и 30—50 тонн ежегодно извлекали после повторной переработки.

Если принять, что для получения 1 кВт нужно 15 г германия, то 100 тонн хватит, чтобы создать 6,7 ГВт солнечных элементов. В целом в мире ежегодное количество германия, которое можно было бы добыть из цинковых руд, составляет около 300 тонн, а извлекают лишь треть. Отсюда оптимистичная, но весьма вероятная оценка: к 2025 году можно получить 500 тонн германия в год и обеспечить выпуск 33 ГВт этих высокоэффективных элементов, или 15—20% заявленной потребности.

Если все суммировать, то по максимальным оценкам тонкопленочные элементы смогут обеспечить к 2025 году введение в строй не более 80—90 ГВт солнечных электростанций. Могут ли кремниевые элементы дать недостающее количество? По формальным расчетам — да. Однако сегодня основной способ получения полупроводникового кремния — Сименс-процесс с использованием ядовитого трихлорсилана — это чрезвычайно грязное производство. Его расширение чревато неприятными последствиями. Так, когда в начале 2008 года в китайском городе Гаолун (Gaolong) четыреххлористый кремний разлился на поля и рядом со школами, случились крупномасштабные волнения. С 2009 года в КНР запрещены новые поликремниевые проекты с использованием традиционных процессов.

Заменой Сименс-процесса может быть какая-либо технология, в которой не образуются ядовитые вещества. Например, метод, включающий синтез силицида магния, кислотное гидрирование и получение высокочистого моносилана (SiH₄). Полученный таким образом дешевый моносилан можно использовать и для производства полупроводникового кремния, и для производства тонкопленочных элементов на базе микроморфно-аморфного кремния, к выпуску которых в настоящее время приступает предприятие «Хэвэл», созданное совместно с «Роснано».

Получается, что массовое развитие солнечной энергетики должно будет использовать все имеющиеся технологии, которые отнюдь не станут конкурировать между собой. Более того, разработка новых технологий приведет только к расширению использования устройств для преобразования солнечного света в электричество.





Реактор полностью отделен от окружающей среды. Поэтому пластинки монокристалла германия в установку загружают через шлюз, затем с помощью перчаток устанавливают в приемное устройство, и далее они попадают в реакционную камеру, где на них наносят слои будущего фотоэлемента

Как делают солнечный элемент

С.М. Комаров

Солнечный элемент на основе арсенида галлия — самый лучший. У него высокий КПД — в промышленно выпускаемых устройствах более 30%, он не боится облучения, выдерживает высокие температуры. Не случайно именно из него сделаны солнечные батареи на современных спутниках. А выпускают такие солнечные элементы для космоса на московском предприятии ОАО «НПП «Квант». Это старейшее предприятие солнечной энергетики в стране, а может быть, и в мире — на нем были сделаны первые солнечные батареи для советских космических аппаратов. Собственно, оттуда, из сферы освоения космоса, и пошли все многочисленные элементы, которые преобразуют солнечный свет в электричество и претендуют на то, чтобы в недалеком будущем заменить тепловые электростанции.

Сокращение космических программ, последовавшее за распадом Совет-

ского Союза, привело к непростым временам на предприятии. Однако и в этих тяжелых условиях удалось оборудовать участок по изготовлению принципиально новых элементов на основе арсенида галлия.

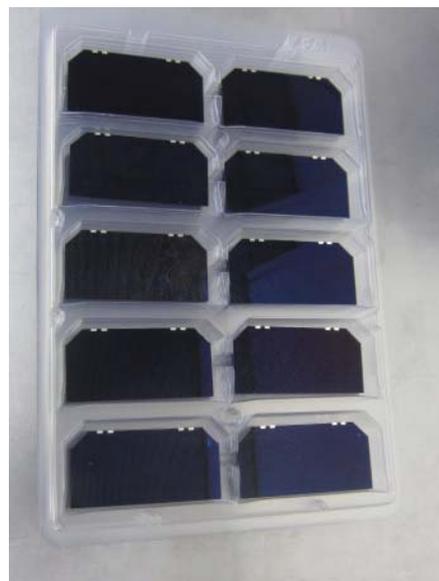
«Шесть лет назад здесь ничего подобного не было, — рассказывает кандидат физико-математических наук Елена Владимировна Обручева, сотрудник ОАО «НПП «Квант». — Нам пришлось заново сделать всю начинку здания, ведь работа ведется в условиях повышенной чистоты. Потребовались специализированная система вентиляции и очистки воздуха, а также система безопасно-

сти. И конечно же надо было закупить и установить современное оборудование — реакторы роста гетероструктур и другие аппараты технологической линии, специально спроектированные под наши задачи».

Элемент на основе арсенида галлия — это гетероструктура, которая состоит из нескольких основных слоев микронной толщины. Чтобы они хорошо сопрягались, их перемежают нанослоями специального назначения (всего элемент космического назначения содержит более 30 слоев, причем половина из них нанометрического размера). Это могут быть и диффузионные барьеры, и диффузионные буферные слои, и слои эпитаксиального зарождения, и легирующие прослойки, и релаксационные буферные гетероструктуры из чередующихся нанослоев, и периодические нанослойные брегговские зеркала, и встроенные туннельные диоды, и так называемые квантовые ямы, и слои с квантовыми точками.

Создают гетероструктуру на подложке — пластинке, вырезанной из монокристалла германия, — в специальном

На фото внизу — готовые солнечные элементы. На фото справа — обратная сторона реактора, где находятся датчики и насосы, регулирующие перемещение реагентов по трубопроводам





РЕПОРТАЖ



Оператор реактора

Реактор



реакторе. Туда, в изолированное от человека пространство, по газовым магистралям поступают сверхчистые металлоорганические соединения. В реакторе они разлагаются и тончайшими слоями оседают на поверхности подложки. Чтобы все прошло так, как надо, требуется точнейшим образом контролировать в реакторе общую температуру и ее градиент в различных зонах, давление, скорости потоков.

«Технология очень сложна. Мы постоянно ведем исследовательскую работу, чтобы понимать, что за процессы идут в реакторе. Со временем его характеристики меняются, и нужно постоянно регулировать происходящие в нем процессы», — поясняет Е.В.Обручева.

После того как гетероструктура создана, ее извлекают из реактора и отправляют далее — в установку для нанесения многослойных металлических контактов и защитного стекла. Потом следует тестирование, и на выходе получается элемент будущей солнечной батареи космического аппарата, которая может служить до пятнадцати лет в жестких условиях космоса, стабильно выдавая до 350 Вт с квадратного метра своей поверхности.

«Когда мы начинали создание участка, невозможно было найти специалистов, которые могли бы работать на этом оборудовании, — говорит Е.В. Обручева. — Тогда мы заключили договор с МИСиС, где имеется крупная школа по материаловедению полупроводников, и они стали специально для нас готовить студентов, которых мы сразу же приобщали к делу. Например, лабораторные работы ставили на действующем оборудовании, причем решали реальные задачи, связанные с отладкой процесса. В результате у нас сейчас сложился самый молодой коллектив на предприятии».

Каков же результат? Если еще пять лет назад Роскосмос закупал такие батареи за рубежом, например для оснащения спутников системы ГЛО-НАСС, то теперь, после создания промышленного цеха на базе этого участка, такие заказы можно будет выполнять и в России.

Работа в гипотетическом мире

Черная дыра поможет найти неоткрытые частицы.

Агентство «Alpha Galileo», 20 июня 2012 года

Про бозон Хиггса теперь знают все, даже далекие от физики люди. Менее известны другие гипотетические частицы, нужные теоретикам для объяснения тех или иных явлений, но неуловимые, например аксионы — очень легкие частицы, слабо взаимодействующие с веществом. Для их поиска Даниэль Грумиллер с коллегами из Венского технологического университета предлагают привлечь гравитационные волны и черные дыры.

Есть мнение, что аксионы легко рождаются в сильном гравитационном поле рядом с черной дырой, а затем вращаются вокруг нее подобно электронам в атоме, попутно выкачивая из дыры энергию. В отличие от электронов аксионы подчиняются статистике Бозе — Эйнштейна, поэтому они формируют облака. Но в какой-то момент свежерожденный аксион, подобно последней капле, дестабилизирует это облако, оно коллапсирует, заставляя вибрировать пространство-время. Возникают гравитационные волны. Зарегистрировав их с помощью гравитационных детекторов, чувствительность которых к 2016 году должна достигнуть необходимой величины, удастся тем самым зафиксировать гипотетические аксионы.

Черепя гигантов

Гигантские горные туры в Пиренеях пережили ледниковый период.

«Comptes Rendus Palevol», 2012, т. 11, № 4, doi:10.1016/j.crv.2011.12.006

Пиренейский тур вымер в 2000 году, попытка спасти вид с помощью клонирования провалилась. А во времена голоценового климатического оптимума, когда температура в Северном полушарии была на 1—3, а местами и на 9 градусов больше, чем сейчас, то есть 4—7 тысяч лет назад, эти туры населяли все Пиренеи. И были они в полтора раза крупнее свежеразмерших. Это установил Рикардо Гарсиа-Гонсалес из Пиренейского института экологии, который измерил черепа трех туров, найденных в пещерных ловушках на высотах 2390 и 2500 метров над уровнем моря.

Предполагается, что гигантские травоядные — олени, лоси, — отличавшиеся не только немалым ростом, но и огромными рогами, жили в ледниковую эпоху, питаясь травой, которая бурно росла по краю ледника. Когда же ледник отступил, степь сменилась лесом и рога стали мешать. Сохатые гиганты вымерли, а потомки их измельчали. Тур, как видно, отлично перенес отступление ледника и со своими огромными рогами забрался в горы, где сохранилась привычная ему предледниковая степь в виде альпийских лугов: как раз на высоте в два с половиной километра и проходит сейчас граница между снежными шапками гор и лугами. Затем ледник потерял значительную часть своей силы, древние альпийские луга оскудели, и туры тоже стали мелкими.



Генератор на коленке

Создано устройство для получения энергии от движения человека

«Smart Materials and Structures», 2012, т. 21, № 7, doi:10.1088/0964-1726/21/7/075023

Коленка при движении сильно сгибается, это идеальная часть человеческого тела для выработки электроэнергии «на ходу», — говорит доктор Микеле Поцци из университета Кранфилда (Великобритания). Вместе с коллегами из двух других университетов он создал устройство, способное получать электричество из движения коленки. Оно состоит из подвижной и неподвижной частей: первая вращается, зубцы на ее поверхности заставляют вибрировать расположенные на второй генераторы, которые и вырабатывают электричество.

Опыты на модели коленного сустава показали, что устройство дает два милливатта. Однако исследователи уже предлагают улучшения, которые увеличат выход энергии в пятнадцать раз. И тогда генератора на коленке хватит, чтобы питать датчик системы навигации, обеспечивать частую и продолжительную радиосвязь. И будет солдату НАТО большое облегчение, а то сейчас в патруле он тащит на себе добрых десять килограммов энергетического оборудования. При массовом же производстве генератор обойдется в десять фунтов стерлингов и купить его сможет каждый любитель мобильных устройств.

Конденсатор в майке

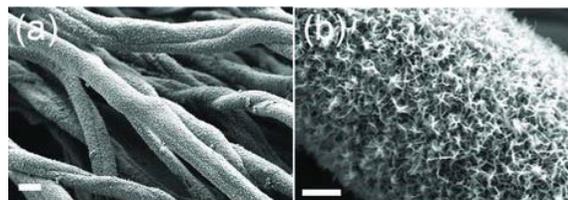
Из ткани можно сделать емкое хранилище электричества.

«Advanced Materials», 2012, т. 24, № 24, doi:10.1002/adma.201200246

Вырабатывать электричество за счет энергии идущего человека не так сложно, но вот где его хранить? Чем станет питать свой навигатор и систему связи солдат, сидящий в засаде? Тяжелыми батарейками? Нет, выработанную на марше электроэнергию он сохранит в своей одежде. В этом ему поможет работа исследователей из университета Южной Каролины во главе с профессором Ли Чжаодунгом (Xiaodong Li). Для эксперимента они взяли хлопчатобумажные майки, купленные в университетской лавке.

Для начала майку протравили в растворе соединений фтора. Затем поместили в печь, где выдержали при высокой температуре без доступа кислорода. Естественно, при этом целлюлоза на поверхности превратилась в углерод, однако все исходные свойства волокон — прочность, гибкость — сохранились. Электрические испытания показали, что такое волокно с углеродной поверхностью представляет собой двухслойный конденсатор, то есть устройство, способное накапливать электричество. Исследователи пошли дальше и покрыли углеродную поверхность наночастицами из оксида марганца: те резко увеличили емкость волокон, которые по своим характеристикам стали соответствовать суперконденсаторам. Стабильность тоже была на высоте — даже после нескольких тысяч циклов зарядки-разрядки емкость конденсаторов снизилась менее чем на 5%.

Теперь остается только создать электросхему для закачивания в волокна электричества, его сбора с ткани и направления в какой-либо электроприбор. И конечно, позаботиться о безопасности тела, на которое надета майка с запасами электричества.



Энергия из окна

До 9% света, падающего на стекло, можно превратить в электричество.

«Solar Energy Materials and Solar Cells», 2012, т. 103, № 8, doi: 10.1016/j.solmat.2012.04.016

Еврокомиссия поставила задачу: превратить каждое здание в генератор электричества. В частности, это можно сделать с помощью оконных стекол и фасадных плит. На них наклеивают люминесцентную пленку, которая поглощает часть солнечного спектра, концентрирует его и передает в расположенную на торцах узкую полоску солнечного элемента.

Дипломник Делфтского технического университета Ян Виллем Вьегман провел систематическое исследование таких пленок и выяснил, что если окно остается бесцветным, то эффективность преобразования света составит 2%, или 20 ватт с квадратного метра. Этого недостаточно: чтобы запитать компьютер, нужно четырехметровое окно. Когда пленка поглощает зелено-фиолетовую часть спектра, окно становится красным, а эффективность вырастает до 9%. То же самое получается, когда пленка равномерно поглощает во всем спектре, а окно приобретает серый цвет. Но поскольку многие горожане все равно вешают на окна светоотражающую фольгу, такой способ получения электричества не кажется утопическим. Главное — придумать, как эту энергию закачать в энергосистему.

Капсулы жизни

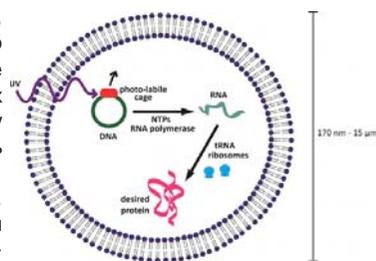
Созданы наночастицы, которые при облучении лазером начинают синтез определенного белка.

«Nano Letters», 2012, т. 12, № 6, doi: 10.1021/nl2036047

Сделать пилюлю из препарата, содержащего целебный белок, трудно — ведь пищеварительный тракт с большой вероятностью расщепит этот белок прежде, чем тот успеет всосаться в кровь. Кроме того, многие лекарственные белки могут оказаться ядом для здоровых тканей организма. Поэтому желательнее провести их только к больному органу и как можно более коротким путем. В идеале — синтезировать непосредственно на месте.

Для решения этой задачи применяют капсулы, наполненные бактериями. Однако бактерия — сложное существо, управлять которым, в частности заставляя вырабатывать определенный белок, не так просто. Исследователи из Массачусетского технологического института во главе с доктором Даниэлем Андерсоном решили отказаться от бактерий и заменили их микроскопической искусственной системой для синтеза белков. Она содержит фрагмент ДНК и молекулярные механизмы, созданные природой для того, чтобы строить белок по «чертежу» гена, — тРНК, ферменты, рибосомы и пр.

Этот маленький заводик они разместили в капсулах с липидными стенками диаметром порядка 170 нм и стали проводить опыты — включать изготовление белков капсулами с помощью лазера. В качестве тумблера включения использовали зеленый флуоресцентный белок и люциферазу — после облучения они высвобождали ДНК. Капсулы неплохо себя проявили как в пробирке, так и после введения в кровь мыши.

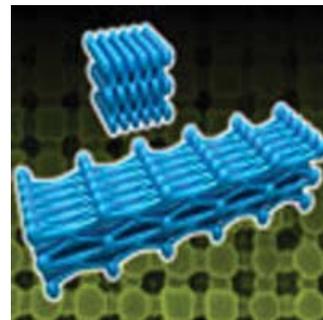


Жидкая электротехника

Создан проводник, способный удлиняться в три раза.

«Nature Communications», 26 июня 2012 года, doi: 10.1038/ncomms1929

При вживлении электронных устройств в тело человека врачи сталкиваются с проблемой жесткости: электроника не умеет сжиматься и расширяться подобно живым тканям. Поэтому исследователи из Северо-Западного университета США во главе с Хуан Йон Ганом (Huang Yonggang) решили отказаться от твердых проводников. Вместо того чтобы пропускать ток по проволоке, они сделали губку из кремнийорганики — полидиметилсилоксана, а в ее поры залили жидкий металл — сплав индия и галлия, который плавится при комнатной температуре. Такая структура легко деформируется, изменяя свои размеры в два раза, и затем полностью восстанавливает форму. Проводимость же ее не меняется. «Используя такой подход, можно создать любое эластичное электронное устройство», — говорит доктор Хуан.



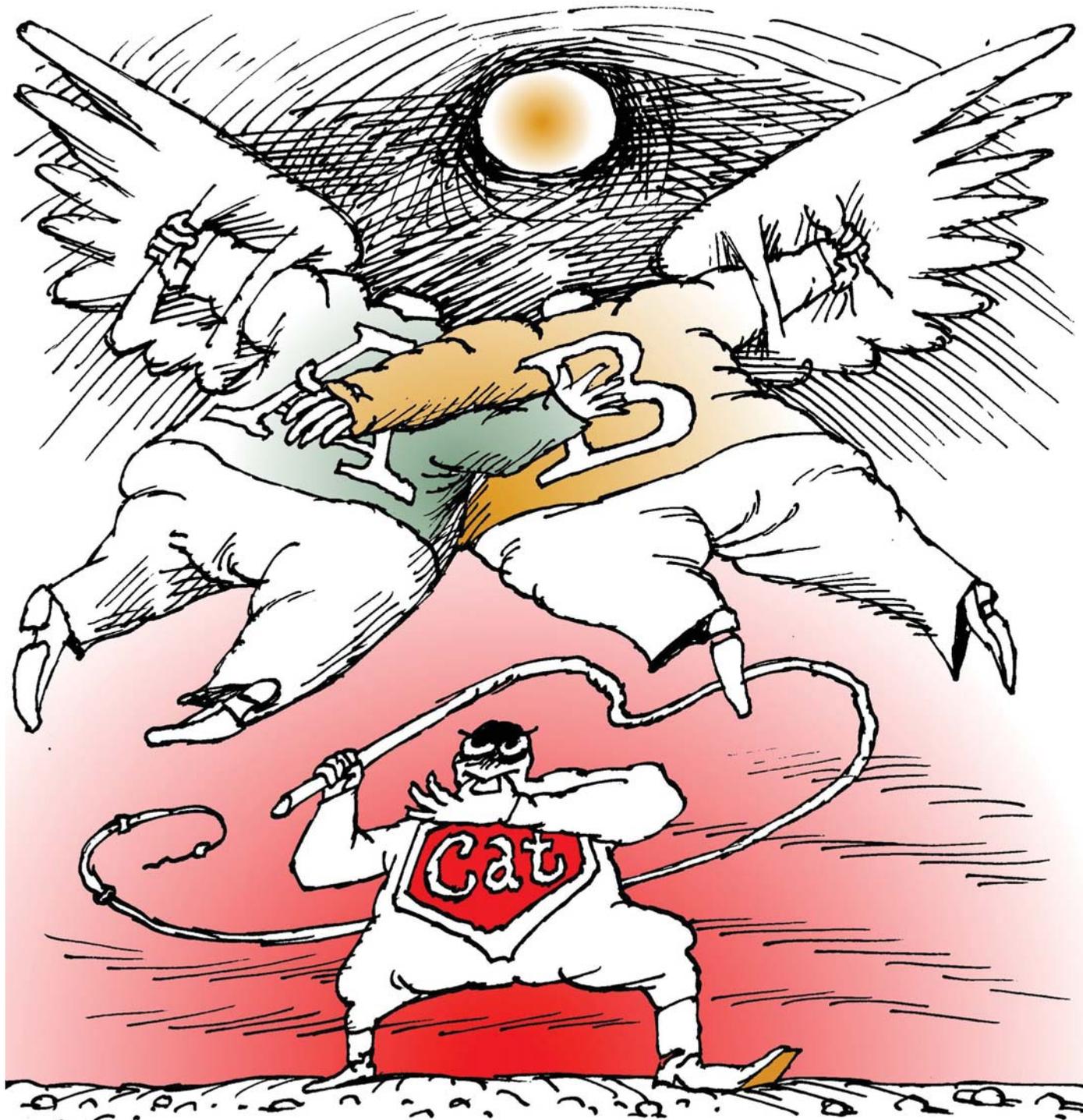
Чувство магнита

Найдены клетки, отвечающие за ориентацию форели по магнитному полю.

«Proceedings of the National Academy of Science USA», 2012, т. 109, № 30, doi: 10.1073/pnas.1205653109

В последние полвека биологи с помощью физиков активно изучают способность животных ориентироваться по магнитному полю, особенно развитую у мигрирующих видов, таких, как перелетные птицы или нерестовые рыбы. Но даже когда существование «магнитного чувства» бесспорно, остается еще найти, какие органы или ткани играют роль бортового компаса. Международная группа исследователей предложила эффективную методику выделения и поиска клеток — потенциальных магниторецепторов. Обонятельный эпителий форели превратили во взвесь отдельных клеток и подвергли препарат действию вращающегося магнитного поля. В препарате оказались клетки с большим дипольным моментом, которые начали быстро вращаться (это хорошо видно в видеоролике, приложенном к статье). Они содержали богатые железом кристаллы, соединенные с внутренней стороной мембраны. Возможно, механическая деформация этих клеток под действием вращающегося момента поля лежит в основе магниточувствительности у форели — и не только у нее.

«Низкопериодическое магнитное поле, возникающее вдоль линий электропередач, вполне может вызывать реакцию магнитных клеток и сбивать животных с пути, — рассказывает участник работы, геофизик Михаэль Винклхофер из мюнхенского Университета Людвиг-Максимилиана. Интересно было бы узнать, есть ли подобные образования в теле человека. «Если ответ будет положительным, то обсуждение воздействия "электромагнитного смога" получит прочный физиологический фундамент», — предполагает Винклхофер.



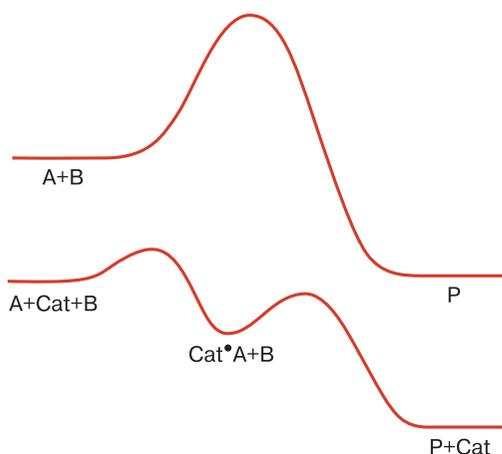
Слава интермедиятам!

Лауреат Нобелевской премии
Роалд Хофман

В предстоящей кампании по выбору президента США наверняка кого-нибудь из политиков назовут «катализатором перемен» — и это будет позитивная характеристика кандидата. Наша психика устроена таким образом, что надежда на перемены к лучшему в ней живет вечно, поэтому мы не устаем от этой фразы. «Катализ» — одно из немногих химических понятий, которое вошло в разговорный язык. Он захватывает наше воображение как символ перемен и трансформации. Но в равной степени заслуживают нашего внимания и промежуточные продукты, которые получают в каталитической реакции. Их называют интермедиятами.

Как заставить ее идти

Предположим, что А и В — это молекулы, которые в соответствии со строгими требованиями термодинамики должны самопроизвольно реагировать и давать продукт, который мы назовем Р (Р может быть и не одной, а несколькими молекула-



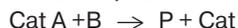
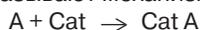
1
Графики обозначают, сколько энергии необходимо для взаимодействия молекул А и В, в результате чего получается продукт Р. Реакция без катализатора (верхняя кривая) требует значительных энергетических затрат, поскольку надо преодолеть «энергию активации» — холм между исходными реагентами и продуктом.

В реакции с катализатором (нижняя кривая) последний реагирует с А, давая интермедиат Cat А, а он в свою очередь превращается в продукт Р, но с гораздо меньшими энергетическими затратами

ми). Под выражением «должны реагировать» я подразумеваю, что энергия Гиббса — это чудесное сочетание энтальпии и энтропии — уменьшается, как только А и В превращаются в Р. Другими словами, в реакции высвобождается энергия, поэтому она должна протекать самопроизвольно.

Однако часто реакция не идет, даже если мы добавим в систему умеренное количество энергии, например подогреем реагирующие вещества. Причина этого — возможный выигрыш (энергия Гиббса, которая должна высвободиться в процессе реакции) просто не доступен, и молекулы мягко сталкиваются в тепловом равновесии, не реагируя между собой. Дело в том, что каждая реакция имеет энергию активации — это «холм», до вершины которого должна подняться энергия, перед тем как она высвободится в реакции и станет доступной (рис. 1, верхний график). При комнатной температуре и обычном давлении только бесконечно малое число молекул при столкновениях друг с другом приобретает достаточную энергию, чтобы преодолеть этот холм активации.

Именно здесь нужен катализатор. С его участием происходит некая последовательность реакций, которую химики называют механизмом реакции.



Cat — обозначение катализатора, а Cat А — это промежуточный продукт реакции, или интермедиат. Энергетический профиль, который сопровождает эту последовательность из двух реакций (рис. 1, нижний график), совершенно иной, чем в отсутствие катализатора. Барьер, который надо преодолеть, чтобы началась каждая из реакций, существенно ниже, а это означает, что катализатор подобран хороший. Возможно, теперь будет достаточно комнатной температуры или совсем небольшого нагревания, чтобы «уговорить» реагирующие молекулы перебраться через два маленьких холма и преодолеть энергию активации. Реакция идет легко.

Катализатор сам участвует в реакции, но потом восстанавливается (химики говорят — регенерирует). Он исчезает, чтобы появиться. Воскресший катализатор снова готов провести новую пару молекул (А и В) через реакцию. Казалось бы он может делать это бесконечно, но ни один катализатор не работает так хорошо — это идеальная схема. В растворе его все «отвлекает» от начертанного пути: он может реагировать с другими молекулами, закислиться, «отравиться». Число оборотов, или рабочих циклов — то есть число реагирующих



молекул, проведенных через реакцию одной молекулой катализатора, — служит показателем его эффективности. Например, 10^5 — очень хороший показатель, возможно уже достаточный, чтобы строить завод для реализации технологического процесса с его участием. При этом чем больше циклов, тем дороже может быть сам катализатор.

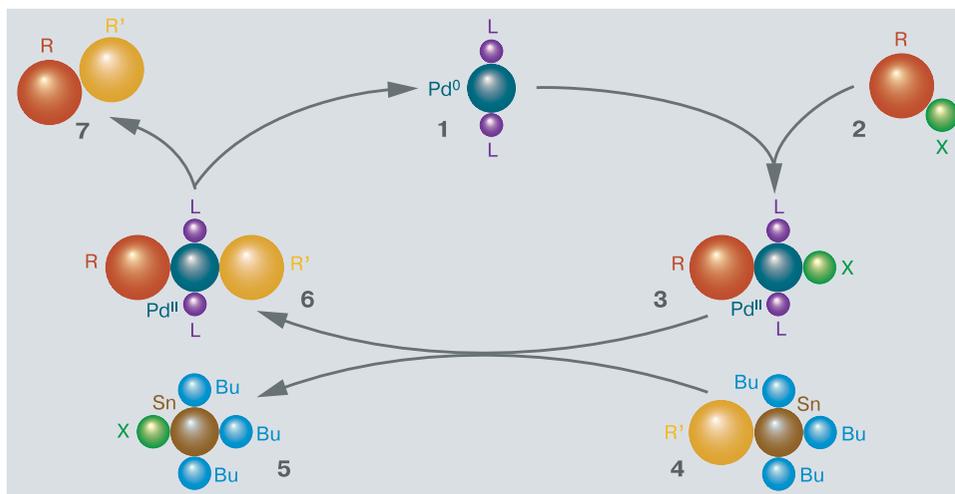
У монеты две стороны

Однако катализатор — не единственный участник процесса. У него есть партнеры по реакции, которые часто бывают невидимыми — в нашем примере это интермедиат Cat А. На самом деле «партнер» — неточное слово, поскольку один не может существовать без другого. Только катализатор исчезает, а потом восстанавливается, в то время как интермедиат — в точности наоборот: появляется в процессе и потом исчезает, чтобы снова появиться в следующем цикле.

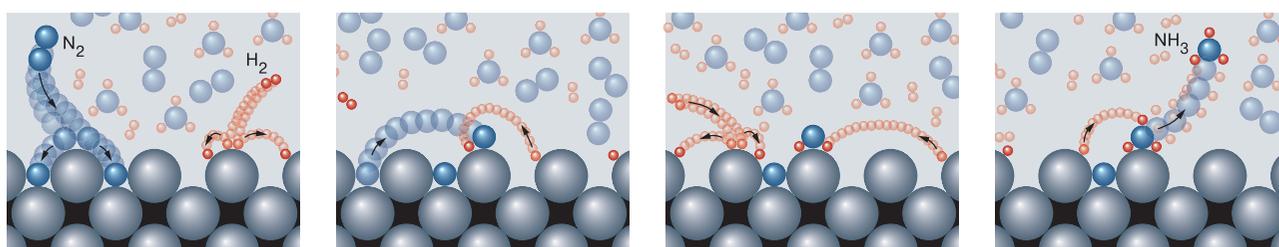
Эти «отношения» катализатора и промежуточного продукта — отличительная черта всех каталитических циклов, от самого простого, который мы описали, до сложнейших реальных реакций. При этом в самих мимолетных преобразованиях нет ничего таинственного, никаких дистанционных взаимодействий — только обычная старая добрая химия. Например, очень полезная и важная реакция, в процессе которой образуется углерод-углеродная связь в сложной органической молекуле (рис. 2). Именно такого типа взаимодействие часто бывает нужно для синтеза биологически активных соединений. (Она известна как реакция Стилле, в честь ее первооткрывателя Джона Стилле.) В ней молекула 1 — это катализатор (палладий в нулевой степени окисления Pd⁰ с лигандами L), молекула 2 — реагент RX (R — органическая группа CH₃ или C₆H₅, а X — атом галогена). Реагент добавляют к катализатору, Pd отдает два электрона для образования связей с R и X. Так получается соединение 3 — первый интермедиат из двух в этом цикле реакций.

Интермедиат, в свою очередь, реагирует с соединением 4 (оно состоит из олова Sn, трех бутильных групп Bu и еще одной органической группы R'), после чего получается два продукта. Один из них (под номером 5) побочный, а другой, под номером 6, имеет два заместителя R и R', прикрепленные к палладию, которые и соединит в результате новая углерод-углеродная связь (7). Это, собственно, и есть цель реакции. Кстати, подобные реакции получили в 2010 году Нобелевскую премию по химии. (Ее получили Ричард Хек, Эйити Нэгиси и Эйити Нэгиси — Примеч. ред.)

Реакция Стилле — пример гомогенного катализа, поскольку все реакции протекают в растворе. Такой же процесс спаривания с катализатором и образования интермедиата происходит и при гетерогенном катализе, когда реакция проходит на металлических частицах или реакционных центрах, привязанных к твердым частицам. Наверное, самый важный каталитический промышленный процесс в мире — тот, при котором на поверхности металлических частиц разрываются молекулы водорода и азота (H₂ и N₂) и получается полезный



2
 Реакция Стилле, в процессе которой образуется новая углерод-углеродная связь в сложных органических молекулах. Катализатор, содержащий палладий (1), облегчает связывание двух органических групп (от молекул 2 и 4), которые образуют новую молекулу 7. В процессе реакции получают два интермедиата 3 и 6



3
 Процесс Габера-Боша: получение аммиака NH_3 из водорода H_2 и атмосферного азота N_2 . Катализатор — химически модифицированная поверхность частиц железа. На ней водород и азот разрываются на индивидуальные атомы, а потом реагируют между собой, образуя промежуточные продукты NH и NH_2 . Потом они превращаются в аммиак, который отделяется от поверхности катализатора

аммиак NH_3 (рис. 3). Эта реакция связывания водорода и атмосферного азота называется процессом Габера — Боша. Половина многочисленных атомов азота в нашем организме видела изнутри заводы, на которых работают подобные технологические линии, и посещала мелкие частицы металла, катализирующие эту невероятно успешную реакцию.

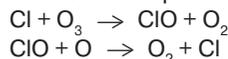
Интермедиатов полно и в нашем организме. Они образуются в многочисленных и очень эффективных биохимических реакциях, созданных эволюцией. Катализаторами работают ферменты, которые облегчают, например, отщепление аминокислот от съеденных нами белков. На каждой стадии активная сторона фермента связывает субстрат и временно образует интермедиат.

Невидимки

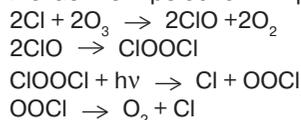
Одна из причин, по которым на интермедиаты не обращают пристального внимания, состоит в том, что они интермедиаты. Они легко разлагаются и не присутствуют в больших концентрациях. Они мимолетны. Нужно быть быстрым и ловким, чтобы мельком увидеть их, при этом ваш метод должен быть исключительно чувствительным. И чем лучше катализатор, тем меньше шансов у вас его поймать. Наоборот, если у вас есть долгоживущий интермедиат, то вряд ли вы работаете с хорошим катализатором.

Хватит рассуждений, нужен пример обнаружения интермедиатов. Не могу удержаться, чтобы не привести грандиозный пример: как хлорфторуглероды вызывают озоновые дыры. Процесс начинается с того, что инертные и безвредные хлорфторуглероды разлагаются в стратосфере под действием света, причем получается целый спектр хлорсодержащих

соединений: Cl_2 , HOCl , ClNO_2 . Эти вещества адсорбируются на кристаллах льда в полярных облаках, а затем распадаются под весенними солнечными лучами, легко высвобождая атомы хлора. Последние инициируют целый ряд каталитических цепей, в которых разлагается озон. Простейший возможный механизм этого разложения впервые предложили в 1970 году:



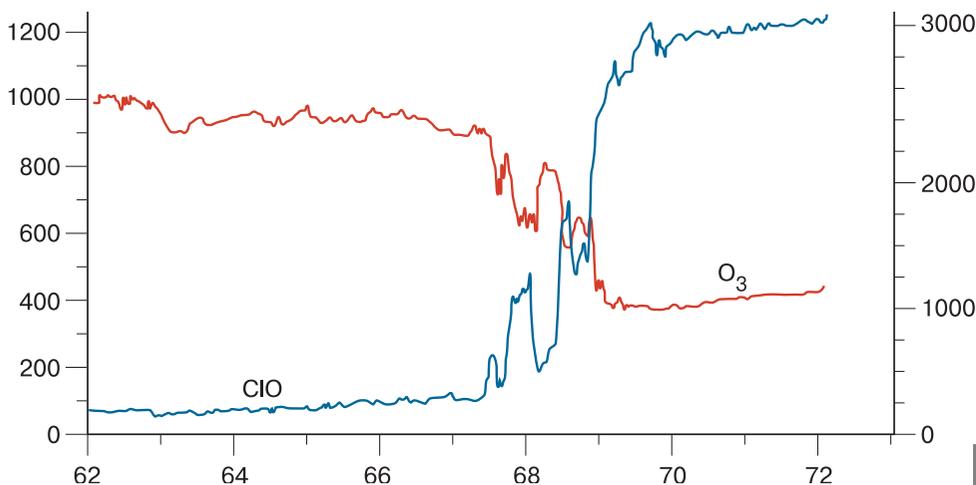
Общая реакция выглядит так: $\text{O}_3 + \text{O} \rightarrow 2\text{O}_2$. Но все не просто в этом мире (за исключением моментов, когда мы слушаем политическую рекламу), непрост и этот механизм. Последовательность указанных выше реакций требует атомов кислорода, которых, как выяснилось, не хватает в стратосфере Антарктики. Реальный ход событий сложнее и включает четыре основных реакции:



Суммарная реакция: $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$ ($h\nu$ — это квант солнечного света).

В обоих механизмах атомы Cl — катализаторы, а ClO — интермедиат. Как и в реакции Стилле, второй механизм имеет несколько промежуточных продуктов, и к ним в том числе относятся ClOOCl и OOCl .

Интермедиат ClO очень активен, его невозможно снять с полки в баночке. В 1980-х годах было создано специальное спектроскопическое оборудование для обнаружения малых количеств ClO в полярной атмосфере. В 1987 году его поместили на борт самолета, который из Пунта-Аренас на юге Чили полетел на большой высоте к Южному полюсу, в озоновую дыру. Самолет был оснащен также зондом для озона. Экспериментальный график (рис. 4) показал со всей очевидностью, что концентрация озона падает именно там, где концентрация ClO растет. Единицы измерения ClO (частей на триллион объема) позволяют оценить уровень сложности эксперимента.



4

Подтверждение механизма образования озоновых дыр. В 1980-х годах специальными сенсорами измерили концентрацию ClO (единицы — частей на триллион) на разных широтах, и оказалось, что она активно растет именно там, где падает концентрация озона O₃ (единицы — частей на миллиард). Моноксид хлора — промежуточный продукт взаимодействия хлора с озоном

Охарактеризовать интермедиат очень трудно, я думаю, это гораздо тяжелее, чем найти катализатор. Когда я, как химик-теоретик, просматриваю химическую литературу, то вижу следующее: механизмы реакций, где невозможно обнаружить интермедиаты, легко записать, но чертовски трудно определить точно. Вообще для определения механизма нужна большая экспериментальная изобретательность в оценке данных скоростей реакций, анализе изотопных эффектов и прямом обнаружении промежуточных продуктов. Это верно и для некаталитических процессов. Отмечу, что лишь единичные реакции протекают одним махом, а абсолютное большинство их проходит через сложные последовательности с изобилием короткоживущих интермедиатов.

Как написал Льюис Кэрролл в своей поэме «Охота на Снарка»:

*И со свечкой искали они, и с умом,
С упованьем и крепкой дубиной,
Понижением акций грозили притом
И пленяли улыбкой невинной.*

Открыть новую реакцию или найти катализатор гораздо легче, чем разобраться с ее механизмом. Часто мы выбираем легкий путь.

Мифы и деньги

На самом деле катализаторы больше притягивают наше воображение не из-за нашей лени. Я вижу несколько причин, по которым они интереснее, чем промежуточные продукты реакции.

Волшебство. В работе катализатора есть что-то особенное, даже мифологическое. Часто они содержат драгоценные металлы, и при этом сначала исчезают, а потом возвращаются. Вспомните о возрождении феникса из пепла, о пребывании Персефоны в Аду и ее возвращениях, реинкарнации и воскрешении. Чтобы перейти от алхимической концепции катализа в XIX веке к тем механизмам, которые мы знаем сегодня, понадобилось некоторое время. Тем не менее какое-то благоговение остается. Катализатор — волшебная субстанция и не теряет своей магии, даже если мы знаем, как она работает. Как с этим может конкурировать обычный промежуточный продукт? Он не воскресает, а просто исчезает. Обнаружение интермедиата, каким бы гениальным оно ни было, дает в лучшем случае чувство удовлетворения от распутанной детективной истории.

Прибыль. Чудо-катализатор (как и алхимия в предыдущие века) обещает богатство. Если с его помощью удастся заставить идти еще не покоренные реакции (те, которые обеспечивают производство рыночных продуктов) или если новый способ синтеза будет более эффективным, чем существующий, то катализатор очень ценен. Вот почему эти соединения защищают патентами, как важную интеллектуальную собственность. Правда, у меня есть ощущение, что не каждый важный катализатор запатентован. В случае специальных реакций зачастую бывает проще сохранять непатентованную коммерческую тайну, пусть даже и с риском, что ее украдут или конкурент обнаружит катализатор самостоятельно и запатентует. Поиск интермедиата откладывают на потом, после того как запатентуют найденный катализатор. На самом деле при желании можно было бы запатентовать и сам промежуточный продукт.

Служение человечеству. Тот факт, что половина атомов азота в нашем организме видела изнутри завод, на котором реализуется технология Габера — Боша, не только свидетельствует о том, что участвующие в этом компании получают прибыль. Это также доказывает, что сегодня живет в два раза больше людей, чем могло бы, если бы не было таких заводов по производству аммиака и удобрений из них. Катализ кормит мир.

Мы обычно думаем о катализаторах хорошо, поскольку они дают нам важные и нужные вещества (удобрения и прочие). Но природа не заботится о наших ценностях. В природных и искусственных процессах катализаторы ускоряют и нежелательные реакции (разложение озона, порча мяса).

Привилегированность интермедиатов

Интеллектуальной бонус от поимки промежуточного продукта — он сразу же дает вам точный механизм реакции. Если же вы нашли только катализатор, то он не дает механизма. Он только стимулирует вас придумывать альтернативные пути, по которым катализатор мог бы связываться с реагентом.

В последнее время найдены новые способы поиска катализаторов — оказалось, что это можно сделать, отталкиваясь от промежуточных продуктов. Один из подходов — разработка нового дизайна ферментов: выберите реакцию, которую вы хотите запустить, слепите активный центр (он вместе с субстратом будет образовывать интермедиат) и добавьте необходимые белки. Другой подход — направленная эволюция. В этом случае синтезируют библиотеку потенциальных катализаторов (не только ферментов) и тестируют их на способность ускорять реакцию. Оценить их активность можно по скорости исчезновения интермедиатов, а это способна обеспечить масс-спектрометрия. В несколько итераций отбирают наиболее эффективные. Каждый из новых подходов (а их много,

поскольку катализ активно развивается) заслуживает внимания. Позволю себе привести два более старых примера.

Интермедиат найден первым. Трудно повернуть время вспять в такой динамичной области, как молекулярная биология. Но в середине 1950-х годов рибосомы только начинали исследовать, а детали синтеза белка были неизвестны. В ключевом эксперименте биохимики Махлон Хогленд и Пол Заменик обнаружили промежуточные продукты реакции, участвующие в синтезе белков, — аминоксил-аденилаты, которые получаются при активации аминокислот в реакции с аденозинтрифосфатом (АТФ). Не прошло и года после открытия, как многочисленные исследовательские группы начали описывать ферменты (то есть катализаторы), участвующие в этой реакции.

Те же ферменты оказались катализатором второй реакции — присоединения активированной аминокислоты к транспортной РНК (тРНК). Последняя перемещает аминокислотные остатки к рибосоме, где они присоединяются к растущей цепи аминокислот при синтезе белка. Фермент, о котором идет речь, сейчас хорошо известен как аминоксил-т-РНК синтетеза. Его обнаружили, поскольку соответствующие интермедиаты активации аминокислот нашли первыми. Между тем интермедиат аминоксил-аденилат настолько неустойчив и так легко присоединяется к тРНК, что его трудно выделить в присутствии последней.

Интермедиат, который стал катализатором. Как и все реальные истории, открытие Карлом Циглером катализатора полимеризации этилена прошло не очень гладко. Циглер и

его коллеги изучали реакцию алюмогидрида лития (LiAlH_4) с этиленом. Из этилена в процессе реакции получается более длинная цепь углеводородов (от четырех до 12 атомов). От LiAlH_4 реагент перемещается к гидриду алюминия (AlH_3), который также катализирует реакцию. Но потом Циглер обнаружил, что промежуточный продукт, триэтилалюминий $\text{Al}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$, даже лучше катализирует полимеризацию этилена. По-прежнему для проведения реакции было нужно давление, поэтому ситуацию исправили с помощью хлорида титана (TiCl_4). Сегодня детали этой реакции по-прежнему остаются тайной, но мир без полиэтилена представить трудно.

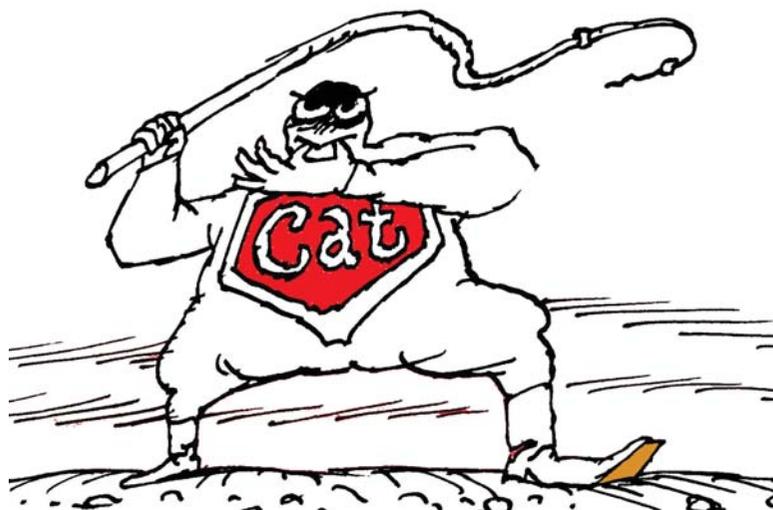
Вернемся к метафоре и использованию химических терминов для обозначения социальных изменений. Я бы сказал, что реальные изменения — это не результат действия одного каталитического вещества или яркого политического лидера. Изменения (отношение всего народа к сохранению электроэнергии, отказ от расовых или гендерных стереотипов и многие другие перемены) будут происходить через действия множества отдельных мелких лиц. В каком-то смысле их всех можно назвать интермедиатами.

Может быть, я слишком преувеличил роль и значение интермедиатов. На самом деле реалии таковы: поиск катализаторов дает нам возможность синтезировать нужные вещества (и потенциально получить прибыль), а поиск интермедиатов дает нам механизм. Но мне как теоретику важнее понимать, чем действовать.

Интермедиат Криге

А.А.Вакулка,
Институт Йозефа Стефана,
Словения

В последнее время весь мир бурно обсуждает открытие бозона Хиггса, существование которого необходимо для Стандартной модели. Между тем в январе 2012 года журнал «Science» опубликовал статью, посвященную еще одной чрезвычайно интересной нестабильной частице, уже не элементарной, — интермедиату Криге. И с ней также связаны сенсации. Например, после этой публикации интернет-издания начали писать, что Землю ждет глобальное похолодание именно из-за этого неустойчивого интермедиата. Кстати, его существование, так же как и бозона Хиггса, предсказали теоретически — это сделал еще в 1949 году немецкий химик Рудольф Криге. Сегодня эту частицу наконец «поймали», осталось оценить, насколько велико ее влияние на температуру атмосферы Земли.

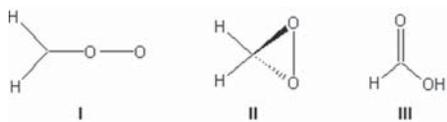


Intermedius в переводе с латинского означает «промежуточный». В химии интермедиатом называют промежуточное соединение, которое образуется при взаимодействии исходных веществ и очень быстро вступает в следующую реакцию (разложения, взаимодействия с другим интермедиатом, стенкой сосуда или молекулой), образуя конечные продукты.

Простейшая реакция горения водорода записывается так: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$. Можно представить, что две молекулы водорода реагируют с одной молекулой кислорода, образуя две молекулы воды. Однако на самом деле для этого должны были бы встретиться в одной точке две молекулы водорода с одной молекулой кислорода, а это крайне маловероятно. К тому же нет никакой гарантии, что, встретившись

в одном месте, все молекулы будут иметь достаточную энергию для того, чтобы прореагировать. Это значит, что горение водорода происходит не в одну стадию, как записано в уравнении, а через множество промежуточных реакций, в результате чего интермедиаты превращаются в конечный продукт — воду. Кстати, горение водорода — единственная детально изученная цепная реакция горения, для которой известны все параметры. Горение углеводородов исследовано намного хуже. Процесс, о котором пойдет речь дальше, также протекает с участием интермедиатов.

В первой половине XX века Рудольф Криге изучал взаимодействие отдельных органических соединений (этилена C_2H_4 и ацетилена C_2H_2) с озоном O_3 . В 1949 году он предложил механизм



Молекулы простейшего интермедиата Криге (I), диоксирана (II) и муравьиной кислоты (III). Последний изомер (муравьиная кислота) имеет такой же состав, как интермедиат Криге, но другие свойства

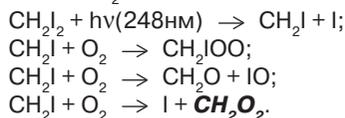
этой реакции (ее называют озонлиз): через формирование интермедиата вида $R_1(R_2)\text{-C-O-O}$ (карбонилксид, или интермедиат Криге), где R_1 и R_2 — органические радикалы. Строго говоря, интермедиат Криге — это не одна молекула, а целое семейство молекул похожего строения, обязательно содержащее группу (-C-O-O). Примечательно, что в то время озонлиз служил методикой исследования структуры органических соединений, поскольку продукты этой реакции строго соответствуют строению ненасыщенной молекулы, которая взаимодействовала с озоном.

В простейшем случае, когда с озоном реагирует этилен C_2H_4 , на первой стадии реакции образуется комплекс этилена с озоном — озонид $\text{C}_2\text{H}_4(\text{O}_3)$. Это малоустойчивая молекула (также интермедиат), распад которой дает формальдегид $\text{H}_2\text{C=O}$ и интермедиат Криге (в данном случае $\text{H}_2\text{C-O-O}$). Интермедиат Криге настолько активен, что не может существовать в неизменном виде и долей секунды. Именно высокая реакционная способность не дает возможности наблюдать его с помощью обычных инструментальных методов. Основными конечными продуктами всего этого множества реакций будут формальдегид $\text{H}_2\text{C=O}$ и муравьиная кислота HCOOH , то есть этилен расщепляется озоном по двойной связи на две части.

Универсальность и ценность гипотезы Криге в том, что реакция озонлиза любого непредельного углеводорода протекает через образование интермедиата, носящего его имя. В свое время Криге не мог экспериментально доказать существование предсказанной им частицы — чтобы ее поймать, понадобилось 63 года.

Как ни странно, интермедиат Криге обнаружили не в реакции озонлиза. В 2012 году группа британских и американских ученых исследовала реакцию метилениодида CH_2I_2 с кислородом O_2 . (Реакцию проводили под давлением 4 мм рт. ст. в избытке кислорода, смесь облучали светом с длиной волны 248 нм.) Продукты взаимодействия анализировали с помощью масс-спектрометрии. Под действием света образовался атомарный иод (I) и очень активный радикал CH_2I , который

и инициировал реакцию с кислородом. В результате были получены спектры простейшего из интермедиатов Криге, а именно $\text{H}_2\text{C-O-O}$.



Примечательно, что простейший интермедиат Криге имеет еще два изомера и все они были обнаружены в реакционной смеси.

Авторы исследования также определили константы реакций интермедиата Криге с водой и монооксидом азота NO , поскольку именно от этих реакций зависит влияние интермедиата Криге на климатические процессы.

Интермедиат Криге — очень сильный окислитель. Например, его взаимодействие с оксидами азота дает радикал NO_3 . По расчетам концентрация последнего при этом может вырасти примерно на 20% по сравнению с моделью, когда окислителем в атмосфере работает только гидроксильный радикал OH . Кроме того, интермедиат Криге активно окисляет диоксид серы SO_2 , концентрация которого в атмосфере городов доходит до $1,0 \text{ мг/м}^3$, а также уксусную кислоту CH_3COOH и муравьиную кислоту HCOOH (при нормальных условиях это жидкости, а при низких давлениях они существуют в виде газа или аэрозоля). Классическая модель учитывает окисление этих кислот только гидроксильным радикалом OH .

Возникают два закономерных вопроса. Окисляет — и что дальше, при чем тут похолодание? И откуда, собственно, в атмосфере интермедиаты Криге?

Дело в том, что продукты окисления образуют аэрозоли, которые частично поглощают солнечный свет, и соответственно меньшее его количество доходит до поверхности земли. Таким образом, окислительные процессы в атмосфере с участием OH и интермедиата Криге приводят к результатам, противоположным парниковому эффекту. Более того, если эти процессы будут очень активными, то они смогут не только уравновесить парниковый эффект, но и так сильно понизить температуру, что наступит новый ледниковый период. Оценить правдоподобность такого предсказания непросто. Данные об окислительной силе получены только для самого первого интермедиата гомологического ряда, а более тяжелые частицы еще не изучены.

Откуда вообще берутся эти интермедиаты Криге в атмосфере? Промышленные выбросы содержат непредельные углеводороды, которые реагируют с озоном. С одной стороны, вред ли в атмосфере очень много непредель-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ной органики, а с другой — поскольку ученые утверждают, что интермедиаты образуются быстро и они чрезвычайно активны, — может быть, для значимого эффекта их много и не надо? Вот, например, промышленный гигант Китая стоит на первом месте по выбросам в атмосферу углекислого газа, оксидов серы, аэрозольобразующих компонентов (угольная пыль и органика) и много-много другого. На фоне общего повышения среднегодовой температуры на планете в 2001—2011 годах на северо-востоке Китая и окраинах Шанхая уже было отмечено понижение температуры в среднем на 0,2 градуса. Может, в этом виноват интермедиат Криге?

Есть еще много неизвестных. Прежде всего не закрыт вопрос об изменении температуры на Земле — возможно, это периодическое явление, никак не связанное с концентрацией парниковых газов. Также пока не ясны точные значения параметров реакций интермедиата с диоксидом серы и гидроксидом. Между тем похоже, что интермедиат Криге не только усиливает действие гидроксильного радикала OH , но и влияет на его концентрацию. Так, зимой, когда эффективность тропосферного синтеза гидроксила OH сильно падает (поскольку это фотохимическая реакция), его концентрация в черте больших городов почти не меняется. Опять же самый простой и логичный вывод: на это влияют выбросы и образующийся из них интермедиат Криге.

И все же известие об оледенении, вызванном интермедиатом Криге, было несколько преждевременным. Может быть, его действие как-то проявится на локальном уровне в пределах промышленных центров и крупных городов, но в общепланетарном масштабе, скорее всего, его вклад будет почти незаметен. Одно можно сказать с уверенностью: химия атмосферы — гораздо более сложный процесс, чем мы думаем. И она нам преподнесет еще немало сюрпризов.

Статья подготовлена в том числе по материалам «Science», vol. 335, 2012, 204—207

Антимикробные пептиды

Кандидат
физико-математических наук
Леонид Гуревич,
Ольборгский университет (Дания)

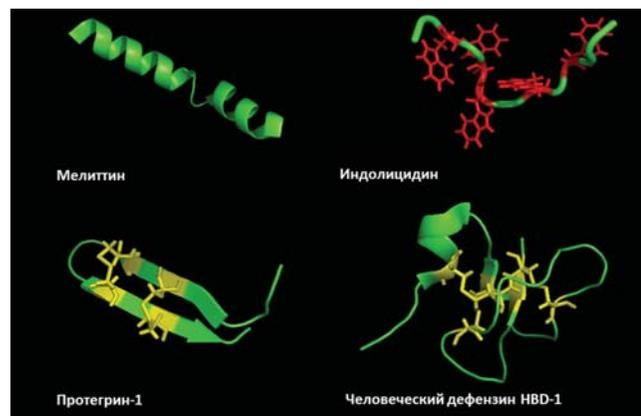
В последние годы все больше патогенных микроорганизмов стали устойчивыми к действию антибиотиков (см. «Химия и жизнь», 2011, № 7). Такие супербактерии называются multi-resistant bacteria (в англоязычной среде говорят еще superbugs), или резистентными. Проблема в том, что если в результате мутаций какая-то бактерия не погибла при применении антибиотика и приобрела устойчивость, то она может не только передать это свойство потомкам, но и поделиться им с соседями по популяции с помощью маленьких кусочков ДНК, выделенных в окружающую среду, — плазмид. Особенно серьезно дело обстоит в больницах, где применяют много разных антибиотиков, — там популяции бактерий накапливают перекрестную устойчивость. Кстати, именно поэтому, если вам амбулаторно назначили антибиотики, обязательно надо принимать выписанную дозу с первого дня. Дополнительный вклад в проблему резистентности вносит и массовое применение антибиотиков при выращивании скота и птицы (вот почему во многих странах для использования в сельском хозяйстве разрешены только «старые» антибиотики, уже не употребляемые в медицине).

Устойчивость к антибиотикам — естественный и неизбежный процесс адаптации микроорганизмов к окружающей среде, поэтому разумное применение антибиотиков может только замедлить этот процесс, но не остановить. Фармацевты все время активно работают над новыми семействами препаратов, но, к сожалению, часто они оказываются все более и более токсичными для человека. Новый подход к проблеме — использование созданных самой природой и отшлифованных миллионами лет эволюции антимикробных пептидов (АМП).

Где их найти

Первые АМП обнаружили достаточно давно. Так, низин, который активно используют в качестве антимикробного препарата для консервации продуктов питания (добавка E234), открыли еще в 1929 году в культуре молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis*. В 1942 году в культуре бактерии *Bacillus brevis* советские микробиологи Г.Ф.Гаузе и М.Г.Бражникова открыли один из наиболее важных антимикробных пептидов — грамицидин С (С — означает советский, а вовсе не латинское «С»). Его быстро запустили в массовое производство и широко использовали во время войны.

Однако настоящий бум интереса к антимикробным пептидам начался в начале 70-х годов прошлого столетия после прорывного открытия группы Ганса Бомана из Стокгольмского университета. Боман и его коллеги обнаружили, что если гусеницам шелкопряда *Hyalophora cecropia* ввести вначале нетоксичный штамм бактерии *Enterobacter cloacae*, а через несколько дней токсичный штамм, то гусеницы выживают даже в том случае, если токсичные бактерии были введены в больших дозах. Оказалось, что, хотя насекомые в отличие от позвоночных не обладают адаптивной иммунной системой, в ответ на бактериальную атаку их организм может синтезировать короткие пептиды, обладающие сильным антибактериальным



1
Структура антимикробных пептидов может варьировать в широких пределах. От неупорядоченного индолицидина, состоящего всего из 13 аминокислот, до дефензина человека, содержащего 36 аминокислотных остатков и стабилизированного тремя дисульфидными связями

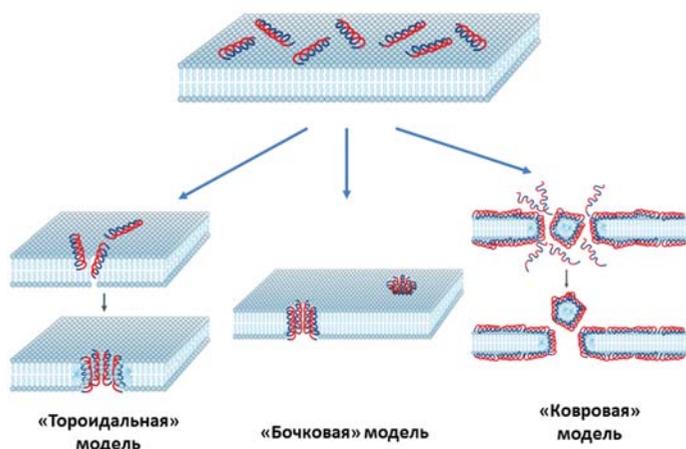
действием и в то же время нетоксичные для самого организма. Эти антимикробные пептиды назвали цекропинами в честь гусениц, в которых их обнаружили. Позже группа Бомана нашла подобные соединения и в других беспозвоночных.

Следующей вехой стало обнаружение Майклом Заслоффом антимикробных пептидов магаицинов на коже лягушек. Вскоре стало очевидно, что АМП — это часть защитной системы всех живых существ, от архей до высших позвоночных.

У позвоночных антимикробные пептиды относятся к эволюционно более древней, неспецифичной (врожденной) части иммунной системы. В их задачу входит уничтожение чужеродных организмов, как только они попали на кожу или слизистую оболочку, еще до того как иммунная система идентифицирует угрозу и создаст соответствующие антитела (на это обычно уходит 3—4 дня). Соответственно АМП находятся в основном там, где организм чаще всего сталкивается с «внешней угрозой»: на кожных покровах, слизистых, в полости рта, кишечнике, а также внутри фагоцитов — клеток иммунной системы, которые поглощают бактерии и другие чужеродные частицы, уже попавшие внутрь организма.

Сегодня доказано, что АМП активны не только против широкого спектра микроорганизмов (включая грамположительные и грамотрицательные бактерии), но в некоторых случаях также против вирусов, грибов и даже раковых клеток. Известно уже около 2000 антимикробных пептидов, выделенных, например, из слизи кожи земноводных, яда пчел и ос, тканей растений, насекомых и животных или синтезированных искусственно (обширную базу данных по АМП можно найти на сайте <http://aps.unmc.edu/AP>). Человек в этом смысле не исключение, и АМП, относящиеся к семействам альфа- и бета-дефензинов, кателицидинов и гистатинов, обнаружили и в нашем организме. Они защищают нас от инфекций, а их недостаток или неправильная работа вызывают серьезные последствия. В частности, недостаток альфа-дефензинов в кишечнике может приводить к болезни Крона, болезнь Костмана и связанные с ней частые инфекции ротовой полости, включая периодонтит, связывают с недостатком кателицидина LL-37, а от недостатка бета-дефензинов и LL-37 при atopическом дерматите зависит повышенная восприимчивость к кожным инфекциям.

Структура АМП достаточно разнообразна (рис. 1), их размер может варьировать от 6 до 59 аминокислотных остатков, они бывают как анионными (отрицательно заряженными), так и катионными (положительно заряженными), имеют структуры альфа-спирали, бета-листов или не имеют упорядоченной структуры. Известны также и различные классы «циклических» АМП, где концы пептидной цепочки соединены между собой и образуют кольцо. АМП могут быть непосредственно закодированы в генах организма или образовываться при разрушении



2
Механизмы разрушения клеточных мембран под воздействием АМП

больших белков (например, антимикробный и антираковый АМП лактоферрицин образуется при разрушении молочного белка лактоферрина).

Свой и чужой

Как АМП распознают, кто свой и кто чужой в организме? На этот вопрос исчерпывающего ответа пока нет, однако про то, как они распознают бактерии и грибки, известно довольно много. Большинство АМП — это катионные пептиды, они несут положительный заряд и соответственно притягиваются к отрицательно заряженным оболочкам бактерий и грибов. Избирательность действия основана главным образом на этом эффекте, поскольку внешние оболочки клеток растений и животных, как правило, нейтральны. Кроме того, важную роль играют трансмембранный потенциал, а также разница в составе оболочек (тип и процентное соотношение фосфолипидов), приводящая к различию в жесткости и плотности клеточной мембраны.

Механизмы действия антимикробных пептидов — самые разнообразные. Например, катионные пептиды, имеющие спиральную структуру, действуют примерно так. Изначально они притягиваются к отрицательно заряженной внешней оболочке бактерий. В случае грамположительных бактерий пептид легко проходит через внешний слой пептидогликанов и достигает цитоплазматической внутренней мембраны. В грамотрицательных бактериях цитоплазматическая мембрана защищена дополнительной внешней мембраной (что делает их более устойчивыми к антибиотикам), поэтому предполагают, то пептид замещает катионы на внешней мембране и связывается с липополисахаридами, после чего мембрана деформируется, и АМП получает возможность попасть вовнутрь. Достигнув цитоплазматической мембраны, пептиды начинают накапливаться на ее поверхности. Альфа-спиральная структура АМП организована таким образом, что одна сторона спирали состоит преимущественно из полярных аминокислот, а другая сторона — из неполярных (гидрофобных). Благодаря этому все пептиды будут лежать на мембране на одном боку, причем сверху окажется полярный бок, а снизу — утопленный в мембрану, гидрофобный. После того, как будет достигнута некая критическая концентрация АМП на поверхности мембраны, механическое напряжение в мембране может оказаться столь сильным, что бактерия фактически разрушится на отдельные мицеллы. Это так называемый ковровый механизм действия.

Проникать внутрь вражеской клетки пептиды могут не сплошным фронтом, а «точечно». Так, большой трансмембранный потенциал может способствовать внедрению пептида в мембрану и образованию бочкообразных пор, внутренняя

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

поверхность которых состоит из полярных аминокислот АМП, или «тороидальных» пор, где внутренняя поверхность сформирована АМП и гидрофильными группами фосфолипидов мембраны (рис. 2). Впрочем, «бочковый» механизм довольно редок, поскольку накладывает серьезные ограничения на размер и свойства пептида (по этому механизму разрушает мембрану, например, аламецитин).

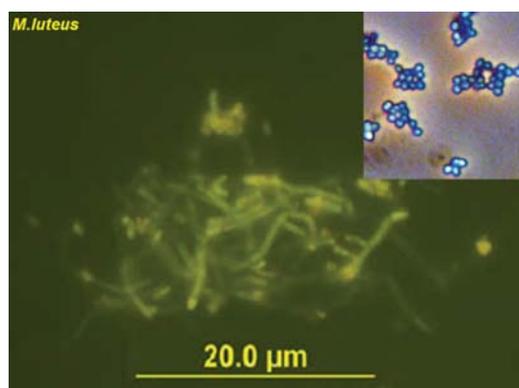
Многие антимикробные пептиды (индолицидин, обнаруженный в фагоцитах коров, низин и гистатины, упоминавшиеся ранее) могут проникать внутрь клетки, вообще не разрушая ее оболочку. Как показали исследования, проведенные, в частности, в нашей лаборатории в Ольборгском университете, индолицидин разупорядочивает мембраны и делает клетки менее стабильными. Так, под его воздействием бактерии *Micrococcus luteus*, обычно идеально сферические, превращаются в длинных червячков (рис. 3). Бактерии не только становятся более восприимчивыми к механическим воздействиям, но и теряют способность нормально делиться: индолицидин нарушает нормальный процесс репликации ДНК, необходимый для размножения клеток, а также синтез РНК и белков. Для этого индолицин связывается с ДНК (рис. 4) и покрывает ее плотным слоем, препятствуя доступу ферментов, необходимых для считывания и репликации генетической информации. Те антимикробные пептиды, которые действуют, не нарушая мембрану, выбирают себе разные объекты атаки внутри клетки. Например, уже упоминавшийся низин нарушает синтез клеточных стенок, а гистатины вызывают утечку аденозинтрифосфата и ионов калия из клеток.

Поскольку действуют антимикробные пептиды по-разному, бактериям довольно сложно выработать устойчивость к ним. В отличие от антибиотиков, которые, как правило, атакуют определенный рецептор или фермент, пептиды атакуют всю клеточную оболочку, а затем целый ряд внутриклеточных структур. Чтобы стать устойчивыми, бактериям требуется или изменить состав мембраны, или синтезировать разрушающую пептид протеазу. Первое требует коренных изменений в метаболизме, которые или просто невозможны, или потребуют таких затрат со стороны бактерии, что она станет уязвимой к малым дозам даже тех антибиотиков, к которым была ранее устойчива. Второй путь (синтез протеазы) также проблематичен, поскольку бактерия, как правило, подвергается атаке сразу несколькими видами АМП.

Обратная сторона медали заключается в том, что многие пептиды убивают не только бактерии, но и некоторые клетки организма и, в частности, разрушают клетки крови (этот процесс называется гемолизом). Поэтому до настоящего времени препараты, содержащие антимикробные пептиды, предназначаются в основном для наружного применения.

Прямая атака на клеточные мембраны полезна и в борьбе с раковыми заболеваниями. Оказалось, что часть антимикробных пептидов, в частности цекропины и магаинины, активны не только против бактерий, но и против раковых клеток и в то же время существенно менее токсичны по отношению к здоровым клеткам организма. Предполагают, что поскольку мембраны раковых клеток содержат небольшое количество





3
Под действием АМП индолицидина обычно идеально сферическая (как показано на вставке) бактерия *M.luteus* теряет способность нормально делиться превращаясь в подобие дождевого червя

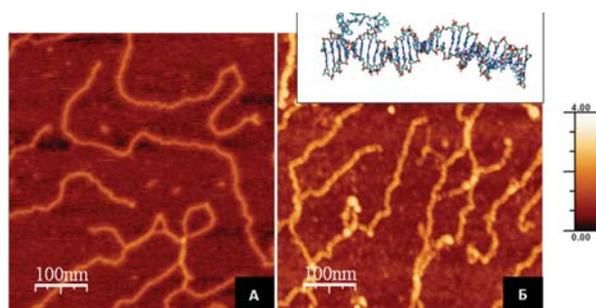
отрицательно заряженных фосфолипидов (3—9%), то механизм узнавания также связан с этим, как и в случае бактерий. Дополнительно может влиять большая поверхность клеточных мембран — там много микроворсинок, — а также более отрицательный трансмембранный потенциал. Интересно, что те антимикробные пептиды, которые разрушают мембраны по ковровому механизму, умеют селективно распознавать раковые клетки, в то время как пептиды, атакующие мембраны по бочковому механизму, этого не умеют — они не видят, где здоровая, а где больная клетка.

Проникнув внутрь раковой клетки, антимикробные пептиды разрушают оболочки митохондрий, инициируя тем самым апоптоз, то есть самоликвидацию клетки. Есть данные, что пептиды могут также вызывать апоптоз, воздействуя на рецепторы клеточной гибели. Кроме того, АМП могут действовать и с другой стороны, усиливая активность иммунной системы по отношению к раковым клеткам. Интересно, что, как и в случае с бактериями, раковые клетки практически не в состоянии выработать устойчивость к пептидам, поэтому совместное применение АМП с традиционными препаратами химиотерапии (например, цисплатином и доксирубицином) существенно повышает эффективность лечения.

Некоторые известные пептиды, в частности дефензины, обладают противовирусным действием. Так, было доказано,

Таблица 1
Основные антимикробные пептиды, используемые в клинической практике

Препарат	Активность	Способ применения
Полимиксин	Активен против грамотрицательных бактерий, в особенности <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Разрушает мембрану грамотрицательных бактерий, предположительно, используя «ковровый» механизм. Неактивен против грамположительных организмов	Применяют наружно, а также внутривенно или в виде ингаляции в случаях антибиотикорезистентных инфекций
Грамицидин	Активен против грамположительных бактерий. Встраивается в мембрану, образуя поры, селективные для моновалентных катионов	Применяют для лечения глазных инфекций и инфекций носоглотки. Только наружно из-за сильного гемолитического действия
Бацитрацин	Активен против грамположительных бактерий, в первую очередь стафилококков. Также активен против грамотрицательных бактерий. Блокирует работу ряда клеточных ферментов	Применяют в основном наружно для лечения глазных и кожных инфекций, а также в тяжелых случаях пневмонии у детей вызванных антибиотикорезистентными стафилококками
Капреомицин	Активен против широкого диапазона бактерий. Подавляет синтез белков, связываясь с рибосомами	Применяют внутримышечно при лечении антибиотикорезистентного туберкулеза в комбинации с другими антибиотиками
Актиномицин	Подавляет рост раковых клеток, связывая ДНК (тем самым подавляя транскрипцию и репликацию)	Применяют внутривенно как противораковое средство самостоятельно или в комбинации с другими средствами химиотерапии. Усиливает эффект радиотерапии, замедляя восстановления поврежденной ДНК.
Даптомицин (кубицин) одобрен к применению в 2003 году	Встраивается в клеточную мембрану, нарушает трансмембранный потенциал, приводя к гибели бактериальных клеток	Применяют внутривенно для лечения сложных инфекций кожи и мягких тканей, вызванных грамположительными бактериями



4
Взаимодействие молекул ДНК и АМП, увиденное с помощью атомно-слового микроскопа: А) бактериальная ДНК на поверхности слюды, Б) после обработки АМП индолицидином. Вертикальный масштаб одинаков для всех изображений. Вставка показывает компьютерную модель взаимодействия молекул ДНК и пептида

что альфа-дефензины человека способны дезактивировать вирус СПИДа и препятствовать его размножению в клетках. Бета-дефензины также играют важную роль в защите от ВИЧ. Интересно, что устойчивость некоторых видов приматов к ВИЧ-1 связана именно с присутствием в их организме циркулярного дефензина (тета-дефензина, также известного как ретроциклин), блокирующего проникновение ВИЧ-1 в клетки организма. Хотя организм человека содержит ген, кодирующий тета-дефензин, в результате мутации люди утратили способность его синтезировать. Пробуждение этого спящего гена рассматривают как одну из возможностей борьбы с ВИЧ-инфекцией.

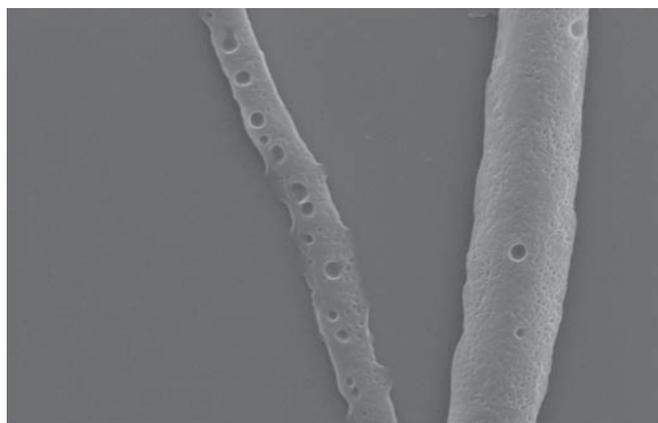
Потенциал антимикробных пептидов не исчерпывается непосредственным взаимодействием с патогенными организмами. Все больше данных указывает на то, что они играют роль мостика между адаптивной и врожденной иммунными системами и принимают активное участие в регуляции иммунного отклика организма (в частности, при заживлении ран, подавлении воспалительных реакций и т. д.).

Реалии и перспективы

Пептиды обладают крайне интересными свойствами и огромным потенциалом клинического использования. Однако на настоящий момент очень незначительное их число допущено к применению (табл. 1). Те же качества, что считаются их достоинствами, порождают и проблемы с использованием. Как любые естественные пептиды, они быстро деградируют под действием ферментов, расщепляющих белки (протеаз), и вы-

Таблица 2
Некоторые перспективные антимикробные пептиды
на стадии клинических испытаний

Название	Разработчик	Применение	Фаза клинических испытаний
Pexiganan acetate MSI78 (синтетический аналог магаинина)	MacroChem	Антибиотик для наружного применения	III
Omiganan MX-226/MBI-226 (синтетическая производная индолицидина)	Migenix/BioWest therapeutics	Антибиотик наружного применения, профилактика инфекционного заражения катетеров	III
Plectasin NZ2114 (дефензин лесного гриба Псевдоплектания черноватая)	Novozyme AS - Sanofi-Aventis	Больничные инфекции, вызванные антибиотико-резистентными бактериями	I
DPK-060	DermaGen AB	Атопический дерматит	III



5
Микрофотография пористых полимерных волокон,
предназначенных для постепенного выделения АМП

водятся из организма. Еще одна проблема: широкий спектр действия на бактерии означает повышенную токсичность по отношению к клеткам организма, в первую очередь клеткам крови, а также к полезным симбиотическим бактериям. Кроме того, синтез и очистка пептидов стоят довольно дорого, и это тоже сдерживает использование АМП.

Преодоление этих трудностей — важная задача, которую решают во многих лабораториях мира. Известно уже, что циклизация пептидов существенно увеличивает их стабильность по отношению к протеазам и воздействию окружающей среды, а создание гибридных молекул, содержащих различные функциональные фрагменты (например, активный кусочек, убивающий клетку, и молекулу, распознающую патогенные клетки), позволяет улучшить селективность АМП. Кроме того, оказалось, что можно увеличить время пребывания пептидов в организме, если их присоединить к альбумину, а стоимость уменьшить, используя в лекарственном препарате только минимально необходимый фрагмент пептида. Фундаментальная наука значительно продвинулась в этих направлениях, и это позволяет надеяться на скорое появление нового поколения антимикробных препаратов. Сегодня около двух десятков синтетических АМП находятся на разных стадиях клинических испытаний (табл. 2).

Надо отметить, что нетрадиционная медицина давно использует природные продукты, содержащие АМП. Например, личинки зеленой падальной мухи *Lucilia sericata* применяют для очистки незаживающих язв и тяжелых инфицированных ран (например, в Америке этот метод практикуют в 800 медицинских центрах, он так и называется «Maggot therapy»). Личинки мухи поедают некротизированные ткани, не трогая здоровые клетки, и выделяют в рану вещества, особенно эффективные против грампозитивных бактерий (в том числе против штаммов золотистого стафилококка, нечувствительных к антибиотикам). Структуру этого антимикробного пептида люцифензина, который выделяют личинки, недавно рас-

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

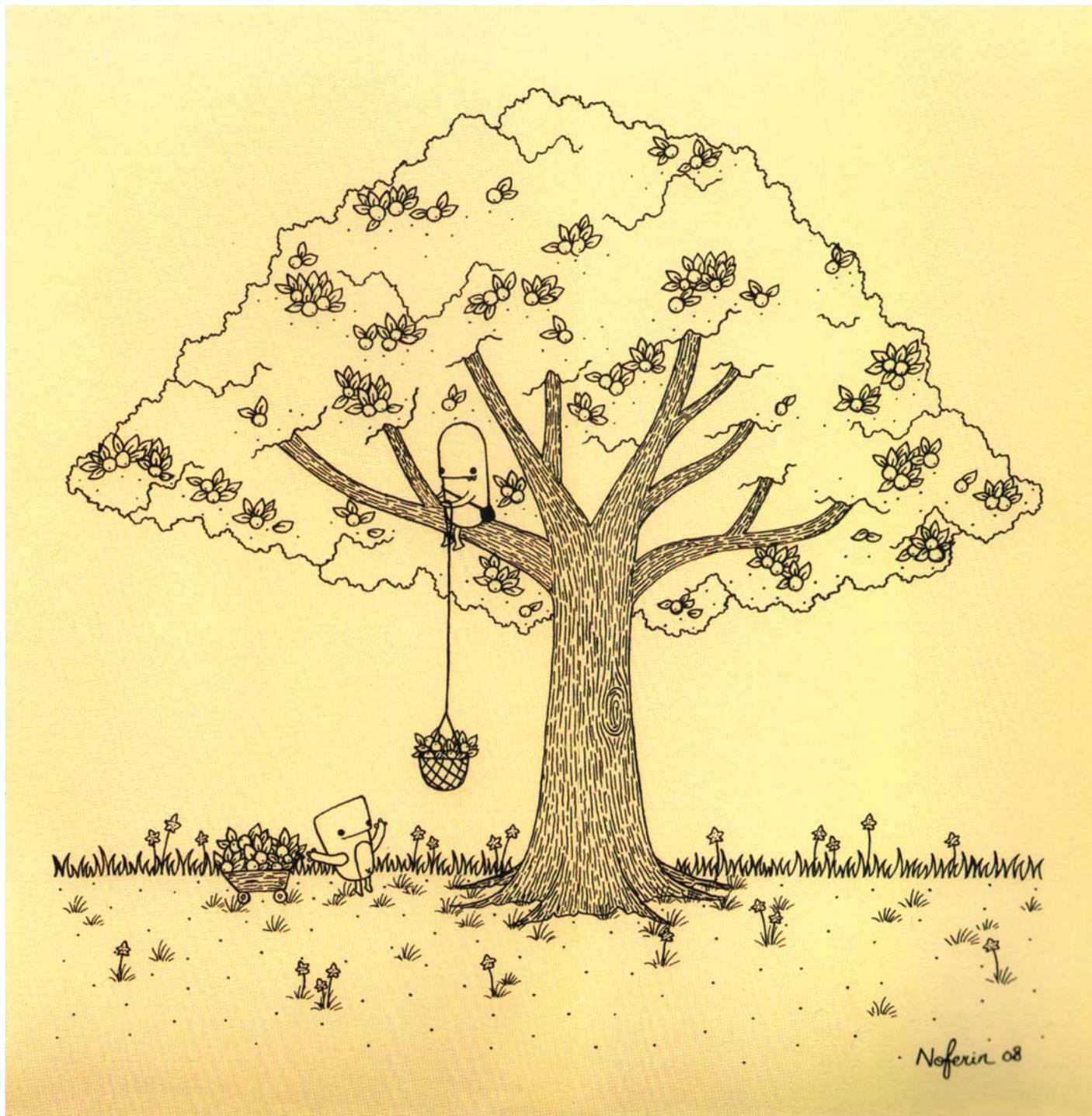
шифровала группа под руководством Райнхарда Виммера в Ольборгском университете. Она оказалась похожей на новый пептидный препарат плектазин, проходящий в настоящее время клинические испытания.

Еще одно возможное направление — использование антимикробных пептидов для создания бактерицидных или бактериостатических поверхностей. Было доказано, что АМП, прикрепленные к поверхности, не теряют своих антибактериальных свойств, а такие материалы в несколько раз замедляют бактериальную колонизацию. Так, мясо, завернутое в покрытую пептидами пленку, можно было хранить 21 день (при 4°C), а зубные импланты, покрытые гистатином, не вызвали воспаления и приживались быстрее. Поскольку пептиды с поверхности выделяются постепенно, то не возникает проблем, связанных с их токсичностью. Один из перспективных методов создания подобных бактерицидных покрытий, постепенно выделяющих пептиды, — это электроспиннинг пористых полимерных волокон, содержащих АМП (рис. 5). Полимерное волокно вытягивают из раствора под действием высокого электрического напряжения, при этом получается композитный материал, поры которого содержат пептиды, постепенно выходящие наружу.

Антимикробные пептиды созданы природой как первая линия обороны в нашем организме, ее эффективность проверена и отшлифована миллионами лет эволюции. Они обладают мощнейшим клиническим потенциалом, однако путь от исследовательских лабораторий до прилавков аптек оказался гораздо труднее, чем можно было предположить. До сих пор крайне небольшое количество АМП-препаратов одобрено для использования в медицине, причем пока в основном это лекарства для наружного применения. Как считают многие исследователи, природные АМП должны лишь стать отправной точкой для создания новых лекарственных средств. Так это или нет, покажет будущее. Однако если ожидания сбудутся, в арсенале врачей появятся менее токсичные для организма и в то же время более эффективные средства борьбы с тяжелыми бактериальными инфекциями, а также с вирусными и раковыми заболеваниями.

Литература

- M. Zasloff.** Antimicrobial peptides of multicellular organisms. «Nature», 2002, 415, 389.
- N.K. Brogden and K.A. Brogden.** Will new generations of modified antimicrobial peptides improve their potential as pharmaceuticals? «Int. J. Antimicrob. Agents», 2011, 38, 211.
- M. Zaiou.** Multifunctional antimicrobial peptides: therapeutic targets in several human diseases. «J. Mol. Med.», 2007, 85, 317.
- C.D. Fjell et al.** Designing antimicrobial peptides: form follows function. «Nature Rev. Drug Discovery», 2012, 11, 37.
- R. Wimmer et al.** The insect defensin lucifensin from *Lucilia sericata*. «J. Biomol NMR», 2012, 52, 277.



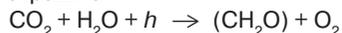
Дайте кислороду!

«Людей на планете все больше. Хватит ли на всех кислорода в атмосфере?» Этот вопрос, который задал мне школьник, не такой уж и бессмысленный, как может показаться на первый взгляд. Мы не задумываемся о простых, казалось бы, вещах. И вспоминаем о кислороде только тогда, когда становится нечем дышать. Но вопрос прозвучал, и давайте поищем на него ответ.

Для начала разберемся с балансом кислорода в атмосфере, с его приходом и расходом. Четыре года назад это исследование выполнил доктор химических наук Альфа Иванович Михайлов (Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка) с коллегами. Его результаты были опубликованы в журнале «Химия высоких энергий» (2008, том 42, № 4). И вот какая складывается картина.

Из школьного курса химии мы знаем, что атмосфера Земли содержит 23% кислорода по массе (около 21% — по объему). А если в килограммах и литрах, то $1,5 \cdot 10^{18}$ кг ($1,5 \cdot 10^6$ гигатонн), или $8,4 \cdot 10^{20}$ литров. Много. Этот запас Земля накопила со времени так называемого Великого окисления атмосферы, которое случилось 2,4 миллиарда лет назад. И кислород продолжает поступать в атмосферу, поддерживая сложившееся за тысячелетия равновесие.

Откуда берется кислород? Основные его поставщики — это фитосфера суши и океан. Растения, произрастающие на Земле, каждый год производят около 155 Гт кислорода (основной вклад вносят леса). Спасибо фотосинтезу, с помощью которого клетки растений, используя углекислый газ, воду и солнечный свет, производят не только необходимые для себя органические вещества, но и живительный кислород как побочный продукт. Процесс этот сложный, многостадийный, но упрощенное обобщающее уравнение выглядит не так уж и страшно:



Флора, обитающая в океане, тоже вносит свой вклад — океан производит еще 80 Гт кислорода в год. Итого на круг — 235 Гт O_2 каждый год.

На что расходуется атмосферный кислород? Если вы думаете, что в основном на дыхание животных и людей, то заблуждаетесь. Львиная доля этого газа уходит на биохимические процессы разложения и гниения готового органического вещества, чем усердно занимаются бактерии и грибы. На суше на эти нужды требуется 130 Гт, в океане — 78 Гт. Из оставшихся 27 Гт на дыхание животных и человека расходуется 5 Гт, а остальные 22 Гт — это то, что человечество может использовать на свои промышленные нужды, в основном — чтобы сжигать природное топливо и бензин, использовать кислород для металлургии, сварки, химических производств, на сжигание мусора и т.п.

И вот здесь действительно кроется проблема. А.И.Михайлов вместе с коллегами подсчитали, что сегодня на техногенные нужды мы тратим заметно больше — около 30 Гт. Иными словами, баланс получается дефицитным, в минусе почти 10 Гт кислорода. Мы уже запустили руку в запас, который природой не был для нас предназначен, и если так пойдет дальше, то сможем нарушить равновесие в атмосфере, складывавшееся тысячелетиями.

Почему так получилось? Ответ, в общем-то, очевиден и называется он «индустриализация» со всеми вытекающими последствиями. Мы добываем больше ископаемого топлива и больше его сжигаем, мы все больше (население-то растет!) производим всякой всячины, расходуя на эти промышленные процессы ценный газ. В промышленно развитых странах едва ли не каждый сидит за рулем собственного автомобиля, не говоря уже об общественном транспорте. А это — полноводные реки бензина, керосина и дизельного топлива, которые мы сжигаем ежесекундно.

Можно прикинуть, сколько кислорода расходуется на сжигание одного литра бензина (при условии 100%-ной эффективности). Будем считать, что бензин состоит только из углеводородов с формулой C_8H_{18} . На сжигание одного моля этого вещества требуется 12,5 моль кислорода. Если мы посчитаем массу этих веществ, а затем, используя плотность, перейдем к объемам, то получится, что на сжигание одного литра бензина уходит 1848 литров кислорода (400 граммов)!

А сколько это в год на все человечество? Мне удалось найти данные за 1997 год. Тогда эта величина составляла $1,7 \cdot 10^{15}$ л O_2 в год для всего мира. Очевидно, что сегодня она значительно выше.

Но грозит ли это всерьез человечеству? Чтобы сжечь весь кислород в атмосфере с помощью автомобилей, нам потребуется 500 тысяч лет. Казалось бы, о чем разговор? Это же невероятно долгий срок. Однако для того, чтобы мы не смогли дышать, не надо уничтожать весь кислород полностью. Достаточно уменьшить его содержание в атмосфере на несколько процентов. С одним процентом автомобили справятся всего за 24 тысячи лет. А ведь мы подсчитали только расход кислорода на сжигание бензина в автомобилях и не учли все прочие статьи расхода.

Кроме того, мы не приняли в расчет резкое сокращение источников кислорода на Земле. И здесь кроются большие



РЕСУРСЫ

проблемы. Мы все больше производим строительных материалов, бумаги, продуктов на основе целлюлозы, а для этого вырубам леса, забывая позаботиться о новых насаждениях.

России повезло с лесами. На нашей территории находится 21% всех мировых площадей, покрытых лесом, на Южную Америку — 22%, на Африку — 17%, Северную Америку — 16%, Азию — 12%, Австралию и Центральную Америку — 2%. Истинное природное богатство, которое бездумно расходуется, как и все, что имеет цену на Земле. «За время активной техногенной деятельности на планете человек вырубил около 4 млрд. гектаров леса (то есть лесопарк Земли сократился наполовину). В настоящее время хищническая рубка идет все возрастающими темпами. Всего, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, ежегодно вырубается около 11 млн. га леса (из них 6,5 млн. га — тропических). При этом восстанавливается лес только на 5% вырубки», — пишут авторы статьи.

Хотелось бы понять, каковы сценарии развития событий с учетом всех этих факторов. Но подобных прогностических исследований найти не удалось. Пока ясно одно: цивилизация наша варварская. Мы истребляем все, что подвернется под руку, ради наживы. И, возможно, Александр Беляев в своей научно-фантастической повести «Продавец воздуха» (1929) нарисовал вполне реалистичное будущее для человечества. Напомню, что герой романа, молодой метеоролог, направлен в Якутию, чтобы выяснить, почему в последнее время сильно изменились воздушные течения, как будто Верхоянский хребет притягивает и всасывает в себя воздух. Вопрос не праздный: изменение воздушных потоков уже привело к изменению климата. В результате герой находит огромный кратер, куда ураганный ветер действительно засасывает все, что подвернется, и выясняет, что причина этого аномального явления — секретная фабрика мистера Бэйли, устроенная внутри горного массива. Эта фабрика засасывает воздух, разделяет его на компоненты и сжигает кислород, водород и гелий, а затем жидкий кислород превращает в твердый, удобный для хранения.

Земля начинает терять атмосферу, в мире наступает катастрофическая нехватка воздуха. Для Бэйли это неожиданность, но она его несколько не волнует, даже напротив. Ведь теперь его твердый кислород становится отличным товаром. Хочешь дышать — плати. Заканчивается все хорошо: с помощью Красной Армии злодей обезврежен, точнее, от страха быть схваченным он сам убивает себя, проглатывая шарик твердого кислорода.

На самом деле, безнравственная экономика капитализма вполне допускает такое развитие событий. Того и гляди расплодятся во всем мире мистеры бэйли, которые будут выкачивать кислород из атмосферы, складировать и продавать. Отбою от покупателей не будет: дышать-то надо всем и каждую секунду. А в Москве уже сейчас воздуха не хватает.

Л.Викторова



Море вынесло на берег

Н.Л.Резник

Я ученый и требую доказательств, хотя, не будучи юристом, порой довольствуюсь косвенными свидетельствами.

Сьюзен Хилл. Смерть под маской

В мае 1990 года шторм выбросил на берег Двинского залива Белого моря несколько миллионов морских звезд. Это событие стало достоянием общественности и наделало много шума. Для его изучения создали несколько комиссий, которые славно поработали и дали официальное заключение, в целом неверное. О гибели морских звезд писали газеты, много, но чаще неправильно. Со временем страсти улеглись, о происшествии забыли. И вот совсем недавно, в конце 2011 года, вышла книга «Аномальный выброс морских звезд в Двинском заливе весной 1990 года». Ее составитель, сотрудник Беломорской биостанции Зоологического института РАН, доктор биологических наук Андрей Донатович Наумов, участвовал в исследовании аномального выброса и имел по этому поводу особое мнение. Собственно, не будь разногласий между специалистами, не было бы и этой книги. Она представляет собой хронологическую подборку газетных и журнальных статей, отчетов, протоколов и списков, официальных и неофициальных писем, телеграмм (фотографии документов прилагаются) — все, вплоть до записок на клочках бумаги, посвященных аномальному выбросу, в сопровождении комментариев составителя. Получился научно-публицистический детектив в документах, извлеченных из архива ББС ЗИН РАН. Подборка рассказывает о том, как одни участники этой истории выясняли, почему морские звезды оказались на берегу в таком количестве, а другие в это время искали виновных в столь бедственном положении беспозвоночных, превращая исследование в расследование.

Рецензент книги, заведующий кафедрой геоэкологии Государственной полярной академии В.В.Скворцов, отмечает, что автор нарисовал «яркую (и не всегда привлекательную) картину жизни нашего общества», и выражает уверенность в том, что книга будет востребована «профессиональными исследователями: не только гидробиологами или экологами, но и представителями других направлений науки — историками, социологами». Действительно, несмотря на название, эта книга не только о морских звездах, хотя и о них тоже.

«Они в нарядных башмачках выходят на песок»

Итак, в мае и начале июня 1990 года штормы выбросили на Летний (юго-западный) берег Двинского залива множество морских звезд *Asterias rubens*, а также значительное количество водорослей, крабов-пауков и мидий. Особенно впечатляла численность морских звезд — на двадцатикилометровой отрезке берега копошилось около 6 млн. иглокожих. На сушу они попали живыми и здоровыми настолько, что были еще в состоянии ползать, и погибли позже от обсыхания. Спрашивается, что с ними произошло?



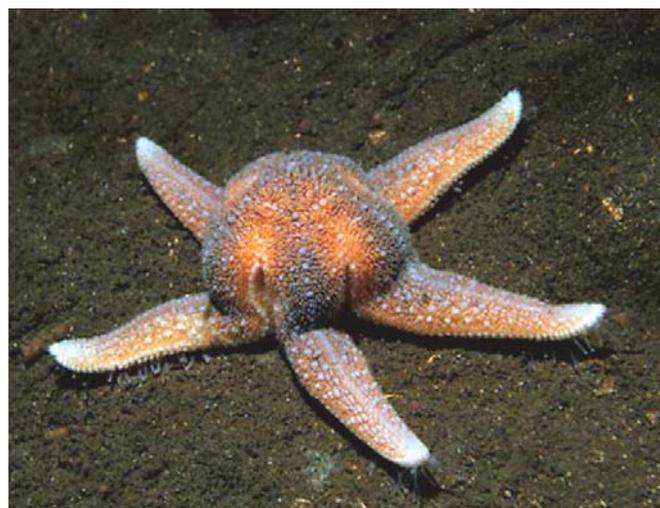
РАССЛЕДОВАНИЕ

Ученый, желающий разобраться в ситуации, должен прежде всего сформулировать гипотезу, называемую обычно нулевой. Она предлагает самое простое из возможных объяснений, и, если у исследователей после проверки нет оснований эту гипотезу отвергнуть, они считают, что их объяснение правильно. В случае аномального выброса морских животных на берег простейшее предположение заключается в том, что все в порядке, то есть мы имеем дело с естественным процессом. Трудно с этим согласиться, когда весь берег, насколько хватает глаз, усыпан морскими звездами, но, если подумать хорошенько, на катастрофу случившееся не похоже.

От шторма пострадал главным образом один вид — *A. rubens*, а это первый признак естественности процесса. В случае экологической катастрофы погибли бы многие виды, причем прямо в море, и на берег их бы выбросило уже мертвыми. А звезды были живы и здоровы. Оказалось, их просто оторвали от еды.

A. rubens питаются почти исключительно мидиями *Mytilus edulis*. Обнаружив моллюска, звезда охватывает его створки своими лучами и растягивает в разные стороны, пока те не раскроются. Тогда хищник выворачивает желудок и начинает переваривать мидию. От такой напасти моллюски защищаются, образуя плотные поселения — мидиевые банки. Там они прижаты друг к другу так тесно, что звезда просто не может обхватить отдельного моллюска, только иногда ей удается отколупнуть жертву с краешка. Банка обычно заселена мидиями одного возраста. Сначала они дружно растут, но, когда им приходит время умирать, плотное поселение становится более разреженным, следовательно, доступным для звезд, и тогда они толпой набрасываются на добычу, а доев всё, расползаются в поисках новых охотничьих угодий. У Летнего берега как раз находится обширная банка, и в 1990 году состарились и стали умирать мидии, живущие в самой верхней ее части, на глубинах 1,5—2 м. Естественно, все окрестные звезды устремились туда и оказались в зоне прилива, которой

Морская звезда поедает мидию. Доест и поползет к следующей



А.С. Наумов
 11.03.1991
 ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СССР

РАСПОРЯЖЕНИЕ

28 февраля 1991 г.

г. Москва

№ 10293-148

О составе комиссии ученых АН СССР по исследованию экологической обстановки Белого моря¹

В связи с тяжелой экологической обстановкой в экватории² Белого моря во исполнение поручения Совета Министров СССР от 24 декабря 1990 г. (Ш-50551) Академии наук СССР поручена работа по выявлению истинных причин этой локальной экологической катастрофы.

1. Для проведения дополнительных химических, физических и биологических исследований по определению вредных химических и радиоактивных загрязнителей, а также по выявлению причин гибели флоры и фауны Двинского залива Белого моря организовать комиссию ученых АН СССР по исследованию экологической обстановки Белого моря в следующем составе:³

[...]
 2. Заключение комиссии ученых АН СССР по исследованию экологической обстановки Белого моря представить к 1 июля 1991 г. мне для представления в Кабинет Министров СССР.⁴



ЗИН АН Д-пол. № 05
 12.03.1991г.

Распоряжение Президента АН СССР Г.И. Марчука.

Обстановки моря не бывает, это не комната. Возможна обстановка на море.

И слово «экватория» начинается с буквы «а». Но не будем строго судить машинистку, которая целый день колотит по клавишам, и академика, вынужденного ежедневно подписывать множество документов

обычно избегают. *A. rubens* живут на глубине от двух до восьми метров, и прибой их не беспокоит.

А тут еще совпало два досадных обстоятельства. В 1990 году лед в Двинском заливе сошел к началу мая, на две недели раньше срока открыв обитателей зоны прибоа действию волн и ветра. В это же время разыгрались сильные штормы, которых обычно в мае бывает не больше двух, а в 1990 году случилось целых семь. Они бушевали иногда по двое суток, высота волны достигала 2,5 м, а на мелководье — 3,5 м. Такой шторм срывает со дна и бросает на берег водоросли, крабов и прочих мелких обитателей прибрежной зоны.

Мидий смыть волной довольно сложно, они прочно прикреплены к камням шелковистыми нитями — биссусом. А у морской звезды только амбулакральные ножки — тонкие трубочки, наполненные жидкостью, с присосками на концах. Они удерживают морских звезд на камнях, но как раз в это время звезды ползали по песку между скоплениями мидий. На песке они не удержались, волны выбросили их на берег, а поскольку шторм был долгий, звезды не могли вернуться в море и засохли на берегу.

Как отмечает А.Д. Наумов, эта версия, выдвинутая в свое время им и его коллегой Владимиром Юрьевичем Буряковым, оказалась единственной, объясняющей концентрацию звезд в зоне прибоа и не имеющей противоречий. Из-за организационных и материальных проблем ученые не смогли в следующем году попасть на место происшествия в нужное время и собрать материалы для строгого подтверждения своей гипотезы, хотя в море у берега нашли и звезд, живых и здоровых, и свежие следы их пиршества.

Не думайте, что все оказалось так просто: пришли, увидели, расщелкали задачку. Нет, по счастливому стечению обстоятельств ученые в течение десяти лет наблюдали изменения размерной и возрастной структуры мидиевых банок и только поэтому достаточно быстро разобрались в ситуации. Серьезные научные проблемы нельзя решить быстро. Прочитую составителя: «Грош цена той науке, которая, исследуя сложнейшие явления, через два месяца

безапелляционно заявляет, что может дать исчерпывающий ответ. Если вы узнаете, что кто-то, едва глянув, сумел отличить антропогенное воздействие от естественного процесса, не верьте такому "ученому". Подобная удивительная быстрота исследования может свидетельствовать только о верхоглядстве». Это обстоятельство неплохо бы иметь в виду многим гражданам, недоумевающим, зачем нужна фундаментальная наука. В том числе и затем, чтобы быстрее искать ответы на внезапно возникающие насущные вопросы.

Но если речь идет о естественном процессе, то почему он так удивил и научное сообщество, и местных жителей? Почему никто не припомнит ничего подобного? У автора гипотезы есть целых три объяснения. Первое заключается в том, что вокруг великое безлюдье. Местных жителей в окрестностях практически нет, да и ученые в этом месте не показывались до 1981 года, так что помнить о давних событиях тут просто некому. Согласно второй версии, люди и не могли ничего запомнить, потому что все было слишком давно. Цикл развития поселения мидий занимает 7—8 лет, соответственно раз в семь лет банка привлекает морских звезд. Раз в 4—5 лет Двинский залив освобождается ото льда досрочно, в сезон весенних штормов, аномально ветреный май случается раз в 9—10 лет. По расчетам А.Д. Наумова, все три события одновременно происходят раз в 350—400 лет. (Тут исследователи ошиблись, следующий выброс морских звезд произошел в 2004 году, спустя 14 лет, но ажиотажа в прессе уже не вызвал.) И наконец, третье объяснение: местные жители все прекрасно помнят, только говорить не хотят, потому что опасаются запрета на рыбную ловлю. «Видя в членах различных комиссий важное начальство, жители поморских деревень на всякий случай предпочитают говорить, что ничего никогда не видели. (...) Мы, однако, ожидая, когда за нами придет с судна шлюпка, разговорились с местными жителями за бутылкой водки, причем держались как люди подневольные, которых послало начальство узнавать всякую ерунду. В результате нам рассказали, что выброс 1990 года был относительно небольшим, а вот в конце 40 — начале 50-х годов бывали гигантские выбросы и рассказчики в детстве любили играть с выброшенными на берег звездами».

Но все-таки странно, что аномальный выброс оказался закономерным явлением. Шутка ли — шесть миллионов звезд на берегу! Абсолютное число действительно большое, но в море на мидиевой банке звезд миллиарды. По подсчетам исследователей, погибло не более 10% местной популяции, не так уж это и много.

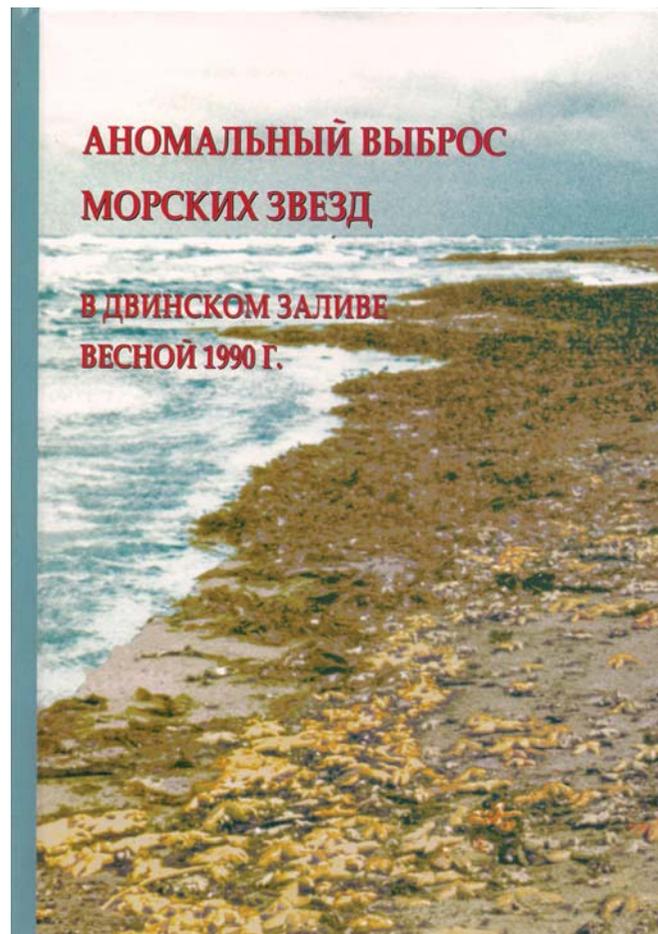
В поисках непролитого яда

К сожалению, в стране в то время не было экспертов по массовой гибели или по массовым выбросам морских животных, а специалистов по донным животным и гидрологии Белого моря почему-то пригласили не сразу. Поэтому большинство членов комиссий, изучавших ситуацию у Летнего берега в 1990 и 1991 годах, склонялось к мысли, что выброс звезд имеет антропогенные причины. Поначалу версий было несколько: весеннее распреснение воды Двинского залива, губительное для *A. rubens*; влияние промстоков предприятий городов Архангельска и Северодвинска; повышенная радиация; влияние компонентов ракетного топлива, слитого подлодкой в декабре 1989 года; поступление в залив отравляющих веществ, в частности иприта; возможный сброс каких-либо токсических веществ с иностранных судов. Эти версии тщательно проверили, но они не подтвердились.

Так, подозрение пало на подводную лодку, слившую в море 16 т ракетного топлива. Потом оказалось, что сливали не топливо, токсичные керосин и гидразин, а окислитель — азотную кислоту. Расчеты показали, что в том количестве и в том месте, где ее вылили, она не могла повлиять на фауну

АНОМАЛЬНЫЙ ВЫБРОС МОРСКИХ ЗВЕЗД

В ДВИНСКОМ ЗАЛИВЕ
ВЕСНОЙ 1990 Г.



Летнего берега. Керосин тоже попал в воду, но по другой причине: в апреле и июне 1990 года военные испытывали ракеты, которые не долетели до заданной точки и упали в море вместе с остатками топлива. Однако эти аварии не могли вызвать экологической катастрофы на Летнем берегу. В тканях выловленных из моря рыб нашли серу и решили, что животные отравлены ипритом. Повторные анализы показали, что иприта не было и нет, да и серы больше не находили. Источник загрязнения так и не нашли, неизвестно даже, откуда приплыла рыба, — сера могла попасть в ее организм где угодно. Ближайшие военные части не сбрасывали в море нефтепродукты, компоненты ракетного топлива и другие химические вещества. И вообще, воды Белого моря оказались довольно чистыми, промышленное загрязнение не могло отравить морских обитателей. А отравление без яда — все равно что убийство без трупа.

Кстати, о трупах. При химическом загрязнении, как уже говорилось, их должно быть много и разных: обязательно всплывет сверху брюхом рыба, дно будет усеяно мертвыми животными, отравятся морские птицы. Однако на дне и в море трупов не было.

Тем не менее и ученые, и журналисты искали и находили аргументы в пользу версии отравления. Любое мертвое или больное животное, найденное на берегу, немедленно причисляли к жертвам катастрофы. Неграмотные наблюдатели сочли приподнятые концы лучей здоровых звезд вывороченными, и на этом основании другие люди, звезд не выдавшие, предположили, что *A. rubens* отравлены каким-то токсином, действующим на мышцы. Сообщали о пойманной рыбе с язвами на теле — это оказались следы от присосок миноги или рачков-паразитов. От паразитов, голода, потери матери и других причин ежегодно погибает до 60% тюленяго молодняка. Летом 1990 года, как обычно, нашли несколько больных и мертвых детенышей и подняли панику: отравлены тюлени! Вскрытие детенышей нерп показало, что они умерли «в результате остановки деятельности сердца и прекращения



РАССЛЕДОВАНИЕ

дыхания вследствие паралича сосудодвигательного и дыхательного центра мозга». О причине, вызвавшей паралич, в заключении ни слова.

Пока шло разбирательство, власти запретили лов рыбы в Белом море и так напугали местных жителей, что они впервые этому запрету последовали. К сожалению, о его отмене оповестили не всех, и еще долго приезжих ученых и журналистов встречали вопросом, можно ли есть рыбу.

Посыпались признания. Звонили люди, рассказывали, как они в пятидесятые годы участвовали в захоронении химического оружия на дне Белого моря. Один из участников даже указал место захоронения, однако, следуя описанию, найти его невозможно. Вспомнили, что в марте 1990 года недалеко от Кандалакши разлили 270 тонн концентрированной серной кислоты. Это, безусловно, очень плохо, но кислота впиталась в землю и в море попасть не могла. Тем не менее эта версия всплыла спустя три года после аномального выброса, и ее обсуждали в прессе.

Несмотря на отсутствие мертвой рыбы, прекрасное самочувствие чаек и всего донного сообщества, включая самых уязвимых его членов — ракообразных и кольчатых червей; несмотря на то что не было ядовитых веществ, которые специфически действовали бы на звезд, и вообще *A. rubens* попали на берег живыми, заключение Межведомственной комиссии гласило: «Гибель морских звезд, некоторых беспозвоночных и тюленей... произошла в результате кратковременного воздействия токсического вещества (или веществ), содержащего сернистые соединения. Нет оснований считать, что затронута вся акватория Двинского залива, тем более всего Белого моря. В настоящее время в зоне происшедшей катастрофы изменений в структуре донных биоценозов не отмечено. (...) Природа и источник токсикантов не установлены».

И мудро было их установить. А.Д.Наумов приводит следующие расчеты. Летальная концентрация сернистых соединений составляет около 100 мг/л. Чтобы отравить воду у Летнего берега, а это примерно 0,2 км³, нужно разом высалить в море около 2000 т яда. Для его доставки требуется 667 трехтонных грузовиков, железнодорожный состав из 40 вагонов или крупное судно. Такой сброс не мог пройти незамеченным, его просто не было.

Охранники природы

Однако комиссия, негласно признавая справедливость версии о мидиях и звездах, все же остановилась на кратковременном воздействии токсических веществ. Похоже, другого объяснения общественное мнение просто не приняло бы, углядев в нем попытку замаять скандал и избавиться от ответственности высокопоставленных виновников. Особенно свирепствовал заместитель председателя Комитета по вопросам экологии и рационального использования природных ресурсов Верховного Совета СССР, член-корреспондент АН СССР Алексей Владимирович Яблоков. Ни в какие беломорские комиссии он не входил, с их членами не встречался, независимых исследований не проводил, однако уверял, что

Белое море загрязнено тяжелыми металлами, отравляющими веществами и неизвестно чем еще, что все это сбрасывают в воду военно-морские базы и не признаются. Взрывчатые вещества, захороненные в известных районах Белого моря, народный депутат почему-то назвал отравляющими веществами. По его мнению, «здесь произошло НЕЧТО ИЗ РЯДА ВОН ВЫХОДЯЩЕЕ. Что именно — никто не может ответить наверняка до сих пор».

Именно Алексей Владимирович обратил особое внимание на заметку, опубликованную в 1990 году в газете «Волна». Заведующая 1-м гинекологическим отделением архангельского роддома им. Самойловой В.И.Меньшикова сообщила, что в Приморском крае участились случаи уродств плода. Ей вторила врач-генетик Н.Н.Куковерова: «У нас нет ни диагностической аппаратуры, нет даже статистики, оперируя которой мы бы смогли доказать факт всплеска уродств плодов. Нет сомнения, то, что произошло в Белом море, не могло не иметь последствий для здоровья людей».

Картина получается ошеломляющая: абсолютная уверенность на фоне полного отсутствия доказательств и невозможности их получить. Тем не менее изложенные в статье факты проверили, и оказалось, что медицинская статистика все-таки есть и выводы она сделать позволяет. Директор филиала Института физиологии УрО АН СССР, доктор медицинских наук Анатолий Владимирович Ткачев официально сообщил, что здоровье населения неуклонно ухудшается во всем Приморском районе, ухудшение связано с нарастающей бедностью, алкоголизмом, загрязнением окружающей среды, ухудшением генофонда и некоторыми другими причинами. Четкой зависимости между этой многолетней тенденцией и событиями 1990 года на Белом море ученый не увидел.

Огромную роль в обсуждении аномального выброса сыграла пресса. Были журналисты объективные и добросовестные, а были и такие, для которых важнее казалась не истина, а номер воинской части, виновной в отравлении Белого моря. Скандал для толпы интереснее, чем серьезное научное исследование. Современные журналисты тоже мастера на лету зажарить факт и возбудить читателя. Они написали бы: «Страшная/вся правда о гибели морских звезд. Ученые в шоке/ужасе». Двадцать лет назад заголовки были поскромнее: «Почему гаснут звезды», «Черные воды Белого моря», «А тайна остается». Лично мне больше всего понравилась статья «Открылась бездна, звезд полна», опубликованная 8 июня 1991 года в «Комсомольской правде». Ее авторы, специальные корреспонденты газеты, спустя год после обсуждаемых событий отправились на берег Белого моря выяснить, что же произошло *на самом деле*. Сначала они приехали в Неноксу, где расположен ракетный полигон. «Ненокса медленно сбегала к озеру сразу всеми своими домами, оставив на холме место для двух деревянных церквей с колокольной. Ненокса светилась свежим тесом только что выстроенных домов. И Ненокса, наконец, была поразительно спокойна. Разве что высились рядом прожекторные мачты неизвестного назначения, оказавшиеся впоследствии непременным атрибутом ракетного полигона». Но ни загрязняющих веществ, ни луж ракетного топлива корреспонденты на полигоне не обнаружили. Командир части и местные жители ни в чем предосудительном не признались. «Немногим больше удалось выяснить в другом поселке — Пертоминске. Председатель поссовета рассказал, что в прошлом году семь мужчин здесь умерли от рака, не дожив до пенсии, что на горизонте нередко всплывают подводные лодки и что год назад на берег выбросился кит, которого пытались буксиром оттащить в море, а когда это не удалось — съели, несмотря на все запреты из области. В Пертоминском сельпо за 14 рублей можно купить настоящее американское «Мальборо». Тротуары тут сосновые, узкие, увидел встречного — остановись, пропусти, а то и поздоровайся, ходишь по ним с удовольствием». Очевидно,

экологическая обстановка на Белом море каким-то образом зависит от ширины пертоминских тротуаров и ассортимента местного сельпо. «Официальным, хоть какой-нибудь властью облеченным экологом, конечно, выгоднее доказать, что во всем виноваты мидии. Мидии — дуры, с них взятки гладки. А нам надо искать настоящих экологов — пусть даже и "чокнутых", — только у них могут быть зацепки». Занятно, что самым облеченным властью экологом был в то время как раз народный депутат А.В.Яблоков, вдохновивший на поездку спецкоров «Комсомолки».

А о том, что пишут «чокнутые» журналисты, можно судить по заметке Виктора Филиппова «Даже звезды умирают по приказу военных», опубликованной в газете «Известия» от 16 февраля 1995 года. «В поселке Катунино на дороге возле котельной найден документ, проливающий свет на тайну массовой гибели морских звезд, крабов и тюленей, которая повторяется в Белом море едва ли не каждое лето. (...) Документ со штампом войсковой части номер 1966, найденный на днях в поселке Катунино, — это копия секретного приказа главкома военно-морского флота, согласно которому с 1975 года военные сбрасывают в море вещества, содержащие тетраэтилсвинец, креозол, сероуглерод, дихлорбензол и еще более 170 ядовитых для людей и животных компонентов. Неудивительно, что очумевшие от такого "коктейля" морские звезды миллионами выбрасываются на берега Белого моря». Господин Филиппов уже писал о морских звездах в 1990 году, и тогда он обозвал их моллюсками. А пять лет спустя аномальный выброс иглокожих превратился у Филиппова в ежегодную гибель звезд, крабов и тюленей. Комментируя эту заметку, составитель книги отмечает, что на берегах Белого моря поселка Катунино нет, а воинские части имеют пятизначные номера. И вообще, товарищи военные, кто же так хранит секретные документы!

Впрочем, неумная активность А.В.Яблокова, который вопреки всем доказательствам требовал отыскать в Белом море загрязняющие вещества, принесла свои плоды. Виновных тогда не нашли, зато по инициативе депутата была создана Межведомственная комиссия по выявлению антропогенных воздействий на Белое море и их последствий. Благодаря ее работе чуть ли не впервые провели комплексное обследование загрязнения значительной части Белого моря. Оно показало, что Белое море пока чище Балтийского или Черного, но потихоньку становится все грязнее. Сброс отходов в Северную Двину превышает нормативы, часты аварии на подводных лодках, реки забивает гниющей древесиной. Стало очевидно, что Белому морю необходима постоянно действующая служба экологического контроля. Осознать проблему — это уже большое дело. Как знать, если бы комиссия приняла заключение о естественной гибели морских звезд, все успокоились бы на этой версии и не стали проводить дополнительных исследований.

А о том, как их проводили, читать невесело. Отсутствие специалистов, финансирования, необходимого оборудования и даже горючего. Пробы из Архангельска приходится посылать аж в Ростов-на-Дону. Несогласованность планов исследования, желание досрочно отрапортовать в ущерб научной достоверности. И огромное количество отчетов и прочих бумаг, благодаря которым и получилась эта книга.

В заключение процитируем Андрея Донатовича Наумова: «Море всегда выбрасывало, выбрасывает и будет выбрасывать тех морских животных, которые в нем живут. И если этих животных будет много, то оно их много и выбросит. Я хочу, чтобы все, кто этого еще не понял, осознали бы: выбросы морских звезд в Белом море прекратятся только тогда, когда умрет последняя звезда».





Московский Дом Книги

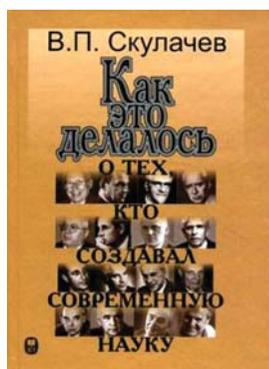
СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

В.П. Скулачев

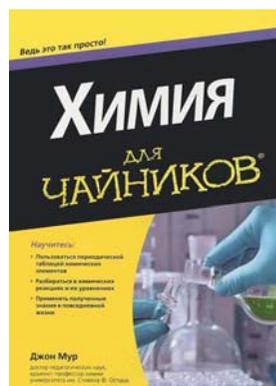
Как это делалось. О тех, кто создавал современную науку
Издательство МГУ, М., 2010



Книга рассказывает о первопроходцах в области биохимии и биоэнергетики. Своими воспоминаниями об учителях, учениках и коллегах делится академик Владимир Петрович Скулачев, предложивший имя «биоэнергетика» для нового раздела биологии (ничего общего с эзотерикой настоящая биоэнергетика не имеет).

Джон Мур

Химия для чайников
Издательство «Диалектика», К., 2012



Этой книгой можно пользоваться как справочным руководством. Представленный в ней материал не рассчитан на углубленное изучение предмета, цель автора — помочь понять суть некоторых химических процессов, которые обычно изучают в старших классах средней школы или в университете. В первой части рассматриваются основные понятия химии.

Вацлав Смил

Глобальные катастрофы и тренды: Следующие 50 лет
М., АСТ-Пресс Книга, 2012



Извержения вулканов, вирусные пандемии, терроризм, глобальное потепление, истощение природных ресурсов, локальные войны, перераспределение ролей между основными игроками на международной арене — США и Китаем, Европой и Россией, мусульманским миром — вот важнейшие факторы, способные повлиять на наше будущее в ближайшие 50 лет. Вацлав Смил, ученый с мировым именем, не делает в своей книге прогнозов. Он анализирует многолетние тренды, и это, по мнению автора, даст человечеству возможность оценить риски и своевременно принять меры, чтобы свести их к минимуму.

Олег Рашидов

Сколково: принуждение к чуду
Манн, Иванов и Фербер, М., 2012



Что такое Сколково на самом деле? Кто и зачем придумал русскую Кремниевую долину? Как возник и с чего начинался этот амбициозный политический стартап, который по замыслу первых лиц государства должен до неузнаваемости изменить страну? Какое будущее ждет город будущего? В книге вы найдете множество захватывающих историй из жизни русских ученых, изобретателей и бизнесменов-патриотов. Автор не только ищет ответы на непростые вопросы, он и сам их задает.

Е.В. Бутырская

Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и Gauss View
Солон-Пресс, М., 2011



Монография Е.В.Бутырской — первое руководство в отечественной литературе по работе с программными комплексами Gaussian и Gaussview. Рассмотрены теоретические основы методов квантовой химии. Кратко описаны неэмпирические и полуэмпирические методы решения электронного уравнения Шредингера, системы базисных функций, методы расчета термодинамических свойств системы, модели сольватации, теория ядерного магнитного резонанса, методы молекулярной механики и молекулярной динамики. Приведено множество примеров расчета структуры и свойств молекул, а также анализ полученных результатов с использованием указанных программ.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91
Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru

Роборыба, или За кого вы меня принимаете?

...Взор его упал на электрическую рыбку, что плавала в серебряной клетке у трона, лицо его прояснилось, понравилось ему это маленькое созданище.

Станислав Лем.
Советники короля Гидропса

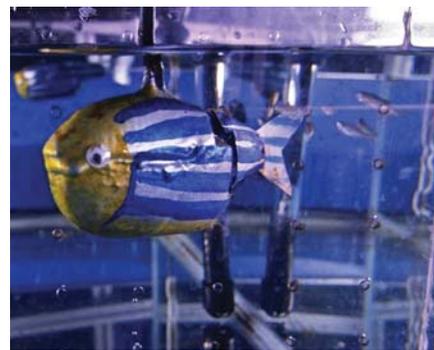
Это только кажется, что роботы не имеют ничего общего с живыми существами. На самом деле инженеры используют в их конструкциях идеи, почерпнутые в природе. Существует даже наука бионика, девиз которой — «Живые прототипы — ключ к новой технике». (В англоязычной и переводной литературе чаще употребляют термин «биомиметика».) Принцип эхолокации, например, позаимствовали у летучей мыши, однако приборы, его использующие, внешне этих животных не напоминают, да и не должны. И все же с недавних пор ученые движутся, так сказать, в обратном направлении, из лаборатории в природу — пытаются создать робота, имитирующего живое существо в естественной среде обитания. Чего только не сделаешь с помощью зверообразных механизмов для охраны и исследования животных! Но лишь при условии, что животные, завидев устройство, примут его за своего, а не обратятся в бегство или, чего доброго, попытаются повредить ценный механизм. Так что специалисты вынуждены постигать законы привлекательности роботов, и для некоторых подобные исследования — настоящий праздник.

Сотрудники Политехнического института Нью-Йоркского университета под руководством Маурисио Порфири при участии коллег из римского Института здравоохранения сделали робота, напоминающего рыбку *Danio rerio*, и посмотрели, как на него среагируют живые данио. Результаты наблюдений они опубликовали в журнале «Bioinspiration & biomimetics» 2012, 7, doi: 10.1088/1748-3182/7/3/036019. Судя по всему, работали ученые с наслаждением.

Об особенностях данио как объекта исследования «Химия и жизнь» писала в № 6 за 2003 год. Подобно большинству лабораторных животных, эти рыбки маленькие, неприхотливые и плодовитые. А также, что особенно важно в экспериментах профессора Порфири и его коллег, данио живут стайками и всегда тянутся к себе подобным. Исследователей интересовало, что будет, если поместить к ним в аквариум даниообразного робота: примут ли они его за собрата по виду?

В опытах участвовали *D. rerio* в возрасте от шести до восьми месяцев, уже взрослые, но еще молодые. Длина их тела составляет примерно 3 см, самка чуть-чуть крупнее самца. Робота, сотворенного нью-йоркскими инженерами, никак нельзя назвать точной копией данио хотя бы потому, что он в пять раз крупнее прототипа — 15 см в длину, 4,8 см в высоту и 2,6 см в ширину. Однако исследователи постарались, чтобы изделие округловатой форм напоминало взрослую плодовитую самку — объект, одинаково привлекательный для данио обоего пола. Твердый пластиковый водонепроницаемый корпус роборыбки покрыли серебристой краской, на которую нанесли широкие синие полосы. Голову и брюшко покрасили в ярко-желтый цвет. Известно, что у данио именно ширина полос и желтизна привлекают партнера. Глаза для пушечной достоверности сделали с мелкими детальками. Но главный хит робота — подвижный хвост. Сам он твердый, а хвостовой плавник гибкий. Благодаря встроенному моторчику хвост движется вправо-влево, а хвостовой плавник при этом колеблется. Исследователи добились, чтобы движения устройства выглядели достоверно, и соответственно подобрали параметры его колебаний: частота 2,3 Гц и амплитуда 3 см. Размах движений хвоста, таким образом, составил 20% от длины тела, что сравнимо с соответствующим показателем живых рыбок (10—15%).

Эксперименты проходили по классической схеме «Выбери одно из двух». Для них соорудили аквариум, разделенный прозрачными плексигласовыми

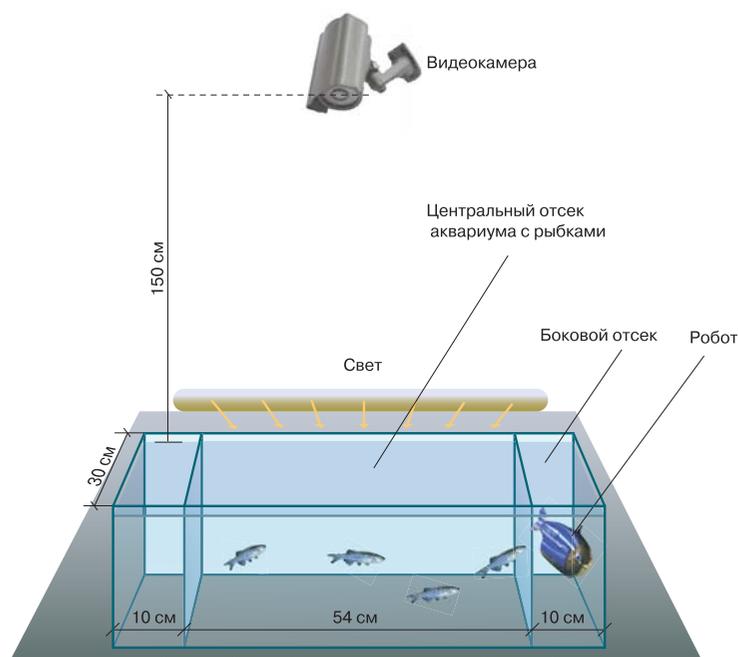


Робот и живая рыбка данио.
Сможете ли вы их различить? Данио смогли

перфорированными перегородками на три отсека: большой центральный и два боковых поменьше. Вода сквозь отверстия в перегородках проходила свободно, а рыбки — нет. В центральный отсек водворяли одинокую рыбку или стайку из четырех данио, а в боковых, в зависимости от поставленной задачи, помещали одну рыбку, десять рыбок или робота, или же отсек оставался пустым. В центральном отсеке достаточно места, чтобы плыть куда вздумается и держаться подальше от того, что не нравится. Если данио интересуют соседи за стенкой, они поплывут к боковому отсеку или отодвинутся к противоположному концу, если что-то их напугает. Рыбок оставляли в экспериментальном аквариуме на четверть часа, причем десять минут были им даны на привыкание к обстановке, а в течение следующих пяти минут их поведение записывали на видеокамеру и анализировали.

Прежде всего исследователи убедились, что у данио в аквариуме нет любимого угла. Если оба боковых отсека пусты, рыбка или стайка в центральной зоне плавают, не тяготея к торцевым стенкам. Затем ученые подтвердили, что *D. rerio* действительно стремятся в компанию себе подобных. Если один из боковых отсеков пуст, а в другом плавают рыбка, и одиночные данио, и небольшие стайки проводят у отсека с рыжкой в три раза больше времени, чем у пустого. Когда с одного боку одна рыбка, а с другого — десять, данио дружно выбирают группу.

Робот тоже привлекает данио, но в меньшей степени, чем живой объект. Механизм прикрепляли под углом 45°

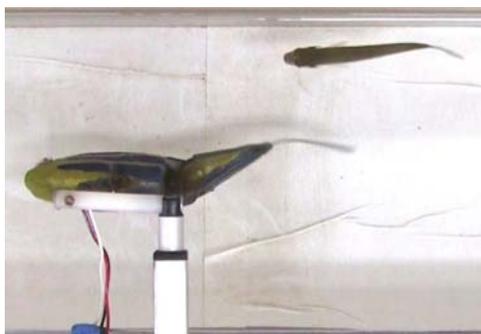


В таком аквариуме проходили эксперименты. В центральной его части плавали рыбки, а исследователи наблюдали за их реакцией на происходящее в боковых отсеках

к длинной стенке аквариума, хвостом к центру, и данио любовались движениями его хвостового плавника. Одиночная рыбка проводила у отсека с роботом в два раза больше времени, чем у пустого, стайка — в полтора. Если перегородки убрать, то данио поплывут к роботу и будут держаться рядом. Но если в одном отсеке робот, а во втором живая рыбка, то для данио она, безусловно, предпочтительнее механизма.

Исследователи попытались понять, что именно в роборыбе интересует данио. Хотя устройство сделали максимально похожим на самку *D. rerio*, очевидно, что рыбы отличают его от собрата по виду. Может быть, их привлекает новизна? Но к незнакомой обстановке данио привыкают за пять-шесть минут, а в эксперименте они интересуются роботом и спустя десять минут. Тем более что каждая рыбка неоднократно видела это изделие и эффекта новизны быть не должно. Не исключено, что данио проверяют, не хищник ли их диковинный сосед. Но проверка много времени не

Данио нравится механическая рыба



занимает, а данио проявляют к роборыбе длительный и стойкий интерес.

А вдруг рыбок привлекают производимые роботом шумы, например шлепанье хвоста и жужжание моторчика? Звук довольно ощутимый, частотой 2—5 кГц, и рыбкам в центральном отсеке его отчетливо слышно, ученые проверяли. Но и эта версия не подтвердилась. Если поместить *D. rerio* в полной темноте в аквариум с работающим роботом, они поплывут в сторону, противоположную источнику шума. На присутствие же в темном аквариуме второй рыбки данио не реагируют. Очевидно, их привлекают зрительные стимулы, а не запахи или химические сигналы, поступающие через отверстия в перегородках.

Несомненный секрет привлекательности электромеханической рыбы — подвижный хвост. На робота с выключенным мотором данио обращают гораздо меньше внимания, чем на устройство, взмахивающее плавником. Ради этого зрелища они игнорируют даже неприятный шум, производимый моторчиком. Другими словами, уровень интереса рыбок к роботу зависит от взаимодействия нескольких факторов, как привлекающих, так и отталкивающих. Может быть, если удастся создать бесшумный механизм, роборыбы станут приятнее для данио. Бесшумные подводные устройства у Маурисио Порфири есть, но они недостаточно надежны, поэтому в эксперименте их не использовали.

Возможно, данио не верят в подлинность робота, потому что он на них не реагирует? Живые данио в боковых отсеках не пассивны, они стремятся объединиться с рыбками в центре, а робот — нет. Чтобы проверить роль ответной реакции, исследователи установили в аквариуме перегородки



4 Маурисио Порфири на показательных испытаниях роборыбы



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

из стекла, пропускающего свет в одном направлении. Рыбки в центральном отсеке видели, что творится у них по бокам, но сами оставались незримыми для соседей, тыркались в стенку, а ответной реакции, естественно, не добились. Но и абсолютно безразличные собратья по виду оказались для данио гораздо предпочтительнее робота. Следовательно, поведение соседей за стеклом тут ни при чем.

В заключение ученые отметили, что хотя *D. rerio*, в стайке и поодиночке, предпочитают иметь дело с живыми рыбками, на робота они тоже реагируют, причем примерно так же, как на собрата по виду, точнее, сестру, поскольку механизм делали похожим на самку. Конечно, группе Маурисио Порфири еще есть над чем работать, это лишь первая ступень на пути создания робота, имитирующего живое существо в естественной среде обитания, но даже такой вариант годится для исследования некоторых особенностей физиологии и поведения данио. Ученые отмечают, что более совершенные устройства, способные вызвать определенную поведенческую реакцию животных, можно было бы использовать для защиты исчезающих видов, контроля численности вредителей или для того, чтобы увести животных из опасного района. Но я смотрю на фотографию уважаемого профессора в окружении детей, увлеченно пускающего в ванночке механических рыбок. Может быть, и данио их любят? Чтобы проверить это, хорошо бы сравнить реакцию рыбок на разных роботов, отличающихся формой и окраской.

Н.Анина

Художник В. Камаев



Эволюция греха и добродетели



КНИГИ

Е. Котина

Вышла в свет новая книга Эдварда Уилсона. (О его дискуссиях с Ричардом Докинзом по поводу того, реален ли групповой отбор, см. «Химию и жизнь», 2008, № 5.) Эдвард Уилсон — теоретик и натуралист, «отец социобиологии», автор множества книг об эволюции социальности. Взгляд его тем более ценен, что основная область его научных интересов — биологические виды, которые создали высокоорганизованные сообщества десятки миллионов лет назад, задолго до того, как *Homo sapiens* появился на эволюционной арене: муравьи. Писал он также о происхождении разума и культуры. Вот лишь несколько названий: «Gene, Mind and Culture. The Co-evolutionary Process» (в соавторстве с Чарльзом Лумсденом), «On Human Nature» (эта книга принесла Уилсону его вторую Пулитцеровскую премию, первая была за книгу о муравьях).

Новая книга, «The Social Conquest of Earth» (2012, Liveright Publishing Corporation, New York), — «Социальное завоевание Земли», точнее, покорение Земли социумами. Главная ее тема — каким образом в ходе эволюции мог возникнуть столь странный феномен, как сообщество индивидов, в каких условиях и под воздействием каких сил «здоровая конкуренция» уступает место сотрудничеству. В сущности, это вопрос о происхождении человечества.

«Откуда мы? Кто мы? Куда мы идем?»

Так называется картина Поля Гогена, воспроизведенная на обложке книги. Фигуры, символизирующие периоды человеческой жизни — рождение, самоосознание, любовь к другим людям, угасание и смерть, — и загадочный идол на втором плане. Главные вопросы — почему человек таков, какой он есть, в чем причина и смысл и что за силы управляют его бытием. Эдвард Уилсон уверен, что биология в состоянии предложить удовлетворительные ответы.

Еще и сегодня многие уверены, что дарвиновская эволюция — это прежде всего борьба за существование, гибель слабых и выживание сильнейших, тогда как бескорыстная помощь другому, да и вообще кантовский нравственный закон — изобретение человеческого разума. А возможно, и надчеловеческого, уж очень он далек от всего, что мы видим в природе. И в самом деле, связи, соединяющие каждого из нас с собратьями по виду, уникальны. (Конечно, в животном мире есть связи между кровными родственниками, между ровесниками в группе, между доминантом и подчиненной особью, однако ниточка между Эдвардом Уилсоном и читателем «Химии и жизни» — чисто человеческое изобретение, и это лишь один пример из тысячи.) Уникальна и взаимопомощь людей, не ограниченная кровными родственниками. Но как быть с представителями прими-



Эдвард Уилсон

тивных племен, которые Канта не читали, однако о больных и раненых заботятся, жизнью ради друзей рискуют? И как быть с муравьями и пчелами?

«Цивилизация звездных войн с эмоциями каменного века, средневековыми общественными установлениями и богоподобными технологиями» — почему мы такие? Уилсон уверен, что религиозные представления о сотворении человека, о его изначальной двойственности как итоге грехопадения не помогут это объяснить: тут он солидарен со своим вечным оппонентом Докинзом. Правда, в отличие от Докинза он не отказывает религии в приспособительной ценности, не считает ее «паразитом мозга» — и самый примитивный миф объединяет племя, дает его членам уверенность, но в задачу мифотворца не входит поиск фактов.

Точно так же, по мнению Уилсона, не справятся с задачей ни интроспекция (большая часть процессов в мозгу не осознается мозгом, затем что мышление появилось в ходе эволюции не для самопознания), ни нейрофизиология, отвечающая на вопрос «как?», а не «по какой причине?», ни современная философия, после заката логического позитивизма предпочитающая области, не освоенные естественными науками.

Тем не менее «существует правдивая история творения, и только одна, и она не миф». В частности, ее отрезок, посвященный возникновению человечества, вполне поддается реконструкции.

Уилсон ставит два фундаментальных вопроса: почему высокоразвитая социальная жизнь вообще существует (а социальные виды — большая редкость) и какие движущие силы отвечают за ее появление? В поисках ответа он предлагает обратиться к социальным видам насекомых — логично предположить, что их поведение сформировали те же силы. «Мало нам обезьян?» — с возмущением скажет кто-то. Но изучение насекомых не раз помогало биологам понять закономерности, важные и для позвоночных, вспомним хотя бы дрозофилу.

Путь сквозь лабиринт

Следующую часть Уилсон так и называет — «Откуда мы пришли». Автор напоминает читателю, что наши предки на многих этапах своей истории были весьма немногочисленными — современные нам виды, представленные таким жалким количеством особей, мы считаем охраняемыми. Кроме того, на протяжении значительной части нашей истории нас сопровождали сестринские виды, по каким-то причинам не добившиеся успеха. Автор полушутя строит предположения о том, что было бы, если б сегодня нам пришлось сосуществовать с другими видами разумных: «Гражданские права для неандертальцев? Специальное образование для «хоббитов»? Спасение и небеса для всех?»

Как бы то ни было, человечество завоевало землю, и произошло это стремительно. К примеру, у муравьев, пчел, термитов социальность формировалась десятки миллионов

лет — за это время другие виды успели коэволюционировать, приспособиться к устрашающему обилию представителей одного вида в лесной подстилке или на цветущем лугу. В случае с человеком у природы такого шанса не было. Наше сельское хозяйство возникло всего около 10 тысяч лет назад и привело к небывалому взлету численности людей.

Если бы Землю посетили инопланетные ученые 3 миллиона лет назад, они, конечно, исследовали бы редких приматов, которых мы называем австралопитеками, но остались бы при убеждении, что насекомые — лучшее, на что способна планета Земля в плане социальной организации животных. На протяжении сотен миллионов лет у муравьев, пчел и термитов конкурентов не было. И вдруг все начало стремительно меняться: у одного из видов обезьяноподобных прямоходящих резко вырос объем головного мозга, они завоевали Землю, уничтожили близкие конкурирующие виды и стали подлинной геофизической силой, способной разрушить собственную среду обитания. То-то сюрприз для биологов с Альфы Центавра. В чем причина столь внезапных перемен?

Отдельно взятый эволюционный путь, пишет Уилсон, не может быть предсказан, ни в начале, ни на его поздних этапах. (Хотя мы в состоянии сказать, какие пути развития точно не реализуются: потомки свиней могут стать водоплавающими, но летать они не будут никогда.) Эволюция подобна пути через разветвленный лабиринт, и вид «выбирает» на каждой развилке, какой из вариантов признака разовьется у его потомков. Вдобавок и сам лабиринт изменяется со временем, одни коридоры, то есть экологические ниши, появляются, другие исчезают. Но в том лабиринте, который мы уже прошли, постфактум мы можем отметить, где выбрали правильные повороты.

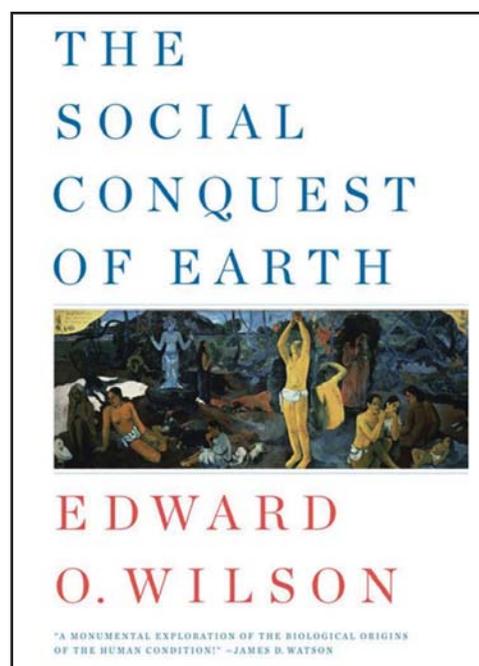
Автор подчеркивает, что наши предки — не избранные, а всего-навсего везучие. Каждый шаг на нашем пути в свое время был не подготовкой к грядущему величию человека, а адаптацией к конкретным условиям.

Прямохождение, огонь, очаг

Первой такой адаптацией стал достаточно крупный размер наших далеких предков. Как крупный, так и мелкий размеры могут быть полезными для выживания, но только у крупного животного в принципе может развиться крупный головной мозг, и только крупный размер позволит в перспективе научиться контролировать огонь. Обе эти возможности изначально были закрыты для насекомых, закованных в хитиновые панцири (впрочем, у них есть свои плюсы, например огромный репродуктивный потенциал и способность к полету). Кстати, по этой же причине — недоступность огня — в первом же туре сошли с дистанции все обитатели воды, сколь угодно умные.

Вторым важным поворотом был переход к жизни на деревьях (70—80 миллионов лет назад). Наши предки обзавелись цепкими хватающими лапами с мягкими пальчиками и ладонками (это существенно; Уилсон даже советует писателям-фантастам: «Не забывайте снабдить ваших инопланетных пришельцев мягкими ручками, или щупальцами, или еще какими-нибудь мясистыми отростками») Другие важные признаки — склонность к разнообразному рациону, цветное бинокулярное зрение, необходимое, чтобы разыскивать спелые плоды и верно оценивать расстояние до ближайшей ветки. В то же время у древесных животных меньше потомков, и они дольше нуждаются в заботе. Как мы увидим далее, это не обязательно плохо.

Третьим шагом был спуск с дерева — переход к бипедальности (ходжению на задних конечностях) и освобождение передних лап для переноски еды и детенышей. Этот поворот лабиринта так и не смогли отыскать другие крупные млекопитающие, хищные и травоядные, с их копытами и когтями. Хотя



«Монуменальное исследование биологических истоков человеческой сущности!» — Джеймс Уотсон

потенциал у некоторых из них был, например у африканских диких собак, которые живут стаями и даже практикуют разделение труда — одни защищают общее логово, другие ходят на охоту, совсем как наши далекие предки.

Те, кто пришли потом, уже назывались австралопитеками. Они приспособивались к дальним переходам на двух ногах — изменялось строение таза, удлинялась шея, позволяя эффективнее обозревать пространство. Путешествовали они группками, мозг у них был не намного больше, чем у шимпанзе, но они уже не опирались на костяшки пальцев, и длинное вертикальное туловище удивительным образом сохраняло равновесие.

Важным событием стало также увеличение доли животной пищи в рационе наших предков (1,8 — 1,6 миллионов лет назад, уже после австралопитеков). Сначала это, скорее всего, была падаль, потом и охотничья добыча. Кроме мяса, наши предки могли собирать ракушки на берегу, ловить рыбу в пересыхающих африканских озерах. Как пишет автор на основании собственного полевого опыта, он сам вполне мог бы руками наловить достаточно рыбы, чтобы угостить целое племя *Homo habilis* — конечно, при условии, что дальние родичи не испугаются его огромных размеров и круглой головы.

Если травоядные животные были непревзойденными спринтерами, то наши предки стали отличными бегунами на длинные дистанции — с уникальным строением ноги и почти без шерсти, чтобы тело лучше охлаждалось. Недаром бег — одна из самых древних радостей человека, как и еще одно древнее занятие — метание в цель. Попасть камнем в добычу не такой уж интеллектуальный подвиг — швыряться камнями умеет как минимум одна популяция современных шимпанзе, но все же это занятие способствовало развитию руки и мозга.

Домом наших предков была саванна — обширное пространство, покрытое травой, с редкими группками деревьев, на которые можно при случае залезть, холмами, с которых удобно высматривать опасность или добычу, и водоемами для питья. (Кстати, именно такие пейзажи — зеленеющие просторы, деревца у речки или озера, и желательны в ракурсе сверху вниз — кажутся наиболее привлекательными современным сапиенсам, выбирающим, какую картинку повесить в офисе.)

Наконец, четвертый шаг — овладение огнем. И сейчас трава в саванне горит от попадания молнии, а австралийские аборигены иногда специально распространяют огонь,

чтобы он «помог» им загнать добычу. Вероятно, то же делали и наши предки.

Пятым и, по мнению автора, наиболее важным этапом было возникновение эусоциальности, «истинной социальности» — несколько поколений особей остаются вместе, практикуют разделение труда, действуют альтруистически по отношению друг к другу. Первые стоянки человека — охраняемые места длительного проживания — появились не позднее миллиона лет назад, а возможно, и раньше, еще у *H. habilis*. Ядром такой группы, очевидно, становилась расширенная семья плюс самки из соседних групп, вступившие в брачные союзы с самцами.

Чтобы особи жили вместе, в этом месте должно быть что-то, что нужно охранять. Например, беспомощные детеныши и беременные самки (следствие нашей бипедальности в сочетании с большим, медленно развивающимся мозгом — оказывается, уязвимость детенышей не только помеха, но и фактор, стимулирующий развитие общества). А еще — огонь, который необходимо поддерживать. Надо было как-то договариваться, кто останется охранять лагерь, кто присмотрит за детьми, кто за огнем, кто побежит за добычей. А привычка к мясному рациону требовала координации действий во время охоты. Групповая охота вообще редкость у млекопитающих (кроме приматов, это считанные представители отряда хищных). Шимпанзе и бонобо, охотящиеся на мелких обезьян, тоже практикуют достаточно сложную стратегию — отделяют намеченную жертву от сородичей, окружают, чтобы отсечь пути отхода, сгоняют с дерева, на земле убивают и разрывают на части (и иногда даже делятся с сородичами, не принимавшими участия в охоте). Но шимпанзе получают из мяса примерно 3% калорий, человек же в условиях свободного выбора — 30%. Наши предки охотились чаще и в более сложных условиях открытого пространства. А бывало и наоборот — на них охотились хищники.

Все это способствовало развитию необычных для животного мира свойств: социального интеллекта, то есть способности «вычислять» мысли и намерения сородича, адекватно оценивать характер взаимоотношений каждого с каждым, помнить прошлые поступки. Развивалась и эмпатия — способность представлять себе состояние другого, «а если бы тебя так?». Эти уникальные свойства и обусловили последний рывок по направлению к человеку разумному, каким мы его видим в зеркале. В некий момент что-то резко изменилось — началась неолитическая революция, мигрирующие приматы взяли планету в свои передние лапы. То ли, как писали популярные в прошлом веке философы, количество перешло в качество, то ли возникла и распространилась некая полезная мутация (впрочем, эти версии не являются взаимоисключающими).

Теперь понятно, почему разумные виды редки: потому что невелика вероятность правильного прохождения «лабиринта». Понятно и то, почему развитие человека на последних этапах совершалось так стремительно, подобно развернувшейся пружине: у нас уже было все необходимое, хотя каждый отдельный признак возник в ходе эволюции для других надобностей. Многие авторы любят писать, что человека сделала человеком мясная диета, или прямохождение, или преодоление страха перед огнем. Но ни одна из преадаптаций ничего не решала сама по себе, они могли сработать только вместе.

Родство или дом?

Нетрудно представить, что группа, которая состоит из индивидов, склонных к взаимопониманию и взаимопомощи, умеющих действовать не только ради персональной сиюминутной выгоды, получает преимущество перед группой себялюбивых



КНИГИ

тупиц, и если социальный интеллект определяется генетическими факторами, то при этом увеличивается частота соответствующих генов. Подобные предположения выдвигал еще Дарвин в «Происхождении человека». Но как люди объединяются в группу? Происходит ли это под действием кин-отбора, как полагают сторонники «эгоистичного гена»?

Кин-отбор означает альтруизм особи по отношению к другим особям — носителям общих с ней генов. Помогая носителям тех же генов, которые есть у тебя, — некоторым образом помогаешь себе. В современной теории эволюции существует понятие «совокупной приспособленности» (*inclusive fitness*) — приспособленность индивида плюс приспособленность родственных ему индивидов, которые передадут потомству те же гены. Представление о кин-отборе хорошо объясняет отношения между родителями и потомством, братьями и сестрами и т. п. Но, по мнению Уилсона, если говорить о более обширных группах, то модели кин-отбора работают только в весьма специфических, далеких от реальности условиях.

Уилсон предлагает теорию эволюции эусоциальности, разработанную им совместно с гарвардскими математиком Мартином Новаком и Кориной Таннитой. Подробнее о ней рассказывается в научной публикации («Nature», 2010, т. 466, № 7310, с. 1057—1062, doi:10.1038/nature09205, там же можно найти и резкие комментарии от многочисленных сторонников кин-отбора). Согласно этой теории, силой, заставляющей особей обрести социальность, оказывается охраняемое место общего постоянного проживания — лагерь, гнездо, муравейник.

Какую роль в этом играет генетическое родство? Конечно, чаще всего вместе начинают жить родственные особи. Но можно найти примеры, когда колонию основывают не родственники (у насекомых тоже), и это ничего не меняет. Теория эволюции эусоциальности разрешает включение в группу индивидов, не являющихся кровными родственниками, а возможно, и поощряет — у большой группы шансы на выживание могут быть выше. Главное, что особи по каким-то причинам вынуждены остаться вместе и сотрудничать. И если группа имеет преимущество перед одиночками и/или другими группами, то «хорошие гены социальности» поддерживаются отбором и распространяются в популяции.

Если «совокупная приспособленность» подразумевает альтруизм по отношению к носителям тех же генов — грубо говоря, чем больше родство, тем больше альтруизма, — то в модели, предложенной Новаком, Таннитой и Уилсоном, последовательность событий иная — 1) образование группы; 2) формирование признаков, полезных для укрепления группы, например, связанных с социальным поведением; 3) появление ключевых мутаций, возможно, единичных (скажем, отключающих генетическую программу удаления от сородичей, или улучшающих обмен информацией), которые придают группе стабильность. А потом воздействие отбора на новые признаки особей и группы в целом формирует социумы, изумляющие

своей изощренной сложностью — наш, пчелиный, муравьиный... Родство особей, принадлежащих к одной группе, как язвительно замечают авторы, может оказаться следствием, а не причиной. Сразу предупреждаем читателя: эта точка зрения не является общепринятой, сторонники кин-отбора и не думают сдаваться. Но вернемся к книге.

Отбор на честь

Итак, пишет Уилсон, человека как вид сформировал многоуровневый отбор — индивидуальный и групповой. При этом действуют оба вида отбора то попеременно, а то и одновременно. Если выгода принадлежности к группе невелика (например, в исключительных благоприятных и стабильных условиях), то отбор благоприятствует себялюбивому поведению и отделению от группы — чего ради тратить время и ресурсы на других? Если для выживания и успешной репродукции необходимо принадлежать к группе, а для эгоистов высока вероятность вымирания, то популяция обречена на альтруизм и конформизм.

В итоге наш геном имеет химерную природу, в нашей психике заложены и альтруистические наклонности, и предрасположенность к эгоизму. То, что это скорее биология, чем результат сознательных рассуждений, видно из императивности эгоизма и альтруизма. Каждый твердо знает, что стремиться к исполнению собственных желаний хорошо. И в то же время каждый, не особо задумываясь, почему это так, чувствует, что самопожертвование, спасение ребенка, героическая гибель на поле битвы — это высоко и прекрасно (и наоборот, насмешки над альтруистом нормальным людям неприятны или даже отвратительны). То, что мы называем добродетелью, верностью, честью, нам подарил групповой отбор. То, что мы называем грехом, себялюбием, гордыней, — результат индивидуального отбора.

На всем, что делают, думают и чувствуют люди, виден отпечаток руки многоуровневого отбора. Черта, свойственная почти каждому человеку, — трибализм. Каждый из нас стремится отыскать свое племя — стать членом группы, желательной самой лучшей, какая есть на свете. С детства мы помним, как важно, чтобы тебя приняли в игру или пригласили на день рождения. Взрослые заняты поиском друзей и единомышленников (социальные сети эксплуатируют фундаментальные свойства человеческой природы, отсюда их ошеломляющий успех), стремятся в престижный колледж или в совет директоров, вступают в клубы по интересам, болеют за спортивные команды... Правда, современная жизнь гораздо сложнее, чем была в те времена, когда человек формировался как вид. Ни у кого из нас не может быть единственного племени, которому принадлежала бы вся наша верность, и это зачастую ставит нас перед нелегким выбором.

Не следует думать (как некоторые рецензенты книги Уилсона), что индивидуальный отбор — всегда «плохо», а групповой — «хорошо». Индивидуальный отбор создает индивидов, наделенных всевозможными талантами. Групповой же отбор предполагает межгрупповую конкуренцию, и тут заканчиваются разговоры о чести и добродетели. Эти понятия не распространяются на особей из конкурирующей группы (будь то соседнее племя, представители другой конфессии или граждане другого государства, люди иной расы или с иными политическими взглядами), с ними можно и нужно поступать как угодно жестоко. За примерами далеко ходить не надо, ими полна человеческая история, хоть древнейшая, хоть новейшая. Собственно, и группы шимпанзе ведут территориальные войны совершенно человеческими методами и с человеческой жестокостью, так что нет причин считать, что доисторические люди поступали иначе. Всюду, где приходилось делить ресурсы, — межгрупповая конкуренция принимала форму войны.

И в современном мире люди определяют своих и чужих по

таким сугубо внешним признакам, как цвет кожи, форма носа или акцент. (Уилсон цитирует Книгу Судей Израилевых: «И перехватили Галаадитяне переправу через Иордан от Ефремлян, и когда кто из уцелевших Ефремлян говорил: «позвольте мне переправиться», то жители Галаадские говорили ему: не Ефремлянин ли ты? Он говорил: нет. Они говорили ему «скажи: шибболет», а он говорил: «шибболет», и не мог иначе выговорить. Тогда они, взяв его, заколали у переправы через Иордан. И пало в то время из Ефремлян сорок две тысячи». С этим нам еще долго жить.) Однако, и это очень важно, принадлежность к своим может определяться совершенно произвольно — не только без общих «родственных» генов, но и без каких-либо общих черт, помимо факта принадлежности к одной группе. Добровольцы, случайно объединенные в команду волей экспериментатора, оценивают членов своей команды выше других участников опыта.

Мы обречены воевать с другими группами (по крайней мере, до тех пор, пока нашим «племенем» не станет все человечество, что проблематично по многим причинам), и мы обречены на вечную войну с собственным «я». «Береги честь смолоду» — «что за честь, коли нечего есть». «Своя рубашка ближе к телу» — «сам погибай, а товарища выручай». «Моя хата с краю» — «на миру и смерть красна»... Кроме того, наше внимание постоянно приковано к другим людям. У всех нас, от первобытных охотников-собираателей до членов королевской фамилии и крупных ученых, любимое занятие — сбор информации о ближних и дальних, проще говоря, сплетни и слухи. Мы постоянно тренируемся в коллекционировании и анализе этой информации, в разгадывании оттенков отношений между людьми, в прогнозировании их поступков, в чтении мыслей, эмоций и намерений по мимике и интонации... Это — то, что мы, социальные животные, умеем лучше всех, в чем мы эксперты и что помогло нам завоевать планету. И этим трем явлениям — межгрупповой борьбе, борьбе внутри нашего «я» и многообразию межчеловеческих отношений — посвящена значительная часть произведений искусства, создаваемых нашим видом. «Наша излюбленная тема: о себе».

Социальный интеллект и склонность к альтруизму в пределах разумного (а в экстремальной ситуации и за пределами), по мнению Эдварда Уилсона, и стали пружиной, забросившей рядовой вид приматов на недосыгаемую высоту. На смену кочевым примитивным племенам пришли оседлые поселенцы, народы, затем княжества и государства, и мир стал таким, каким мы его знаем. Но помнить о том наследии, которое сохраняется в нашем геноме и нашем разуме, как минимум полезно.

А как у членистоногих?

При попытке пересказать целую книгу в журнальной статье всегда приходится от чего-то отказываться, и мы только вкратце коснемся следующих глав, о том, «как общественные насекомые завоевали мир беспозвоночных».

Действительно, они тоже цари природы. Два немецких исследователя педантично взвесили всех живых существ, найденных на одном гектаре в джунглях Амазонки. Две трети массы насекомых пришлось на муравьев и термитов, еще одна десятая — на эусоциальных пчел и ос. При этом муравьи весили больше, чем все наземные позвоночные! «Двадцать тысяч известных видов общественных насекомых, главным образом муравьев, пчел, ос и термитов, — примерно 2% от общего числа известных видов насекомых (примерно миллион). Однако это мизерное меньшинство опережает остальных насекомых по численности, весу и воздействию на окружающую среду».

Уилсон рассказывает об эволюции его любимых перепончатокрылых и термитов, об их удивительных адаптациях — о муравьях-портных, сшивающих свои гнезда липкими нитями,

которые выделяют личинки, о разведении тлей (все мы читали в детстве, что тли — «муравьиные коровы», но многие ли нашли время узнать больше об этом беспозвоночном скотоводстве?), о кондиционировании воздуха в термитниках, о примитивной социальности у креветок. Или о том, как в 1967 году он взял в руки кусочек окаменевшей смолы метасеквойи возрастом 90 тысяч лет, в котором были два рабочих муравья, более древние, чем все до сих пор известные, — янтарь выпал из дрожащих пальцев ученого, раскололся на два кусочка, и он застыл в ужасе, «как если бы разбил вазу династии Мин». Насекомые, к счастью, не пострадали и впоследствии получили имя *Sphesomurra*, «осомуравьи» — это оказалось недостающее звено, археооптерикс мира беспозвоночных. (Муравьи произошли от одиночных ос; это не покажется таким удивительным, если посмотреть на молодую муравьиную самку с крылышками.)

Уилсон подчеркивает, что на современных эусоциальных муравьев или пчел действует индивидуальный отбор, а не групповой: правильнее считать, что конкурирует не муравейник с муравейником, а королева с королевой. Рабочие особи — это биороботы, которых создает королева, ее «мобильные органы». Правда, их геномы не идентичны геному королевы или друг другу, ведь появляются они в результате полового процесса. И это хорошо для муравейника: например, одни особи могут оказаться более устойчивыми к инфекции, чем другие. Но действие на них отбора не может закрепиться в последующих поколениях, поскольку рабочие особи бесплодны.

Интересно, что молодая королева и ее сестра — рабочий муравей генетически не различаются: появятся ли крылышки и способность к размножению или нет, зависит от пищи, которую получает личинка. Генная сеть с переключателем «крылья есть/крыльев нет» — одно из ключевых достижений социальной эволюции насекомых.

Среди перепончатокрылых есть виды с «зачаточной» социальностью — уже не одиночные, еще не достигшие сложной структуры и высокой специализации, какую мы видим у пчел и муравьев. (Очевидно, именно их стоит сравнивать с людьми — на них действует групповой отбор.) Оказывается, этот поворот совершается точно в том же месте «лабиринта», что и у человека: с появлением общего, совместно обороняемого гнезда. Если по какой-то причине две самки пчел вынуждены разделить общее убежище, они автоматически разделяют и роли: одна становится «королевой» и остается в гнезде, заодно охраняя его, другая берет на себя добычу корма. Эту ситуацию можно воспроизвести в эксперименте. Аналогичный переход в принципе может реализоваться и генетически. Например, если отключение одного-единственного гена отменит программу покидания гнезда и взрослые особи останутся в нем ухаживать за молодью, возникнет примитивный социум, готовый помериться приспособленностью с одиночками — и выиграть.

Что характерно: чем сложнее устроено муравьиное «гнездо», чем больше труда в него вложено — тем яростнее и самоотверженнее его защищают солдаты данного вида. Налицо прямая связь между местом общего проживания и альтруизмом. Разумеется, и тлей удобнее разводить, если есть постоянное убежище, а «скотный двор» еще повышает его ценность (впрочем, среди муравьев есть и «скотоводы-кочевники»).

А что с социальным интеллектом, с развитием коммуникации? Тут все тоже как у людей. В литературе описан случай, когда огненные муравьи *Solenopsis invicta*, переселившиеся в США из Южной Америки, перешли на другую ступень социальности прямо на глазах у ученых, причем виной была всего одна мутация в гене, отвечающем за обоняние. (Муравьи общаются на языке запахов.) Это был переход с высшей ступени на низшую — от небольшого



КНИГИ

числа королей и территориального поведения к множеству королей в одной колонии и нежеланию оборонять территорию, но нетрудно представить, как когда-то произошел обратный переход.

Таким образом, и у насекомых социальность возникает с кажущейся легкостью — но только потому, что отдельные виды получают предрасположенность к ней в ходе эволюции. Преследуя другие цели, они оказываются в правильном месте «лабиринта», и в какой-то момент скопище индивидов становится группой.

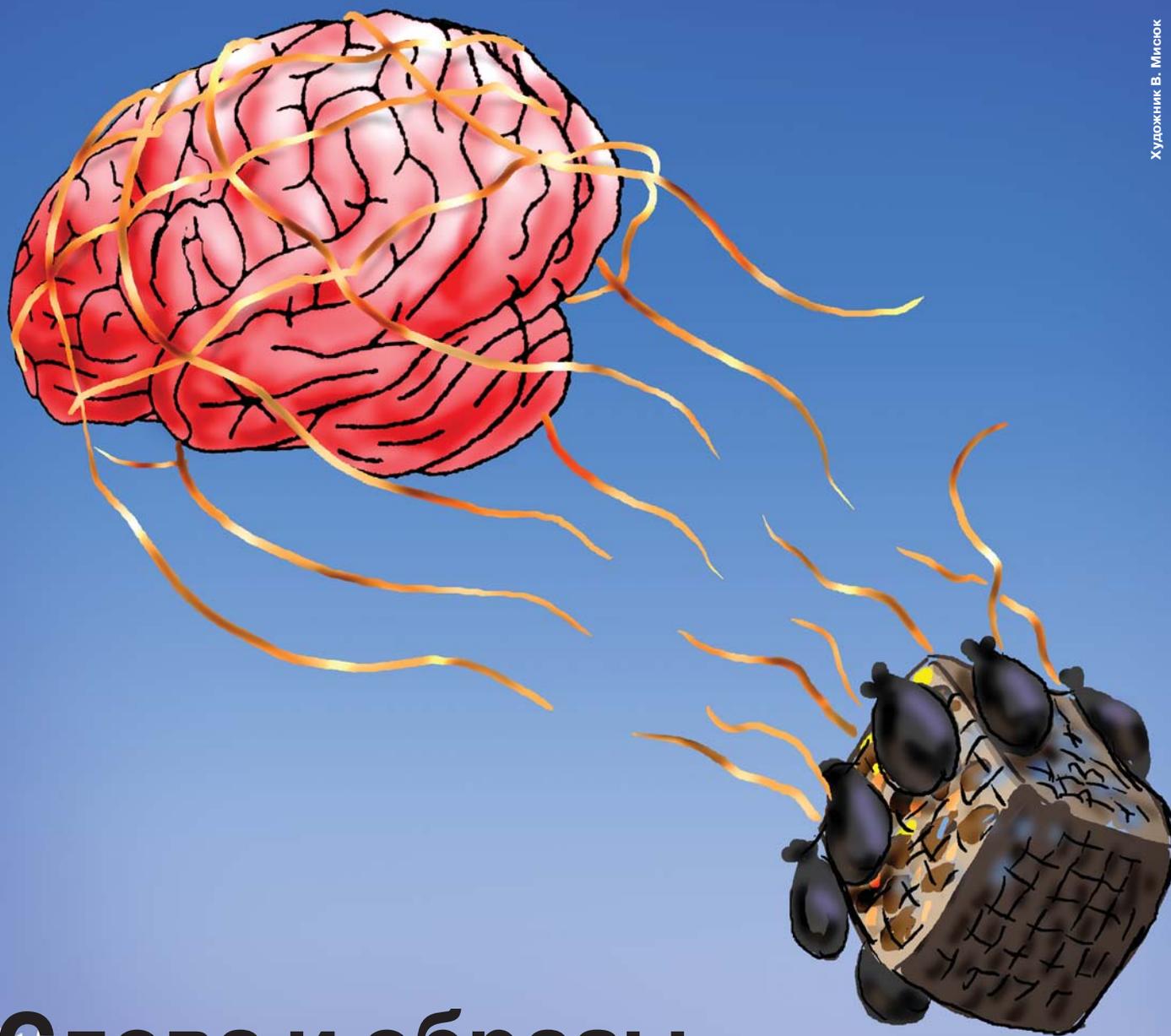
Этика, разум и правда

Рассказывая только об эволюции эусоциальности, мы пропустили немало интересного. В книге Уилсона обсуждается, например, такой вопрос: в какой мере культура генетически обусловлена, существует ли «ген-культурная коэволюция» и если да, то в какой форме? Или: насколько верно мнение, что нравствен и «нужен» только половой процесс, приводящий к рождению потомства, а любой другой секс — «животное начало», разврат либо проституция, то есть спаривание в обмен на материальные блага? (Мнение неверно: половой процесс, имеющий целью только размножение, — как раз прерогатива животных, а одно из важных отличий человека от них — появление той разновидности социальных связей, которую мы называем романтической или супружеской любовью и без которой наш вид не выжил бы. Эти связи ценны сами по себе — так говорят не только поэты, но и биологи-эволюционисты. Другое дело, что человек в силу своей противоречивой природы из любой хорошей вещи может сделать плохую.) Или: в какой мере великое искусство живописи определяется особенностями зрения человека и его мозга? И зачем наш вид сочиняет музыку — только ли для удовольствия?

Примечательно, что Эдвард Уилсон не призывает сбросить гуманитариев с корабля современности (хотя о религии высказывается резко, возможно, резче, чем в более ранних работах). Напротив, он предлагает объединить усилия гуманитариев и естественников в познании мира и человека.

«Теперь я признаюсь, в чем моя собственная слепая вера. В двадцать втором веке Земля, если мы того пожелаем, может стать вечным раем для людей или, по крайней мере, начнет становиться им. Мы еще много навредим самим себе и другим живым существам на этом пути, но этика элементарной порядочности по отношению друг к другу, безжалостное применение разума и признание, что мы есть мы, такие, как на самом деле, наконец позволит исполниться нашим мечтам», — этими словами завершается книга. Как и сама теория эволюции эусоциальности, она вызывает споры, и отнюдь не весь научный мир согласен с Уилсоном. Но прочесть ее стоит.





Мисюк Слова и образы

26 июня 2012 года в одной из передач канала «Культура» рассказывали о человеке, владеющем, по его утверждению, 104 языками. Фамилия этого выдающегося полиглота — Мельников. Несколько лет назад я был свидетелем его выступления на научной конференции в столице биологической науки России — городе Пущино, и оно произвело сильное впечатление. Память у человека замечательная, хотя насчет количества языков и уровня овладения есть и критические отзывы от специалистов.

В той же передаче один из участников усомнился в уникальности памяти Мельникова и привел в пример обычного человека, который запоминал с ходу на слух 30 слов, мог повторить их и даже по названному порядковому номеру вспомнить соответствующее слово. Мне показалось, что такая спо-

собность не уникальна, более того, это некий фокус, которому можно научиться. И я, никому не известный человек с заурядной памятью, проделываю этот фокус не с тридцатью, а с сотней слов.

Когда-то в книге «Фокусы и развлечения» замечательный популяризатор точных наук Яков Исидорович Перельман (не путать с Григорием Перельманом!) рассказал о подобном феномене, который он видел в детстве на выступлении приезжих артистов. Мальчик с завязанными глазами запоминал на слух именно 100 слов, которые перед тем его дядя в зале предлагал зрителям вписать в нумерованный список. Любой зритель мог предложить одно или несколько своих слов. Затем список передавали комиссии из зрите-

лей, которая на сцене контролировала ход представления. После оглашения списка мальчик на память по любому названному номеру указывал стоящее под этим номером слово или, наоборот, по слову называл его номер. Молодому Перельману удалось тогда вывести у мальчика — за редкие марки! — секрет этого удивительного фокуса. И вот что оказалось.

В русском алфавите 20 согласных. Каждой цифре от 0 до 9 можно поставить в соответствие две согласные и таким образом зашифровать в любом слове некое число (гласные в счет не идут), а для любого двузначного числа подобрать слово-ключ, в котором это число зашифровано. Далее Перельман приводит для примера список первых

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
мн	гж	дт	кх	чщ	бп	шл	сз	вф	рц

1. УЖ	11. ГУЖ	21. ДОГ	31. КИЖИ	41. ЧИЖ	51. ПАЖ	61. ЛУГ	71. САГА	81. ФУГА	91. РОЖЬ
2. ТУ	12. ГИД	22. ДЕД	32. КИТ	42. ЧАДО	52. БОТЫ	62. ЛОТО	72. САД	82. ФОТО	92. УРОД
3. КИО	13. ЖУК	23. ТЮК	33. КОК	43. ЯЩИК	53. ЮБКА	63. ЛЮК	73. ЗЭК	83. ЯВКА	93. ЦЕХ
4. МЯЧ	14. КНИГА	24. ДАЧА	34. КУЧА	44. ЧАЩА	54. ПЕЧЬ	64. ЛЕЩ	74. СЕЧА	84. ВЕЧЕ	94. РУЧЕЙ
5. ОБЬ	15. ЖАБА	25. ДЕПО	35. КУПЕ	45. ЧУБ	55. ПОП	65. ШУБА	75. ИЗБА	85. ВЫПЬ	95. РАБ
6. ЕЛЬ	16. ИГЛА	26. ДУШ	36. КАША	46. ЧАЩА	56. БАЛ	66. ШАЛЬ	76. ОСЕЛ	86. ВОЛ	96. РОЯЛЬ
7. ОСА	17. ГУСЬ	27. ТУЗ	37. КОЗА	47. ЧАСЫ	57. БЕС	67. ЛИСА	77. ЗИС	87. ВЕСЫ	97. РОЗА
8. ФЕЯ	18. АГАВА	28. ДЕВА	38. КАФЕ	48. МОРЕ	58. ПАВА	68. ЛЕВ	78. СОФА	88. ВОВА	98. РОВ
9. ЯЙЦО	19. ГОРА	29. ТЭЦ	39. ХОР	49. ЯЩЕР	59. БАР	69. УЛИЦА	79. ЗАЯЦ	89. ВОР	99. ЦАРЬ
10. ЖЕНА	20. ДОМ	30. КИНО	40. ЧУМ	50. БАНЯ	60. ЛУНА	70. СОН	80. ВИНО	90. АРЕНА	100. ГНОМ



РАДОСТИ ЖИЗНИ

двадцати придуманных им ключевых слов. Их надо запомнить по порядку номеров, но это не очень сложно: номер каждого слова подсказывает, какие в нем должны быть согласные. При оглашении списка мальчик каждый раз вызывал в памяти слово под тем же номером из заранее выученного ключевого шифра и представлял некий образ, в котором связывал слово-ключ и слово, которое надо запомнить. Чем нелепее был этот образ, тем лучше он запоминался. А дальше просто. Ему предлагается номер слова в списке, он вызывает в памяти ключевое слово под этим номером, тут же возникает в воображении придуманный им образ, из него извлекается искомое слово. Можно назвать любое слово из списка, если назван номер, и наоборот. А можно и просто повторить весь список или его часть, в прямом или обратном порядке. Я попробовал запомнить 20 слов (что не так просто без помощи описанного приема) — сразу получилось. Тогда я довел список слов-ключей до 100. Выучил 100 ключевых слов, опираясь на их номера, а дальше все пошло как по маслу. Не раз потом доводилось поражать знакомых своей «уникальной» памятью.

Приведем этот способ в несколько расширенном автором варианте. Вот как распределяются пары согласных букв между десятью цифрами (так у Перельмана, тут я ничего не стал менять). Легко заметить, что некоторые согласные (у цифр 2, 4, 5, 6, 7, 8) созвучны первой букве названия цифры и стоят, по возможности, в паре: твердая с глухой («два» — Д, Т; «четыре» — Ч, Щ; «пять» — П, Б; «шесть» — Ш, Л; «семь» — С, З; «восемь» — В, Ф.) Это облегчает запоминание таблицы соответствия цифр и букв. Нулю соответствует по тому же принципу Н (и близкая к ней М). Ну, а 1, 3 и 9 надо просто выучить (что вполне по силам человеку с обыкновенной памятью).

Стало быть, в любом слове по этой системе зашифровано некоторое число. В слове «человек», например, зашифровано число 4683 (гласные, напоминая, не в счет). В слове «перламутр» — 596029. В слове «шея» — 6. И так далее. Заметим, что наоборот —

числом зашифровать слово — не получится, потому что код вырожденный, одной цифре соответствуют две буквы.

А теперь посмотрите сто придуманных мною ключевых слов, которые тоже надо запомнить перед тем, как начать демонстрировать свои способности. Это тоже по силам нормальному человеку (я не отличаюсь блестящей памятью, но справился с этим без большого труда). Хотя время от времени освежать в памяти этот список, особенно перед демонстрацией фокуса, совсем не вредно.

При поиске ключевых слов я старался, чтобы они были ярко образными и чтобы слова под разными номерами не были близки по образной картинке (например, плохи № 21 — ДОГ и № 57 — ПЕС, поэтому для № 57 я выбрал БЕС).

В списке есть два слова (№ 14 и № 48), на номера которых я не смог подобрать удачных ключевых слов и поставил на эти номера слова произвольные, ярко образные (КНИГА, МОРЕ). Два этих слова нетрудно запомнить (не связывая их при этом с номерами). Можно было бы под № 14 поставить «правильное» слово «гуща» (так у Перельмана), но вообразить гущу трудно. А на № 48 я просто не нашел подходящего «легитимного» слова.

Желательно, чтобы и предлагаемые зрителями слова обозначали не абстрактные понятия (вроде, допустим, слова «влияние»), а предметы, которые можно зримо представить.

Покажем на примере, как пользоваться методом. Допустим, в предложенном для запоминания списке под № 9 стоит слово «лампа». При оглашении списка, предложенного для запоминания, вы, дойдя до этого № 9, извлекаете из памяти слово ЯЙЦО (оно под этим номером в нашей таблице) и связываете его с лампой общим образом: например, представляете себе светящееся яйцо в виде настольной лампы. Когда вас попросят назвать слово за № 9, вы моментально вспоминаете ключевое слово ЯЙЦО, и память тут же вам подсказывает образ яйца-лампы, и вы уверенно говорите: лампа.

Если бы лампа стояла в списке, предположим, под № 34, вы представили

бы кучу ламп в мусорном баке, а если бы лампа была под № 100, легко вообразить себе гнома с лампой в руке в подземном лабиринте. И так далее.

Дальше надо приложить некоторые усилия для запоминания исходных слов, за которые будут цепляться в образной памяти те, что зададут зрители. Это задача вполне выполнимая, было бы желание. Я много раз показывал этот фокус (не раскрывая, конечно, секрета), чем изумлял зрителей: мог перечислить слова в обратном порядке или по слову назвать его номер и т. д.

Может ли это иметь практическое применение? Конечно, и прежде всего там, где запоминание связано с цифрами. Допустим, во время войны партизанский разведчик насчитал на платформах проходящего железнодорожного состава противника 26 орудий и 58 танков. Числу 26 соответствует ключевое слово ДУШ, а числу 58 — ПАВА. В воображении создаются образы: орудие стоит под душем, а пава выглядывает из люка танка. Уверяю вас, эти нелепые картины врежутся в память неизгладимо. Кстати, любая тренировка памяти, как утверждают видные нейрофизиологи, полезна для развития и сохранения умственных способностей. А в свете возможного увеличения пенсионного возраста в России... Впрочем, читателям нашего журнала умственные способности дороги независимо ни от чего.

Однако именно по той причине, что образы врезаются в память крепко, показывать этот фокус надо не чаще чем, допустим, раз в неделю или две, чтобы старые образы изгладились из памяти и не мешали запоминанию новых.

Можно попытаться продолжить список ключевых слов, начав вторую сотню, хотя это будет уже сложнее. Например, № 101 — гонг, № 102 — жмот, № 103 — жених (или гамак) и т. д. Но и одной сотни вполне достаточно для произведения эффекта.

Кандидат технических наук
Б.Я.Бейнфест

Горбатые альтернативы

Григорий Панченко

— Только вы, северяне, считаете верблюда медленным животным. Да будет тебе известно, молодой маг, что скаковой верблюду легко обгоняет лошадь!

— Совершенно верно! — подхватил купец. — На последней гонке «Дархиан», что проводится по велению Великого Визирия и Маркеля вот уже больше тридцати лет, личный верблюд Великого Визирия опередил всех лошадей и пришел первым с отрывом в полтора суток!

Сергей Лукьяненко. Непоседа

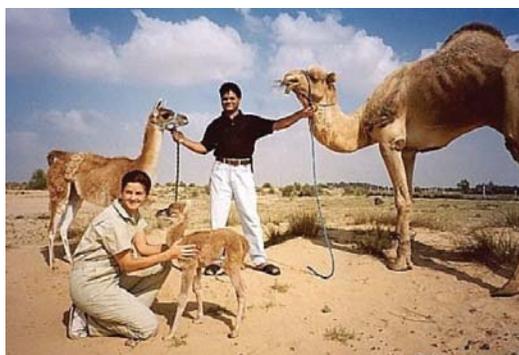
Кама-сын и лама-мама

Итак, парно- и непарнокопытные гибриды — получившиеся или «неполучаемые» в принципе, перспективные и не очень — регулярно фигурировали в планах советского руководства 1920—1950-х годов (включая и военные планы). Ездových оленей по-прежнему оставляем на закуску (не в прямом смысле слова), хотя на эту тему тоже есть что сказать. Но давайте временно сменим отряд, переключим внимание с копытных на мозолоногих. А именно — на семейство верблюжьих, *Camelidae*.

Надо сказать, для дореволюционного животноводства планы дальнеродственной гибридизации *Camelidae* были своего рода идеей фикс: особенно соблазнительной казалась мысль породнить семейство верблюжьих и лошадиных, объединив таким образом их ценнейшие, но несовместимые комплексы достоинств. То, что это был бы даже не межсемейственный, а межотрядный брак, селекционеры-практики не всегда осознавали: в этой среде, к сожалению, еще за десятилетия до Лысенко культивировалось нарочитое дистанцирование от научных методов, так что «мичуринская биология» пришла на подготовленную почву. Однако законы природы никуда не делись — и потенциальные объекты скрещивания ко всем этим планам оставались абсолютно равнодушными.

В Аскании 20—30-х годов столь экзотические гибриды создавать не пробовали, а вот на межродовой гибрид «покушение» было. Речь идет о попытке примешать к среднеазиатским трудягам кровь безгорбой американской родни: ламы и даже гуанако. Такой «брак по расчету» выглядит слишком неравным хотя бы только из-за разницы в росте — однако на

Продолжение. Начало см. «Химию и жизнь», 2012, № 4, 6



Памятник в Ахтубинске, на котором запечатлена реальная верблюжья упряжка, служившая «артиллерийским тягачом» с 1942 по 1945 г. Считается, что именно из везомого ей орудия был сделан первый выстрел по рейхстагу



Интернационал на верблюдах времен Первой мировой: австралиец, англичанин, новозеландец и индус

то и существует искусственное осеменение, по которому тогдашняя Аскания-Нова была впереди планеты всей благодаря разработкам профессора Иванова, создателя асканийских зеброидов. Так что гибридизация имела шансы на успех, более того — потомство не было автоматически обречено на бесплодие: у обоих видов верблюдов и ламы одинаковое число хромосом (чего, правда, селекционеры тогда еще не знали).

Тем не менее успеха в этом вопросе асканийцы все-таки не добились — возможно, отчасти потому, что Илья Иванович Иванов с середины 20-х годов переключился на разработку чрезвычайно «странных» биологических вопросов (об этом в одной из следующих статей), а уже в 1930 году попал под репрессии. Но само стремление интересно. Что, собственно, опрелили получить «на выходе»?

В случае удачи чисто гипотетически должен был возникнуть очень необычный зверь: ростом примерно с лошадь, скоростной и выносливый, особенно в пустынных районах. Напомним, что как раз в те годы, когда на территории пуская и не пустынной, но степной Аскании-Нова происходили эксперименты в области гибридного верблюдоводства, Красная армия если еще где и не довоевала, то именно на басмаче-



Слева — маленький Рама с родителями и «конструкторами». Справа — подросток Рама: словно бы пришелец из далекого прошлого мозолоногих



Аналоги каме отыскиваются скорее среди древних, чем среди современных верблюдов: эпикамелос, камелопс...

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ском фронте. Последнее из больших сражений с басмачами на советской территории имело место в 1927 году, последнее заметное сражение — в 1933-м, а эпизодические стычки с отрядами, базирующимися за иранской и афганской границей, продолжались до 1942 года, когда СССР и Великобритания, союзники по Второй мировой, договорились о «наведении порядка» в этом регионе с двух сторон.

Итак, потенциальный «заказ» на камелоида выглядит не прихотью и не анахронизмом: он был в высшей степени актуален. Нужно еще учитывать, что для тех краев очень характерно сочетание войны степной, пустынной и горной, а вот по горным тропам лама ходит отлично, конь — довольно сносно, верблюд же... вообще никак. Так что отряд, использующий ламоверблюжья гибриды в качестве верховых и выючных животных, при погоне через пустыню мог от конницы не отстать, а прижав ее к горам — и вовсе настигнуть.

Если же говорить о действиях только на открытой местности, то в прямой гонке такой гибрид, положим, все-таки уступит коню — ведь даже гуанако ему усту-

пает! Но всадники на камелоидах, умело используя большую выносливость своих ездовых зверей в условиях жаркого безводья (а также их способность пить воду с высокой соленостью), в ходе противобасмаческого рейда загонят конницу насмерть. Пусть не сразу, даже не на второй день, но все же с большей гарантией, чем обычная верблюжья кавалерия.

Последняя тоже на многое способна, особенно в экстремальных (для лошади) условиях пустыни. Но все-таки хороший конь, идущий даже не галопом, а просто ускоренной рысью, где-то в полтора раза резвее, чем самый высокоскоростной верблюд, перемещающийся предельно быстрым аллюром. При пересчете на долгие знойные дни и барханые километры преимущество конницы сходит на нет, но не сразу и, главное, не всегда. Дромадер чемпионских достоинств (и, добавим, под всадником в весе пера) пройдет за полный световой день 240 км, но это и вправду экстрим, такие достижения в воинскую статистику не внесешь, как не является олимпийский рекорд примером для спецназовцев, совершающих марш-бросок. Кстати, тогда уж учтем, что аналогичный конский экстрим заметно превышает 300 км. В норме же отличный беговой верблюд без лишнего груза, неся на себе только вес всадника, его винтовки и патронташа, за день преодолевает порядка 100 км и выдерживает такой режим около недели (потом, правда, «берет отпуск» месяца на полтора), причем не совсем без питья и по не совсем уж барханной местности.

Да, иногда законы открытых пространств таковы, что конный «верблюдного», преследуя, не настигнет, а спасаясь — не уйдет. Однако на семисоткилометровом маршруте конные басмачи имели шансы стряхнуть погоню со следа, пересечь границу, уйти в горы или просто выйти на каменистые участки. По которым даже двугорбый бактриан, сравнительно тихходный, перемещается с большим трудом, для резвого же дромадера это вообще смертельный номер — а вот для ламы или гуанако абсолютно не проблема!

И все же для армии именно дромадер представляет основную ценность как ездовое и «грузовое» животное. Но если Британская империя в дромадерах недостатка не испытывала, то в тогдашнем СССР таких верблюдов, особенно хороших, было мало (их разводили лишь на самом юге Средней Азии). Так что эти «внутренние» соображения делают потребность в скоростном камелоиде еще более насущной.

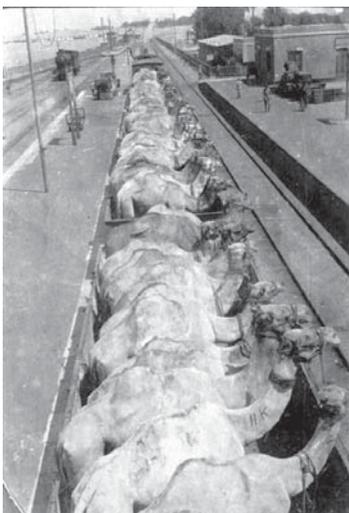
Интересно, обогнал бы его всадник на зеброиде? Конечно, да! Конечно — потому что зеброиды, какие-никакие, все же реальность, а камелоид — несостоявшийся проект...

Точнее, не состоялся он именно в тогдашнем СССР (впрочем, и во всем остальном мире). А вот на исходе XX века в Дубае (ОАЭ) был спонсирован международный конкурс по созданию такого гибрида. И канадские ученые, специально приехавшие для этого в Эмираты, добились успеха, создав абсолютно фантастическое животное, получившее название «кама» (камелолама). Одним только искусственным осеменением там дело не обошлось, потребовались оплодотворение *in vitro* и обратная трансплантация в матку, так что,

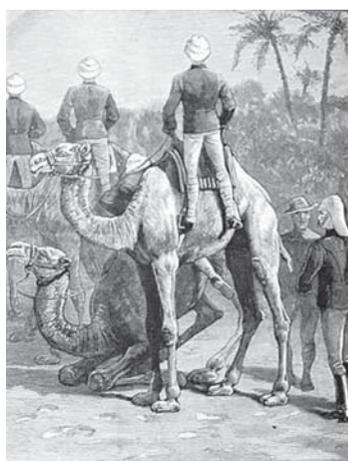


В период между мировыми войнами верблюжья кавалерия (и «туземная», и европеизированная) всячески совершенствовалась





Удачное совмещение старого и нового: переброска верблюжьего корпуса по железной дороге



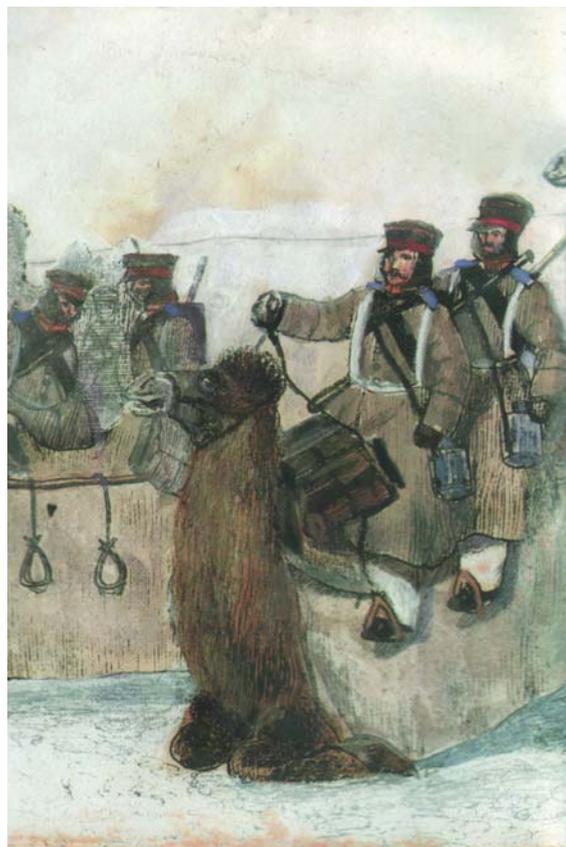
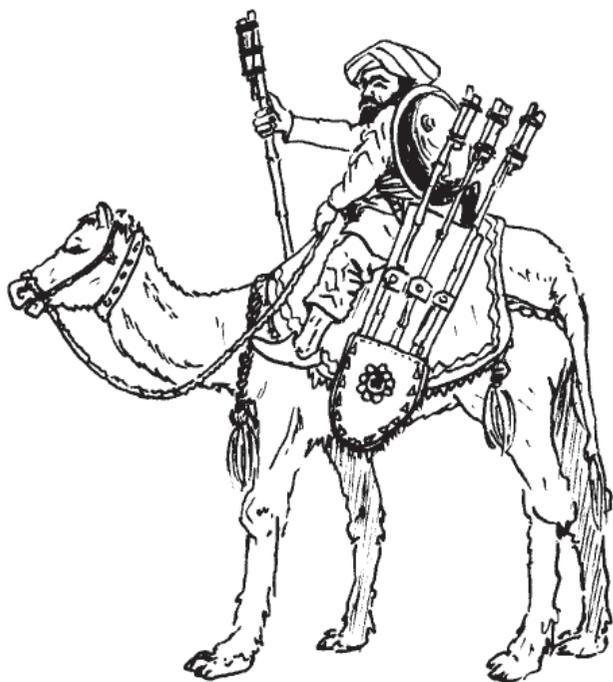
Дромадер как наблюдательный пункт. Обратим внимание, что с каждой стороны на седле по два стремени: сейчас их использует наблюдатель, однако на марше, случалось, верблюд нес двоих всадников

пожалуй, можно не сетовать об упущенном шансе: ни в Аскании-Нова, ни где-либо еще в довоенные десятилетия подобные технологии не существовали даже на уровне эксперимента.

В настоящий момент на свете живут две камы: самец Рама — он уже взрослый, и молоденькая самочка Камила, его будущая невеста. Через несколько лет мы, видимо, узнаем, удастся ли разводить этот новый род (а как его, простите, еще назвать?) «в себе».

Если судить по телесным и, так сказать, «духовным» параметрам Рама, то существо получилось великолепное: внешностью он пошел скорее в маму-ламу (не знаем, случайность это или намеренный выбор ученых, но она статью близка к гуанакю: стройная бегунья, а не приземистая «овца», какими порой тоже бывают ламы), весом с небольшого дромадера — 400 кг, а ростом, за счет изящества пропорций, со среднего. Силен и вынослив, хотя его, первого и пока единственного

Мозолоногий ракетносец. Хотя имелся в виду дромадер, художник, сам того не подозревая, изобразил его похожим на каму!



Русская армия в первом хивинском походе (зима 1839 — 1840): в данном случае «заполнимость» бактрианских седел вдвое выше конской, но бывало и втрое-вчетверо

в своем роду, конечно, не проверяли на скорость и грузоподъемность в жестких условиях пустынного марш-броска. Вдобавок Рама незлобив и дружелюбен — это тоже мамино наследство, папа как раз строптив по-верблюжьему, дромадеры с бактрианами вообще одни из наиболее трудноуправляемых ездовых животных.

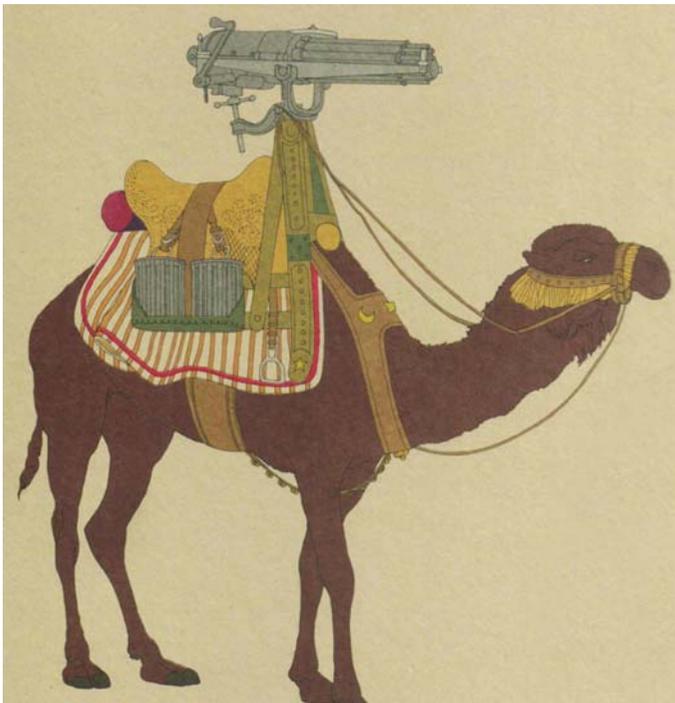
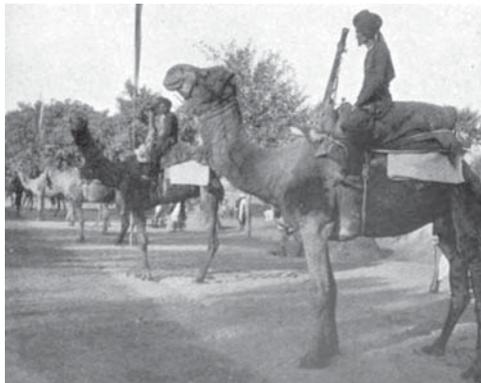
Может быть, камы второго и следующих поколений окажутся несколько мельче за счет угасания гетерозисного эффекта. Но все равно в 1930-е годы им как ездовым и вьючным животным цены бы не было. И даже в 1950-е. Теперь, конечно, для «практического» животноводства это подарок во многом запоздалый, а уж для военного тем паче...

Русско-персидская кампания 1826 года: артиллерист-замбурекчи перед выстрелом, как и полагается, заставил верблюда лечь





Индийские замбурекчи со станковыми ружьями: в эпоху фотографий, конечно, анахронизм — но вполне живой и даже боеспособный...



Верблюд под «гатлингом»: зарисовка 1867 года

А теперь горбатый!

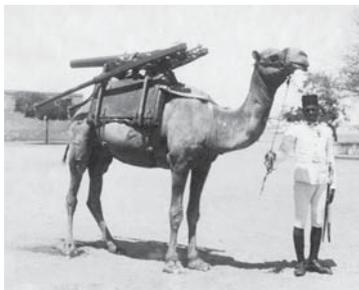
Если же вернуться в предшествующие десятилетия, то беговой дромадер — не только средство передвижения по пустыне. Он представляет собой хороший наблюдательный пункт и, в дополнение к этому, огневую точку: передвижную «ключевую высоту». Это качество верблюдов широко использовалось военными задолго до пулеметной эры — и даже до огнестрельной эры как таковой. В старой Индии дромадер порой выступал в роли ракетносца; другое дело, что это срабатывало в основном «на испуг», но тут уже претензии к качеству тогдашних пороховых ракет. А старинные «верблюжьи пушки» на Востоке называли, согласно арабской традиции, «замбурек» (шершень) — но известно, что первоначально этот термин употреблялся для станкового арбалета. Когда такие арбалеты сменились артиллерией, достоверно не знаем, но вообще век замбурека оказался долог: в формате если не пушки, то станкового фитильного ружья он дожил до времен картечных и первых пулеметов, а там уж европейская тактика заменила его на более современное оружие, не отказавшись от базирования на верблюжьей спине.

При перестрелке такая «ключевая высота», конечно, и сама уязвима — но может обеспечить большую дистанцию прицельного огня, причем очередями: на специально оборудованных седлах и вправду устанавливали пулеметы. Чаще всего ручные в турельном варианте (разные модификации «бренов», «гочкисов» и особенно «люйсов»), но бывало, что и станковые вплоть до «викерсов» или, применительно к СССР, ПВ-1.

Вес картечницы Гатлинга превышает 60 кг, стрелять из нее с лошади даже теоретически невозможно; из ручного пулемета — возможно, но главным образом как раз теоретически. А вот с верблюда вести успешный огонь очередями удавалось и на практике. Ко времени обеих мировых войн выигрешность верблюда как подвижной «ключевой высоты» не исчезла: какой командир, воюющий на открытой местности, откажется от возможности поднять стрелковую позицию на 2,5 м над землей и разместить там дальнобойное автоматическое оружие — особенно если противник вооружен только винтовками. Да и при наличии иного противника эта тактика может сработать: в 1941 году Арабский легион Глабб-паши (британского генерала Джона Глабба) ставил на верблюдов даже зенитные пулеметы.

...Если же в каком-то из миров удастся скрестить верблюда с лосем, то на получившемся гибриде можно будет оборудовать две пулеметные точки: первая турель — на седле, вторая — с упором на рога. Но для возникновения такого «горбатого сохатого» требуется не альтернативная история, а альтернативная биология!

Это мы говорим о верблюде как верховом звере. Однако у него ведь есть и другая область военно-транспортного применения: в качестве вьючного животного! Тут в основном речь о двугорбых верблюдах, бактрианах. Еще больше ценились ги-



Иные времена, иное оружие. В XX веке на верблюдах легкая артиллерия и зенитные пулеметы оперативно доставляются к месту назначения — но ведут огонь уже не с верблюжьего горба



Конечно, во Второй мировой войне любая кавалерия крайне уязвима. Впрочем, на этой обложке муссолиниевского журнала изображена «виртуальная» победа: образец пропаганды



Вот он, нар, «полуторагорбый» гибрид: сам весом в тонну и свыше полутонны может нести на себе



В современных Индии, Пакистане и Иордании военные патрули на дромадерах до сих пор работают вполне успешно



А вот в Монголии и Китае предпочитают бактрианов. Особенно зимой!

бриды: пусть не с ламой (интересно, как будет выглядеть кама на основе бактриана?), но между дромадером и бактрианом.

Для таких помесей утвердилось казахское название «нар». Знатоки пустынных маршрутов, общаясь с «чечачо», любили пошутить в том смысле, что вьючный нар — зверь, конечно,

выносливый, но при дальних переходах он, дескать, несет на себе не так уж много: не более чем лошадь... Соль шуток в том, что «конский вес», который можно навьючить на нара, — это не столько, сколько крупная и сильная лошадь способна нести, а столько, сколько она весит сама. В общем, нагрузки поистине грузовые, даже артиллерийские. Например, английские горные пушки VL 2.75 весили 580 кг, и при перевозке их на дромадерах ствол и лафет разделяли — а нар мог бы понести орудие и в собранном виде.

Именно тут уместно опять вспомнить Асканию-Нова, где такие гибриды тоже производились. Не в массовом количестве (для этого существовали Туркмения и Казахстан), а в научных целях. Очередная попытка закрепить те рост и мощь, которыми «полуторагорбые» помеси, вполне плодовые, обладают лишь в первом поколении.

Результат оказался все тот же, что и с якоидами: гетерозис не наследуется, даже в стране победившего социализма. И симитировать успех тут куда труднее, чем в грядущей эпопее с ветвистой пшеницей: поди убеди военных экспертов, что гибрид во втором поколении сохранил требуемые рабочие качества, если он без надрыва несет вьюк с «жалкими» бактриановскими тремя центнерами, и не более того!

Альтернативный вариант истории не реализовался, но в качестве вьючного или тяглого транспорта верблюды, чистопородные и гибридные, на войне поработать успели. В том числе (даже прежде всего!) на том самом направлении, где у них, как и у зеброидов или якоидов, вполне могла найтись работа. Через Иран шел такой поток военных грузов, что многие из них пришлось доставлять и на верблюжьих спинах. А к концу войны советское присутствие в этом регионе сделалось столь прочным и столь похожим на... как бы это поделикатнее сформулировать... словом, американцы, дабы убедить «дядюшку Джо» не обзаводиться шестнадцатой союзной республикой, даже прибегли к ядерной угрозе.

США, готовящиеся спасти Иран (да еще такими методами!), — чем не альтернативная история! Впрочем, одни только ядерные удары в ту пору исход не определяют, заполыхало бы по всему Ближнему и Среднему Востоку — и в каком-то из сражений наша верблюжья кавалерия (на дромадерах ввиду отсутствия кам) могла сойтись в бою с тем самым Арабским легионом Джона Глабба и эмира Хусейна, будущего короля Иордании.

А ведь возможен еще худший вариант. Сложись расстановка сил иначе уже в 1941—1942 годах, нашим частям довелось бы сражаться с Легионом Глабб-паши не лицом к лицу, но плечом к плечу (горб к горбу?), а противостоял бы им совсем другой Арабский легион, немецкий, возглавляемый будущим президентом Египта Насером. Ну, командование как таковое гитлеровцы этому своему союзнику вряд ли доверили бы, однако на роль зицпредседателя назначить могли.

Такие вот верблюжьи альтернативы, совсем не в ледокольно-суворовском духе.





Копия

НАНОФАНТАСТИКА

Александр Сержан

Считывающее устройство тихонько звякнуло, когда шершавый бок кожаного портфеля коснулся сканера. Электронная карточка пропуска, лежавшего где-то на самом дне раздутой утробы, среди отчетов и смет, позволила повернуть тугую вертушку и пройти на территорию. Один - два - три - четыре... Рекорд в двенадцать шагов держался молодцом второй месяц и, судя по суматохе последней декады, продержится до конца года. Уже на шестом шаге от проходной я был достигнут толстенькой Нюрой — диспетчером с восьмого участка.

— Вячеслав Сергеевич! Что хотите делайте, но штанги на полтора у нас в дефиците, — с ходу затараторила она, даже не поздоровавшись, — Антипов еще на прошлой неделе обещал, участок завтра простаивать будет...

Конечно, я знал, что мы обещали эти штанги на прошлой неделе, но обстоятельство складывались так, что...

Я поднял левую руку и, зажимая портфель под мышкой, многозначительно щелкнул ногтем правой по стеклу циферблата наручных часов. И в самом деле, зачем тратить время на такую ерунду? В каблуке левого ботинка тоже щелкнуло, и меня охватило мягкое сияние создающегося образа. Осторожно, чтобы не сместить кубик генератора, выпавший из каблука, я отступил на шаг от Нюриной скороговорки, преодолев слабое сопротивление силового поля. Направляясь к административному зданию, я не слишком прислушивался к обрывкам разговора между Нюрой и созданным образом. Тема разговора ясна и заезжена, к тому же я все равно прослушаю мнемозапись вечером. Второй кубик достался Георгию Анатольевичу, перехватившему меня возле лифта. Оставив начальника внешней кооперации объясняться с образом до десятого этажа, я сошел на пятом. Еще вчера Мишка говорил, что кое-что нарыл о гарантийных обязательствах двух наших подрядчиков и что тему надо перетереть тет-а-тет до планерки. Мишку я не застал, но он предусмотрительно оставил свой образ, который активировался, когда я подошел к его столу. Уже с первых секунд беседы я понял, что никуда эти голубчики-подрядчики не денутся и заменят вибробункер как миленькие. Тем не менее на прошлой неделе мы догово-

ривались выбраться на рыбалку, а вот об этом поговорить уже стоило. К несчастью, мой шеф всегда отличался болезненной пунктуальностью и терпеть не мог опозданий. Еще один щелчок по циферблату часов, и, оставив образ обсуждать за меня тонкости рыбацкого дела, я галопом понесся в сторону своего отдела. Правду сказать, я не удержался и все-таки разок обернулся посмотреть на себя с Мишкой со стороны. Вальяжно развалившись в креслах и положив ногу на ногу, наши копии с жаром обсуждали, какую лодку мы будем брать с собой. Вроде бы последнее, что я слышал, убегая задом наперед, поскольку не в силах был оторвать взгляд от этой парочки, — они сошлись на двупарном фохане. Хороший выбор, наши деды на таких рыбачили. Едва я развернулся и набрал хорошую скорость, как на моем пути вырос монументальный утес Инны Петровны.

— Вячеслав, — традиционно начала она свое повествование, — вы опять проигнорировали мое требование, которое я выслала вам еще позавчера...

Огибаю выпуклость ее выдающегося бюста по широкой дуге. Прыгая на одной ноге, зажимая в зубах шершавую рукоять портфеля и всем своим видом показывая страшную спешку, я вытаскиваю из каблука застрявший в нем кубик генератора образа. Тело сформировавшейся копии неприятно щекочет кожу руки слабыми электрическими разрядами. Кидаю его на пол и удаляюсь на пределе возможностей.

Некоторые, особо недалёковидные люди полагают, что использование голографических образов оказывает плохое влияние на социум. Одно время было даже какое-то общественное движение в защиту естественного общения. Я хорошо помню их высказывания — мол, создавая свою копию, мы отказываемся от части своей души, которая разлетается мыльными пузырями, когда в генераторе заканчивается заряд. Конечно же это не так. Доподлинно известно, что в наше сумасшедшее время без генераторов голографических копий нормальному индивиду выжить не судьба. Устройство всего лишь считывает ваше эмоциональное состояние, прогнозирует матрицу вашего поведения и, используя банк данных вашей памяти, генерирует ваш визуальный образ, способный продолжить начатый вами диалог без вашего непосредственного участия. Свои копии, кстати, я запрограммировал являться на звук щелчка по стеклу часов. А что до пузырей, то это всего лишь здоровое чувство юмора производителя — логически завершив беседу, генератор действительно разлетается тучей мыльных пузырей с минимальным воздействием на окружающую среду.

В тот день мне потребовалась запасная обойма генераторов. Я расшвыривал их горстями на трех планерках, двух совещаниях и четырех симпозиумах. Я оставлял их без счета на бессмысленных телефонных разговорах и пустых видеоконференциях. Не в состоянии присутствовать одновременно на двух международных встречах, я наплевал на приличия и послал себя экстренными бандеролями в Токио и Лос-Анджелес. Поздним вечером, закончив просмотр записей, которые мои копии выложили на сервер, шатаясь от усталости, я отправился домой. Жена не предложила мне ужина и не чмокнула в щеку. Однако я очень удивился бы котлете и запаху ее волос. Оленька и Лешенька уже лежали в своих кроватках, ожидая папину сказку на ночь. Тоненькая книжка отняла последние силы. Голова загудела, сливая сегодняшнюю информацию на сервер для настоящего Вячеслава Сергеевича, который вот уже второй месяц не покидает наш объект в Заполярье. Говорят, это не больно. Это даже интересно, закончив программу, обозревать мир в те краткие мгновения, пока твой пузырь летит к потолку, чтобы с хлопком брызнуть откуда яркими искрами. Последняя вспышка света перед темной



Патио-помидор

На даче в Истре, на северо-западе Подмосквы, бабушка выращивала помидоры под пленкой. Выходили они вкусными, на изломе сверкали примерно как спелый арбуз, хотя и снимали их с кустов зелеными. Помидорам грозили три беды. Первая — слишком рано высаженную рассаду могли сгубить заморозки (а слишком долго держать их на окне в московской квартире нельзя: из-за недостатка света растения чересчур вытягиваются и ломаются при переезде за город). Вторая — холодное начало лета могло свести на нет все усилия. Пленка от холода защищает, но она же закрывает и от дождя. Поэтому нужно раз в три дня поливать, а в случае внезапной жары — и проветривать, в общем, не отойдешь. А третья беда — фитофтора: если не снять все плоды до 5 августа, может упасть холодная роса, и за одну ночь все они почернеют от моментально выросшего грибка.

Потом наступило беспомидорье, поскольку выполнять эту обширную программу агротехнических мероприятий стало не под силу. Однако золотые яблоки, пом-д'ор, продаваемые что в магазине, что на рынке, становились все хуже, и в конце концов по своей консистенции и хрусту при разрезании они сравнялись с настоящими яблоками, а по вкусу приблизились к несладкой дыне. И возникла мысль: а как бы вырастить свои, те самые, сахаристые, но обойтись без сложностей, чтобы можно было оставить растения наедине с природой на неделю, не заботясь об их самочувствии?

Поначалу ответа не было. Но вот, выполняя редакционное задание по освещению премии «Миллениум», я прогуливался по рынку в Хельсинки и заметил, что финны неплохо продают готовые растения помидоров в больших горшках. Были там и

ампельные экземпляры, со свисающими стеблями, уже усыпанными в середине июня небольшими плодами, были и хорошо откормленные, мощные, прямостоячие растения с темно-зелеными листьями. Возникла мысль: если такое под силу финнам в их совсем не южной стране, то чем мы хуже? Всего-то надо как можно дольше держать растения в теплой квартире, создать им мощную корневую систему, а затем обеспечить тепло и влагу без всякого укрытия. Дополнительной уверенности добавили помидоры, которые сами собой выросли на засыпанной щебнем площадке в районе Арбата, на месте снесенных ларьков у метро «Смоленская». Вплоть до заморозков они цвели и плодоносили без всякой воды и грунта (снизу под гравием — асфальт), разве что с изобильной подкормкой азотными удобрениями (хоть и центр Москвы, а бомжей хватает).

Осенью на распродаже в магазине «Метро» были закупленные трехведерные пластиковые горшки (очевидно, что почва в горшке прогревается гораздо лучше, чем в грядке), и весной начались опыты по подготовке рассады. Через три года сложилась методика, вполне подходящая и слишком занятому огороднику, и владельцу участка с ландшафтным дизайном, который хочет порадовать себя собственноручно выращенными вкусными плодами, при этом не испортив газоны и вымощенные плиткой площадки.

Чтобы получить зрелые помидоры уже в начале июля, рассаду надо сажать рано, в феврале. Кстати, еще будет возможность пересеевать ее в марте, если первая партия погибнет или семена не взойдут. Семена хорошо бы обработать каким-нибудь стимулятором роста вроде «Эпина» и препаратом против болезней и вредителей, подобным «Фитоспорино-М». Они же помогут спасти заболевшее растение. Универсальный сосуд для выращивания — пакет из-под сока или молока. На первом этапе его разрезают вдоль, проделывают внизу дырки, ставят на поддон, в котором в супермаркетах продают фрукты или овощи и засыпают землей. Кладут семена, до этого дня три пролежавшие в мокрой вате и в тепле, и еще присыпают землей — неглубоко.

Через неделю-две проклянутся всходы, и спустя еще две недели, когда появится второй-третий настоящий листочек, придет время первой пересадки. Разрезаем новый пакет поперек так, чтобы получившийся горшок был сантиметра на три выше, чем рассада. Насыпаем на дно землю, перемешав ее с щепоткой суперфосфата и калийного удобрения, ставим на нее растение (в широкий пакет можно и два) и засыпаем землей по самые листья.

Спустя месяц — вторая пересадка. Несколько дней перед ней растение лучше не поливать — когда оно подвянет, меньше вероятность сломать листья. Если высота все еще меньше высоты пакета — в ход идет та же упаковка (тогда потребуется третья пересадка недели через две-три), и помидор опять закапываем в землю как можно глубже, чтобы сверху остались два-три листа. Если же рассада хорошо вытянулась, используем пятилитровые банки из-под воды. Их заготовкой нужно озаботиться заранее — перед Новым годом, во



Несмотря на неласковое начало лета — в июне температура не раз падала ниже 10°C — 15 июля 2012 года помидоры сорта Черномор уже созрели. Место действия — поселок Софрино в сорока километрах на северо-восток от Москвы

время зимних каникул, а также накануне 8 марта народ на корпоративах и домашних посиделках потребляет немало воды. Чем заполнить пустой тарой мусорные баки, лучше, в соответствии с принципами «экологического сознания», подарить упаковке вторую жизнь.

В доньшках этих банок дырки для дренажа делать не надо — объем земли будет достаточно большим, чтобы корни не подгнивали. У банки отрезаем верхнюю часть по плечики и опять закапываем растение почти доверху, оставив два-три листа. В одну банку для экономии места на подоконнике можно посадить два-три растения, распределив их по углам.

Все эти манипуляции приводят к тому, что рано посаженная рассада не вытягивается под неласковым зимним солнцем — тонкий длинный ствол раз за разом оказывается все глубже в земле. И это хорошо, потому что он обрастает дополнительными корнями.

Литровые пакеты, пятилитровые банки, набитые землей, могут привести к большому расходу, поскольку в магазине грунт для рассады стоит денег. Поэтому землю лучше заготовить с осени, засыпав в те же пятилитровые банки, а чтобы не высыхала — примотать отрезанные верхние части скотчем. Такую банку и нести удобно за ручку. Не получилось осенью — есть время весной: пересадку в банки с большим расходом земли проводят в апреле, когда земля на участке уже оттаяла.

Итак, пришел май. Мощные растения на подоконнике начинают набирать бутоны. И выбрасывают пасынки. Везде сказано, что их надо обрывать. В данном случае — не все. Если растение мощное, собирается цвести, можно оставить два-три самых нижних: они успеют дать по паре дополнительных кистей плодов.

Помидоры — растения ветроопыляемые, поэтому на грядке их нужно трясти. Но дома лучше поработать пчелкой и совершить перекрестное опыление с помощью мягкой кисточки. Тогда плоды скорее всего завяжутся, они-то и порадуют урожаем в начале июля.

А вот торопиться высаживать растения не надо — пусть переждут холода в отапливаемой квартире. Да, везти полтора-метровые растения в огород будет непросто, но ведь сейчас почти у каждого есть машина. Кроме того, надо учитывать, что помидор весьма живуч, и, если у него сломался стебель или лист, не надо отчаиваться — примотайте изолентой к месту излома шину из палочки.

После переезда разрезаем банку и сажаем помидор в горшок. Тут главное — не заглублять: если стебель окажется в земле, он станет давать новые корни, и на это будет потрачено драгоценное время. Корней же у него и так достаточно. Еще один важный прием — пару раз за сезон обработать стимулятором образования плодов вроде «Циркона». Как показал опыт, без этого помидоры будут цвести, а плодов могут и не дать. Народные методы вроде добавки капли йода в воду при подкормке не работают. А при подготовке земли важно не переусердствовать с удобрениями — они же никуда не денутся из горшка, и все, что будет в нем, окажется в растениях. Состав — песок, перегной, земля в равных пропорциях. На дно можно положить прошлогодние листья.

Теперь остается только подвязывать стебли, чтобы они не сломались от ветра или под тяжестью плодов, и ждать урожая. Горшки можно расставить и вдоль южной стены здания (здесь надо следить, чтобы растение не оказалось под крышей, а то его придется поливать даже в дождливое лето), и у какого-нибудь не очень густого дерева — оно же послужит опорой для стеблей, и на любом солнечном месте. Если все-таки нагрянут поздние холода — придется укрыть кусты лутрасилом на пару дней; все-таки живем в зоне рискованного земледелия. Что характерно, фитофтора плоды не поражает. Совсем. Возможно, это связано с тем, что помидоры оказываются значительно выше уровня почвы, а там иной режим влажности. Поэтому патио-помидор живет до белых мух и дает урожай, пока хватает сил.



Чтобы земля не простаивала, по краю горшка можно посадить низкорослые помидоры, например сорт «Ямал», семена которых высаживают на рассаду в середине апреля, или занять их посеянным в марте зеленым базиликом — его всходы для экономии места рассаживают по краю тех же банок, куда уже пересажены помидоры. Опыт показывает, что он неплохо чувствует в таком открытом возвышенном грунте. Красному базилику без укрытия у нас холодно, но если в качестве рассады использовать купленные в овощном магазине горшочки с этим растением, то получится и с ним. Кстати, корни, оставшиеся от аналогичного салата, мангольда, сельдерея или петрушки, съеденных в марте, надо не выбрасывать, а поливать — в апреле их можно вынуть из горшочка, закопать в грядку и получить раннюю зелень.

Эксперименты позволили выделить и самый подходящий сорт для патио-помидора. Им оказался Черномор, изготавливаемый Санкт-Петербургской «Биотехникой». Очень хороши оказались желтые крупные помидоры, купленные на базаре в Истре. Вообще, плоды экзотической формы и окраски, продаваемые на местном рынке, скорее всего, здесь же и выращены. Взяв из них семена, можно с большой вероятностью обеспечить себя районированным безымянным сортом. А потом, если захочется, проводить свою селекцию, отбирая семена от самых урожайных, ранних или крупноплодных растений.

С.М.Комаров

Кстати...

Говорят, что помидоры в магазине или на столе в каком-нибудь южном отеле такие невкусные потому, что выращивают их в теплицах (в Турции, например, это делают ради экономии воды), или из-за применения стимуляторов, или потому, что срывают их незрелыми, а созревают они уже в пути. Но в таком случае почему собственные помидоры, выращенные в теплице с помощью удобрений и стимуляторов и снятые зелеными, имеют совершенно другой вкус? Американские генетики из Корнелловского университета во главе с Джеймсом Джованьони, похоже, докопались до истины («Science», 2012, т. 336, № 6089, с. 1711—1715). Согласно их исследованиям, до 20% сахаров и придающих окраску каротиноидов помидор получает в результате фотосинтеза, происходящего непосредственно в плоде. Однако производство белка, отвечающего за фотосинтез в помидоре, нарушает мутация в 10-й хромосоме. (В листьях фотосинтез, конечно, не выключается, иначе растение было бы нежизнеспособным.) Именно эта мутация обеспечивает равномерное покраснение помидора, придавая ему товарный вид. Ни о какой генной модификации здесь речь не идет: саму мутацию селекционеры обнаружили в 20-х годах XX века и успешно использовали ее для выведения сортов помидоров с красивыми плодами. Те заполнили рынок, вытеснив неказистых собратьев. А вот с сахаристостью у них не задалось: фотосинтез-то в плоде оказался отключенным.



Яблоко от яблони

Л.Стрельникова

Кто не любит яблоки? В России таких единицы, потому что яблоки, как соленые огурцы, квашеная капуста и красная икра, — характерная примета русской жизни. Сладкое, румяное, сочное, наливное... Оно и в русских сказках, и в песнях, и в поговорках — везде, но только не на прилавках магазинов. Нет, яблоки в супермаркетах конечно же есть, и много, но это все не то. Какие-то они одинаковые, с жесткой кожурой-броней, твердые и тяжелые — такими и зашибить можно по неосторожности. Какие-то они пресные на вкус, безжизненные в своей монотонной зеленой или красной окраске, без червоточинки и пятнышка, будто червяки отказываются их есть.

Впрочем, это мой взгляд — взгляд русского обывателя-потребителя. Для западного едока такие яблоки в самый раз. Говорят, что они действительно любят твердые, жесткие и пресные плоды. Но мы-то любим сочные, душистые, в меру мягкие и в меру твердые яблоки с выраженным вкусом. Пусть неказистые и с бочком, но чтобы по-настоящему вкусные. Мы любим штрейфлинг (штрифель), папировку (белый налив), мелбу, грушовку, антоновку, коричное полосатое... А вот их-то и нет в магазинах и на рынках. Почему? И нет ли опасности, что мы потеряем эти сорта навсегда?

Ответить на эти вопросы могут только профессионалы, селекционеры и экономисты, работающие в этой области. К счастью, прекрасные научные школы по селекции и садоводству в России сохранились.

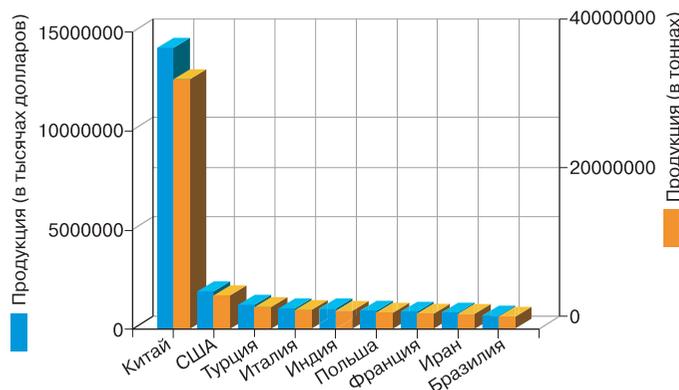
Почему нет в магазинах?

Каждый год урожай яблок в двадцати основных «яблочных» странах приносит около 65 миллионов тонн плодов, из которых 81% попадает на рынки свежих овощей и фруктов, остальное идет в переработку. А на самом деле мировой урожай несколько больше, если принять во внимание частные сады. Если же поделить это количество на все мировое население, то получится почти по 10 кг яблок в год на каждого жителя планеты. Причем производство непрерывно растет: за последние 30 лет оно увеличилось более чем вдвое.

Крупнейший в мире производитель яблок (как и всего остального) сегодня — это Китай, выдавший в 2010 году 33,3 миллиона тонн — больше половины всего мирового производства. Успехи остальных яблочных стран скромнее раз в десять—двадцать: США — 4,21 млн. тонн, Турция — 2,27, Италия — 2,2, Индия — 2,16, Польша — 1,86, Франция — 1,71, Иран — 1,66, Бразилия — 1,28, Чили — 1,10. Аргентина — 1,3, Россия — 0,97. В этом свежем перечне, составленном Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (FAO) по результатам 2010 года (<http://faostat.fao.org>), Россия со своим неполным миллионом тонн не попадает в первую десятку и занимает лишь 11-е место. Впрочем, статистическая служба FAO оговаривается, что данные по России — неофициальные, поэтому есть надежда, что яблок мы производим все-таки больше.

Данные FAO за 2011 год еще не опубликованы, но по промежуточным сведениям благодаря рекордным урожаям свои позиции сильно укрепили Турция (2,7 млн. тонн в 2011

году), Украина (1,05 млн. тонн), Чили и Бразилия (по 1,5 млн. тонн). А вот в России за последние шесть лет урожай яблок сократился на 300 тысяч тонн. Можно подумать, что яблоки у нас никому не нужны.



На диаграмме показано, сколько яблок (в тоннах и долларах) производили лидеры мирового яблочного производства в 2010 году

Но и того, что мы производим, хватило бы, чтобы обеспечить магазины крупных российских городов отечественными плодами. Тем не менее мы вынуждены покупать продукцию, привезенную из Китая, Польши, Азербайджана, Аргентины и Молдавии. Именно эти страны — наши основные поставщики. Почему?

«Отечественные производители со своей вкусной и любимой народом продукцией не могут попасть в торговые сети по нескольким причинам, — рассказывает доктор экономических наук, академик РАСХН Иван Михайлович Куликов, возглавляющий Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства (ВСТИСП). — Чтобы заключить контракт с торговой сетью, наш производитель должен гарантировать круглогодичную поставку яблок равными партиями по определенному и жесткому графику. Причем в контрактах оговариваются не только дни недели и объемы (200 кг, одна тонна), но даже точное время. И хотя мы производим достаточное количество продукции, выполнить эти условия невозможно — нам негде хранить продукцию круглый год, причем правильно хранить, чтобы не терять, у нас проблемы с сортировкой и фасовкой. Из плодоовощных баз в Москве сегодня работают по прямому назначению лишь 15—20%, остальные переориентировались на другую деятельность. Да и те, что работают, нуждаются в модернизации, в переоборудовании новой современной техникой».

Одним словом, все, как обычно, упирается в восстановление разрушенного, в инвестиции, в протекционистскую государственную политику.

Чем они лучше?

Однако дело не только в логистике, в технологиях грамотного хранения урожая, которые, к слову сказать, в России разрабатаны, но не востребованы. Дело еще и в самих сортах.



РЕСУРСЫ

«Привычные и любимые нами с детства папировка, штрейфлинг, антоновка отошли от промышленного производства, и на то есть причины, — рассказывает доктор сельскохозяйственных наук, профессор Валерий Александрович Высоцкий, заместитель директора по науке ВСТИСП. — Современному товарному садоводству нужны урожайные сорта, которые плодоносят каждый год. А большинство наших традиционных сортов плодоносят, как правило, раз в два года. И такая периодичность, конечно, не устраивает промышленные садовые хозяйства.

Вторая серьезная причина — слабая устойчивость этих сортов к парше, грибковому заболеванию, которое, кстати, широко распространено именно в нашем умеренном климате с холодной и влажной весной. Парша сильно снижает не только урожай, но и качество самих плодов — они покрываются темными пятнами. В промышленных садах, где яблони с унифицированным генотипом высаживают рядами, складываются наиболее благоприятные условия для распространения парши.

Есть и другие ограничивающие факторы. Например, папировка и штрейфлинг — очень нежные сорта яблок, они легко повреждаются при съеме с дерева и транспортировке. Малейшее нажатие — и яблоко получается "с бочком". А если говорить об антоновке, нашем российском бренде, то здесь тоже есть проблема: антоновка отличается недостаточно хорошей лежкостью. И хотя это зимний сорт, он плохо хранится и едва дотягивает до весны. А уж о круглогодичном хранении речь не идет. Поэтому сегодня антоновку выращивают главным образом в фермерских хозяйствах, где урожай идет на изготовление сидра, на замачивание и на переработку».

Поэтому не стоит удивляться, что среди лидирующих в мире яблочных сортов нет ни одного российского. Вот эта ведущая десятка: Делишес (США, штат Айова), Голден Делишес (США, Западная Виргиния), Фуджи (Япония), Гранни Смит (Австралия), Гала (Новая Зеландия), Джонатан (США), Джонаголд (США), Мекинтош (Канада), Бребурн (Новая Зеландия), Пинк Леди (Австралия), Чемпион (Чехия).

Впрочем, картинка со временем меняется, по мере того как растут требования товарного садоводства. И новые сорта постепенно теснят старые. За последнее десятилетие производство сорта Фуджи выросло в три раза, сорта Гала — в два раза, а сорта Чемпион — почти в сорок! Вдвое упало производство плодов сортов Джонаголд и Джонатан, в полтора раза — сорта Делишес. (И действительно, давно я не видела в продаже в Москве яблоки Джонатан.)

Все эти сорта отличаются скороплодностью, стабильной урожайностью, устойчивостью к заболеваниям (хотя она разная у разных сортов) и способностью храниться несколько месяцев. Каждый из них — продукт классической селекции, которая отзывается на требования рынка. В результате мы видим в магазине яблоки, которые не реагируют на нажатие пальцем или ящиком: коричневатый бочок, который так портит товарный вид, не образуется. А это значит, что их транспортировка обойдется без потерь. Торговцы считают, что яблоки должны быть крупными, яркими, равномерно окрашенными, одинакового размера — такие охотнее покупают. Вот и лежат они на прилавке, зеленые и красные, одно к одному, созданные по воле селекционеров. А то, что жестковаты и пресноваты, это дело десятое.

Я не случайно оговорилась о классической селекции. Бытует мнение, что эти красно-зеленые клоны в магазинах — продукт генетической модификации. Эксперименты по генетическому модифицированию яблок, разумеется, идут в лабораториях разных стран, не исключение и Россия. В пушинском филиале Института биоорганической химии им. М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН получены трансгенные растения яблони, устойчивые к грибковым заболеваниям, к гербициду «Баста». Есть успешные эксперименты по внесению в геном

яблони гена суперсладкого белка тауматина (из тропического растения *Thaumatococcus daniellii*), который вызывает ощущение сладкого вкуса при концентрациях в 2000 раз меньших, чем сахароза. Но пока ни одного сорта, полученного методами генной инженерии, не введено в промышленный оборот. И то, что мы покупаем и едим, — это результат классического скрещивания, результат селекции, которую Н.И.Вавилов называл «эволюцией, управляемой человеком», а также наукой, искусством и производством.

Но есть вещи, не имеющие отношения к селекции, — агротехника, например. Эта подозрительная и даже противоестественная чистота и неповрежденность яблочных тел, лежащих стройными рядами на прилавке, еще и результат агротехнических приемов. «В России яблони в промышленных садах обрабатывают различными препаратами (фунгицидами, инсектицидами и пр.) не более шести-семи раз за сезон, а на Западе — минимум четырнадцать, а иногда и все двадцать, — рассказывает В.А.Высоцкий. — Кроме того, есть еще всякие воски и налипатели, которыми обрабатывают поверхность яблок, чтобы они как можно дольше сохраняли товарный вид. Поэтому яблоки без единой каверны и червоточинки — продукт скорее химический, нежели биологический».

Селекция по-русски

А можно ли получить методами селекции идеальное яблоко, чтобы и вкус, и аромат, и цвет, и форма, и размер, и урожайность, и лежкость, и устойчивость к болезням — все наилучшие признаки были собраны в одном сорте? «Как правило, признаки наследуются независимо друг от друга, поэтому собрать их в одном генотипе, причем так, чтобы каждый признак проявился полностью, теоретически возможно, — объясняет кандидат сельскохозяйственных наук Людмила Александровна Марченко, ученый секретарь ВСТИСП. — Однако понятие идеального довольно быстро меняется. А во-вторых, практически создать идеальный сорт невероятно сложно. Надо перебрать огромный генофонд, выбрать оптимальные сочетания, проводить многократные последовательные скрещивания и отбор. На это уходят не годы, а десятилетия! Нередко случается, что селекционеру не хватает жизни, чтобы получить задуманный сорт. Поэтому современная западная селекция, подгоняемая товарным садоводством, ограничивается работой по наиболее важным для промышленного производства признакам — лежкости, зимостойкости, урожайности, внешнему виду. А в результате красивое на вид яблоко по биохимическому составу и вкусу может сильно уступать нашему, выращенному где-нибудь на Урале».

Однако стремление к идеальному есть, и наиболее ярко оно выражено в нашей стране. Возможно, потому, что научное садоводство ведет свое начало из России, со времен первого русского селекционера Андрея Тимофеевича Болотова (1738—1833). В 1801 году он впервые в мире изложил систему научной помологии (науки о сортах плодовых и ягодных растений) — в восьми томах описал и классифицировал по признакам 661 сорт яблони и груш, причем три тома заняли акварельные рисунки плодов, выполненные им самим.

К сожалению, этот капитальный труд был опубликован лишь спустя 60 лет, поэтому отцом научной помологии стали считать немецкого ученого Августа Дила, который предложил и опубликовал классификацию сортов по морфологическим признакам плодов в 1818 году, то есть 17 лет спустя после завершения работы А.Т.Болотова. Интересно, что и сейчас, более чем два века спустя, характер и полнота помологических описаний, по сравнению с теми, что предложил Болотов, мало изменились.

Андрей Тимофеевич и сам вывел несколько сортов яблони: Болотовку, Андреевку, Ромадановку. Вот как А.Т.Болотов

описывает сорт Андреевка: «Этот сорт яблок выведен тоже вновь мною посевом семян. Назвал я их Андреевскими по своему имени и потому, что я их чрезвычайно полюбил как за величину и доброту, так и еще более за плодovitость, решив как можно более стараться их размножить. Они принадлежат к лучшим, прочным и очень вкусным и красивым сортам <...> Мякоть сухая, твердоватая, хотя и не очень, крайне вкусная. Вкус ее, смешанный со сладью, столь приятный, что долго во рту чувствуется его приятность. Долеживает до апреля, а в 1797 году долежали до мая и были очень хороши вкусом; в 1800 году долежали тоже до мая, и вкус их был столь же хорош; в 1801 году долежали до июня».

А.Т.Болотов был уверен, что сама природа позаботилась о том, чтобы мы могли лакомиться яблоками летом и зимой, «как нарочно, постаралась все сорта по прочности и по другим способностям к лежке распределить так, чтобы мы во всякое время года могли пользоваться этими столь приятными ее дарами».

Продолжателем работ Болотова по праву считают И.В.Мичурина. Он вывел более 350 сортов плодовых, ягодных, овощных и цветочно-декоративных культур. Сорта яблоки Антоновка шестисотграммовая, Бельфлер-китайка, Шафран-китайка и другие — его рук дело. Но главное — по его инициативе был организован Научно-исследовательский институт, носящий его имя (ныне Всероссийский НИИ садоводства им. И.В.Мичурина), и его научные подразделения в самых разных регионах страны. Впоследствии они стали самостоятельными институтами и научными станциями. И сегодня в России селекцией яблоки занимаются более 20 организаций.

Академик РАСХН Евгений Николаевич Седов — гуру в области современной селекции яблоки. В свои 82 года он бодр, активен и доброжелателен. На его груди множество высоких правительственных наград, а за плечами — три тысячи гектаров садов с сортами, созданными им и его соратниками. Эти сорта, а их десятки, по продуктивности и экономической эффективности превосходят районированные ранее на 25—30%.

Сегодня Евгений Николаевич возглавляет научную тематику ВНИИ селекции плодовых культур в Орле (ВНИИСПК). Мы разговариваем о работах института, и Евгений Николаевич, чтобы я могла представить объемность работы селекционеров, показывает мне цифры. За 58 лет существования института опылено 4,7 миллиона цветов, выращено 842 тысячи однолетних сеянцев. После многократных браковок в селекционные сады высажено 186 тысяч сеянцев, выделено 164 элитных сеянца, передано на государственные испытания 66 сортов яблоки различных сроков созревания, из них 41 уже включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию (районированных). Иными словами, для создания и включения одного сорта яблоки в Госреестр требуется вырастить в среднем около 20 тысяч однолетних сеянцев! Гигантская работа. Многие из этих сортов хорошо известны и полюбились нашим садоводам: Ветеран, Зарянка, Имрус, Куликовское, Низкорослое, Олимпийское, Орлик, Орловское полосатое, Память воину, Раннее алое, Синап орловский.

Путь нового сорта от опытной станции селекционера до прилавка магазина еще совсем недавно занимал 36—48 лет. Очень долго. Поэтому одна из задач, которую решают в институте Е.Н.Седова, — сократить период создания сорта. Природу, конечно, не обманешь. Как ни подгоняй саженец, он все равно будет развиваться положенные ему годы. И тем не менее, размножая и выращивая растения в культуре *in vitro* (см. «Химию и жизнь», 2011, № 8, <http://hij.ru/read/issues/2011/august/537/>), подбирая скороплодные родительские формы, совмещая отдельные этапы селекции (собственно селекция, первичное изучение и государственные испытания), селекционеры из Орла экспериментально доказали, что период



РЕСУРСЫ

создания сорта может быть сокращен до 23—27 лет и даже 13—17 лет.

В институте в Орле проводят селекцию на зимостойкость яблоки, что для нашего климата более чем актуально. Здесь выводят сорта, устойчивые к болезням, сорта с лучшим биохимическим составом плодов, с карликовым ростом деревьев — на одном гектаре их умещается гораздо больше, чем раскидистых яблоки, да и зиму такие низкорослые сады переносят легче. Здесь с помощью селекции получают триплоидные сорта (клетки растения имеют три одинаковые копии каждой хромосомы), дающие стабильный урожай каждый год. Здесь же были созданы первые сорта яблоки, устойчивые к парше.

Попытки получить сорт яблоки, устойчивый к парше, селекционеры США начали предпринимать еще в начале XX века. А к 1970 году селекцию на иммунитет уже вели ученые многих стран. Оказалось, что источником иммунитета может служить один из клонов яблоки обильноцветущей (*Malus floribunda*), она несет главный ген иммунитета к парше. Правда, плоды дает размером с вишню. Чтобы получить нормальные, товарные плоды, нужна была серия последовательных насыщающих скрещиваний и получение нескольких поколений гибридов. К началу семидесятых такие гибриды уже были созданы на Западе, и повторять путь, пройденный коллегами, российским ученым не имело смысла.

В 1972 году во Франции проходил симпозиум по селекции плодовых культур, на котором побывал Е.Н.Седов в составе делегации. Тогда-то французские коллеги с Анжерской станции и передали ему четыре гибридные формы, устойчивые к парше. «Эти формы еще не были крупноплодными, и зимостойкость их для средней полосы не подходила, — рассказывает Евгений Николаевич. — Эти недостатки предстояло устранить в следующих гибридных поколениях. В качестве второго родителя мы использовали зимостойкие сорта яблоки Коричное полосатое, Скрижапель, Антоновку обыкновенную и др.». Так был создан первый российский иммунный к парше сорт яблоки Болотовское. А сейчас в Госреестр включено 18 подобных сортов яблоки различного срока созревания (Болотовское, Веньяминовское, Кандиль орловский, Солнышко, Рождественское, Свежесть и др.). У них есть и множество других достоинств. Сорт Вита отличается повышенным содержанием витамина С, а плоды сорта Свежесть могут сохраняться до нового урожая.

«Вообще, значительно проще вести селекцию на те признаки, которые контролируются главными генами, — рассказывает Евгений Николаевич. — Кроме того, если исходные формы, подобранные для скрещивания, мало различаются по генотипу, то на успех в селекции можно не рассчитывать». Поэтому так важны знания о генетике яблоки.

Сегодня мы располагаем знаниями о 40 главных генах яблоки. Из них наибольшее практическое значение для селекции имеют пятнадцать, например гены Со (компактность кроны), Гу (устойчивость к ржавчине), Ма (содержание яблочной кислоты в плодах), Рс (устойчивость к фитофторозу), R_i (антоциановая окраска кожицы плодов), V_f (устойчивость к парше) и др. Теперь селекционеры, используя метод ДНК-маркирования,

могут определять наличие того или иного гена напрямую, в генотипе, а не через его фенотипическое проявление. При этом оценку можно проводить на всех этапах вегетационного развития растения. Понятно, что это сильно ускоряет отбор наиболее ценных генотипов для дальнейшей селекции.

Внутри яблока

От яблок человеку много пользы. Из всех фруктов, растущих на земном шаре, большую часть составляют яблоки. И есть мы их можем круглый год в свежем виде. Они не только содержат 58 элементов таблицы Менделеева и свыше десятка витаминов, но и помогают лучше усваивать другие питательные вещества, в частности белки и минеральные соли. Как говорят англичане, «an apple a day keeps the doctor away» — яблоко в день, и врачу не будет работы. Поэтому внимание к биохимическому составу яблок более чем оправданно. Вообще, у российской селекционной школы есть одна особенность: наши селекционеры в отличие от большинства западных думают и работают над улучшением биохимического состава плодов.

Первые работы по селекции на улучшение химического состава растений были выполнены еще в 30—40-х годах XX века во Всесоюзном институте растениеводства (ВИР). Труды, изданные ВИРОм в 1935 году под редакцией Н.И.Вавилова «Теоретические основы селекции растений» с разделом «Биохимические основы селекции», и по сей день служат руководством для селекционеров и биохимиков. Кстати, И.В.Мичурин и вовсе считал, что в будущем появится «возможность получения таких сортов, употребление плодов которых будет способствовать излечению тех или других человеческих болезней». И даже получил сорт Салицил-Китайка, плоды которого предполагалось использовать для лечебных целей.

Уже более 40 лет во ВНИИСПК занимаются целенаправленной селекцией яблоки на улучшение биохимического состава плодов, благо институт располагает одним из самых крупных в стране генофондом яблоки, насчитывающем около полутора тысяч сортообразцов. Эта гигантская работа позволила исследователям определить содержание сахаров, витамина С и витамина Р, пектиновых веществ, кислот, дубильных веществ у сотен сортов яблоки. И не только описать, но и установить по возможности связи с другими морфологическими признаками этих растений. Селекционная работа по улучшению химического состава плодов дала возможность отыскать некоторые закономерности наследования и изменчивости этих признаков в гибридном потомстве яблоки. Это чрезвычайно важное знание помогает селекционерам правильно отбирать формы для скрещивания и двигаться дальше.

Возьмем, к примеру, селекцию яблоки на повышенное содержание аскорбиновой кислоты. За последние сорок лет в ВНИИСПК выполнено 317 комбинаций скрещиваний, опылено 445,4 тысячи цветков, получено 213,6 тысячи нормально развитых гибридных семян, выращено 105,2 тысячи однолетних сеянцев. А после многочисленных выбраковок 19,1 тысячи сеянцев высажено в селекционные сады. Благодаря ступенчатым насыщающим скрещиваниям здесь появился на свет сорт Вита с повышенным содержанием аскорбиновой кислоты.

Не потеряем сорта?

Новые сорта — это, конечно, хорошо. Создают их не только в Орле, во ВНИИСПК, но и в Москве, во ВСТИСП, на Биофаке МГУ им. М.В.Ломоносова, в ВИРе в Санкт-Петербурге и еще почти в двух десятках организаций, которые сегодня занимаются селекцией яблоки в России. Так что за новые продуктивные, вкусные и полезные российские сорта можно не беспокоиться. Но мучает вопрос: не потеряем ли мы такие

привычные и милые сердцу штрейфлинг, белый налив, антоновку, коричное, мелбу?

«Я думаю, опасности нет, — говорит Людмила Александровна Марченко. — Во-первых, все эти сорта сохраняются в генетических коллекциях не только институтов РАСХН, но и вузов, а также в их садах и опытных станциях по всей стране. Каждая такая коллекция содержит не менее шести деревьев одного сорта. Этот генофонд необходим селекционерам, потому что перечисленные сорта участвуют в скрещивании, то есть служат родительскими формами. А кроме того, эти формы сохраняют в своих садах садоводы-любители. И не только сохраняют, но и охотно делятся черенками со своими друзьями и соседями, то есть распространяют их».

Яблони, к сожалению, не живут вечно. Однако при правильном уходе старушка-яблоня может обильно плодоносить и в 59 лет (известен такой случай в Брянске), а 25—30 лет — нормальный срок. «Конечно, в интенсивных садах, где яблоки выращивают для промышленных целей, деревья плодоносят недолго, лет пятнадцать. Их быстро вгоняют в фазу плодоношения, чтобы быстро получить отдачу, — рассказывает Людмила Александровна. — Яблони в частных садах способны плодоносить в два раза дольше. Просто ухаживать за ними надо, грамотно подкармливать и каждый год обрезать».

Нет у меня своего сада, но очень хочется покупать в магазинах и на рынках отечественные яблоки. Это правильно со всех точек зрения. К тому же наука о питании четко определяет потребность человека в плодах и ягодах, которая составляет 100 кг в год. Из этой общей нормы 35% приходится на долю яблок, 10% — цитрусовых, 8% — винограда, по 4—5% — вишни, груш, слив, земляники, малины и смородины. Остальное — абрикосы, персики, крыжовник, клюква, голубика, черника и другие ягоды.

Понятно, что эпоха капитализма — не лучшее время для возрождения садов в России, количество которых за последние 20 лет сократилось раз в десять. И хотя гектар плодоносящего яблоневого сада приносит несопоставимо большую отдачу в денежном выражении по сравнению с посевами однолетних культур (пшеницы, например), инвесторы не хотят ждать несколько лет, пока сад подрастет и войдет в плодоносящую силу, им нужна отдача немедленно. «Единственный выход здесь — участие государства, — рассказывает В.А.Высоцкий. — В прошлом году представлена на утверждение целевая программа "Развитие садоводства и питомниководства в Российской Федерации на 2012—2014 годы с продолжением осуществления мероприятий до 2020 года". Согласно этой программе, государство должно взять на себя расходы, связанные с закладкой садов и доведения их до первого урожая. А это прежде всего субсидии на производство безвирусного посадочного материала, закладку многолетних насаждений и уход за ними, пока они не вступят в период плодоношения».

Хорошо, если получится так, как задумано в программе. Дело-то, несомненно, выгодное. Не верите? Тогда напоследок еще несколько цифр. В 2010 году наша страна произвела 1,4 миллиона автомобилей. Если все они были проданы в магазинах по средней цене 10 000 долларов (официальные данные Автостата о средней цене на отечественный автомобиль в 2011 году), то выручка составила бы 14 миллиардов долларов. Но странным образом именно на такую сумму, 14 миллиардов долларов, Китай произвел яблок в 2010 году. Причем это подсчет не по розничным, а по отпускным ценам. Так, может быть, займемся наконец яблоками? И доходно, и очень полезно — для человека и окружающей среды.



Ожирение и похудение

Избыточный вес зафиксирован у 155 миллионов детей по всему миру. Причины известны: малоподвижный образ жизни из-за увлечения компьютером и телевизором, несбалансированное и нерегулярное питание, увлечение макдональдами и прочими фастфудами. И вроде бы всем ясно, в чем корень зла, однако ожирение позиций не сдает. Сейчас лето, полно овощей и фруктов, родители проводят больше времени со своими чадами, подростки садятся на велосипеды, встают на ролики и доски. Самое время сжечь лишние килограммы. Может быть, научные подтверждения знакомых правил добавят кому-то решительности?

Почему для похудения нужно плотно завтракать, объяснила Хэзер Лейди из университета Миссури на ежегодной Международной конференции и выставке Американского института пищевых технологов в Лас-Вегасе 25—28 июня 2012 года (<http://www.am-fe.ift.org/cms/>).

Как минимум 18% американцев старше двух лет регулярно «забывают» позавтракать, а потом наверстывают упущенное. Такие злостные нарушители, особенно молодежь, съедают в итоге на 40% больше сладостей, на 45% меньше овощей, на 30% меньше фруктов, выпивают на 55% больше сладких безалкогольных напитков, чем те, кто ест по утрам. За завтраком человек получает около 17% дневной нормы калорий, а также витамины D (58%), В₁₂ (42%), А (41%), при условии, конечно, что он придерживается разумной диеты.

Лейди набрала группу добровольцев — десять подростков-завтраконенавистников — и разделила их на три подгруппы: одни по-прежнему ничего не ели по утрам, рацион других предполагал пищу с нормальным содержанием белков, третьих — богатую белками. В течение дня она измеряла степень голода каждого из них и некоторые другие показатели. Здоровый завтрак насыщал практически на весь день, эта группа не переела. Подростки, осилившие завтрак с высоким содержанием белков, не налегали на ужин (им требовалось почти на 200 калорий меньше).

Используя функциональную магнитно-резонансную томографию (fMRI), Лейди выяснила, что богатый белками завтрак значительно и надолго сокращает в мозге количество сигналов, контролирующих тягу к еде.

Увы, все ее подопечные спустя полгода вновь оказались в числе законченных незавтракальщиков, ссылаясь на невозможность легко и быстро приготовить здоровую, богатую белками еду. Дело, видимо, за производителями пищевой продукции, которые должны позаботиться о слишком занятых подростках, да и о взрослых тоже.

Heather J Leidy, Louise I Bales-Voelker and Corey T Harris. *A protein-rich beverage consumed as a breakfast meal leads to weaker appetitive and dietary responses v. a protein-rich solid breakfast meal in adolescents.* «British Journal of nutrition», 2011, v. 106(1), p. 37—41. <http://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT01192100>, <http://medicine.missouri.edu/education/srf11-leidy-h.html>

Не только сладости и жиры способствуют лишнему весу — достаточно качественного изображения чего-нибудь вкусенького и высококалорийного (например, в рекламном ролике или на плакате), чтобы взвился аппетит. Об этом рассказали сотрудники университета Южной Калифорнии на 94-й ежегодной встрече Эндокринного общества.

В исследовании приняли участие 13 страдающих ожирением молодых женщин. С помощью функциональной магнитно-резонансной томографии регистрировался ответ их мозга при просмотре изображений высококалорийных продуктов (мороженого, например, или кексов) и низкокалорийных (фрукты, ово-



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК

щи), а также несъедобных предметов. По окончании просмотра добровольцам предлагали оценить по десятибалльной шкале ощущение голода, вызванное каждой картинкой. Выяснилось, что достаточно бросить взгляд на изображение сладостей, чтобы активировались участки мозга, контролирующие аппетит и отвечающие за вознаграждение. Чувство голода и желание утолить его чем-нибудь сладким и вкусеньким возникало немедленно. Другие картинки оставляли эти области мозга совершенно безучастными.

Похожая реакция наблюдалась, когда незадолго до сканирования испытуемым давали выпить раствор, содержащий 50 г глюкозы, что эквивалентно порции газировки, или эквивалентное количество фруктозы. Оба сахара используются в обиходе, заменяя, например, обычный «столовый» сахар. Фруктоза оказалась более насырной — активация соответствующих областей мозга в этом случае была сильнее. Полученные данные подтверждают, что заменители сахара также могут способствовать ожирению.

Kathleen A Page, Shan Luo, Ana Romero, Tanja Adam, Houchun H Hu, and John Monterosso. *Fructose compared to glucose ingestion preferentially activates brain reward regions in response to high-calorie food cues in young, obese hispanic females.* «Endocrine Reviews», 2012, v. 33, issue 03_MeetingAbstracts: OR23-5..

Чтобы получить максимум пользы от овощей, салатик надо правильно заправить. Тогда каротиноиды — лютеин, ликопин, бета-каротин и зеаксантин — попадают в кровь в большей концентрации, снижая риск развития рака, сердечно-сосудистых недугов, многих хронических и дегенеративных заболеваний. Конечно, заправка — это лишние калории, но без нее усвоится меньше полезных веществ. А сколько масла надо?

Сотрудников Университета Пардю заинтересовало, какое количество жира должна принести в салат та или иная заправка, чтобы салат получился как можно более «здоровым». Участникам эксперимента — 29 добровольцам — предложили идентичные по составу салаты, приправленные 3, 8 или 20 граммами канолового (канола — разновидность рапса), соевого и, как это ни противно, сливочного масла. В течение последующих десяти часов у них несколько раз брали кровь, чтобы оценить количество каротиноидов.

Наиболее зависимым от порции оказалось соевое масло — чем его больше, тем полезнее будет салат, на втором месте — сливочное (и прочие заправки на основе животных жиров). Самыми эффективными были каноловое и, конечно, традиционное оливковое масло. Они благотворно воздействуют на овощи даже в количестве трех граммов — это меньше чайной ложки на порцию.

Shellen R. Goltz, Wayne W. Campbell, Chureeporn Chitchumroonchokchai, Mark L. Failla and Mario G. Ferruzzi. *Meal triacylglycerol profile modulates postprandial absorption of carotenoids in humans.* «Molecular Nutrition & Food Research», 2012, v. 56, issue 6, p. 866—877, doi: 10.1002/mnfr.201100687

Подготовила
Е. Сутоцкая

Квас

Что за напиток квас? В двух словах и не объяснить. Традиционные хлебные квасы получаются из ржаного и ячменного солода, ржаной, овсяной, ячменной и гречневой муки и воды в результате незавершенного молочнокислого и спиртового брожения. Но есть и незлаковые квасы, которые делают из соков, фруктов или овощей. В общем, можно любой растительный продукт залить кипятком и оставить на сутки, чтобы забродил, а потом отфильтровать, перелить в бутылки и поставить на холодок. Такие квасоподобные напитки человечество изготавливает уже 10 тысяч лет, не меньше. Квас содержит от 0,7 до 2,6 объемных процента спирта, хотя и считается безалкогольным напитком. Он пенится благодаря углекислому газу, который образуется в результате брожения. В отличие от газировки, квас не насыщают CO_2 искусственно.

Как отмечает Вильям Похлебкин, многообразие рецептов русского кваса и его сложный состав связаны с тем, что экономные хозяйки использовали все, что завалялось по сусекам: корочки, остатки теста и муки, зерно разных видов. От соотношения исходных компонентов зависел и вкус.

Хлебный или сухарный? Неотъемлемый компонент хлебного кваса — солод, пророщенное зерно, высушенное и перемолотое. Для брожения нужны сахара, но в зернах углеводы практически нерастворимы. Когда зерно прорастает, в нем синтезируются ферменты гидролазы; они расщепляют крахмал на простые сахара, а белки — на аминокислоты. Солод представляет собой концентрат аминокислот, сахаров и ферментов. Если залить его водой и добавить муку, то ферменты и мучной крахмал расщепят. Иногда «затор» — жидкое тесто из муки, воды и солода — прогревают. Тогда квас получается темным, или «красным». (О том, почему квасное тесто темнеет при запекании, см. «Химию и жизнь» 2012, № 2.) Из непрогретого теста, которое сбраживают сразу по окончании ферментации, делают светлый «белый» квас, он получается более кислым, чем темный.

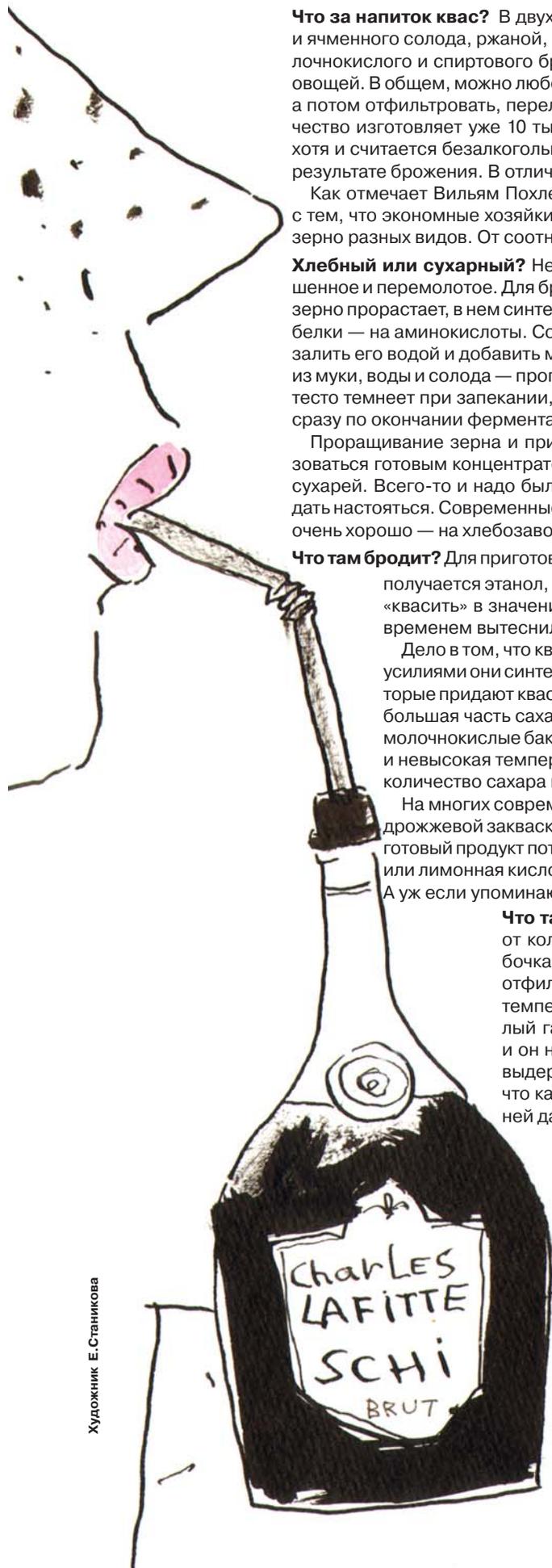
Проращивание зерна и приготовление солода занимают около 70 дней. В наше время можно воспользоваться готовым концентратом, но квас быстрого приготовления придумали еще в старину. Его делали из сухарей. Всего-то и надо было залить кипятком сухари, а потом процедить жидкость, добавить закваску и дать настояться. Современные хозяйки делают сухарики из ржаного хлеба. Специалисты полагают, что это не очень хорошо — на хлебозаводах в тесто добавляют соль, она потом переходит в квас и портит вкус напитка.

Что там бродит? Для приготовления кваса нужны дрожжи, это все знают. При дрожжевом спиртовом брожении получается этанол, и раньше квас был алкогольным напитком. О тех временах напоминает словечко «квасить» в значении «выпивать». Но уже в XII веке появился слабоалкогольный квас, который со временем вытеснил крепкую разновидность. Так куда же делся спирт?

Дело в том, что квас сбраживают не только дрожжи, но и молочнокислые бактерии. Совместными усилиями они синтезируют этанол, молочную и уксусную кислоты, CO_2 , ароматические вещества, которые придают квасу специфический вкус и аромат. Задача изготовителей заключается в том, чтобы большая часть сахаров превратилась не в спирт, а в молочную кислоту. Этому способствуют сами молочнокислые бактерии, которые мешают спиртовому брожению. Образование спирта замедляет и невысокая температура, при которой выдерживают квасное сусло. А еще можно отрегулировать количество сахара и использовать специальные штаммы дрожжей, производящие мало спирта.

На многих современных производствах стремятся упростить технологию и готовят квас на чисто дрожжевой закваске, без молочнокислых бактерий. Брожение прерывают, убирая сусло на холод, а готовый продукт потом подкисляют. Читайте этикетку: если в состав кваса входят молочная, уксусная или лимонная кислоты, значит, этот напиток приготовлен с нарушением традиционной технологии. А уж если упоминаются подсластители, ароматизаторы и углекислота, то никакой это не квас.

Что такое кислые щи? Квас — шипучий напиток. Содержание углекислоты зависит от количества сахара в сусле на тот момент, когда его разливают по бутылкам или бочкам. Брожение после этого продолжается, хотя и не так интенсивно. Дрожжей в отфильтрованном квасе уже меньше, основная масса осталась в осадке, к тому же температура 12–14°C, при которой хранят бутылки, замедляет процесс. Но углекислый газ все равно образуется, только деваться ему из закупоренной тары некуда, и он насыщает квас. Если напиток сладкий и бутылки, прежде чем убрать на холод, выдержали при комнатной температуре, газа будет много. Специалисты подсчитали, что каждые 4 г сахара, перебродившего в закрытой литровой бутылке, поднимают в ней давление на 1 атм. Примером такого игристого кваса служат знаменитые кислые



щи. Их готовили из пшеничного и ячменного солода, пшеничной и гречневой муки, закваски, сахара и меда. Кислые щи разливали в особые толстостенные бутылки, как из-под шампанского — обычные разорвало бы. И пили шипучий напиток, как игристое вино, из стеклянных стаканов или бокалов. Можно было покрасоваться, эффектно открыть бутылку, над чем неоднократно иронизировал А.С.Пушкин. Например, в романе «Рославлев» он так пишет о всплеске патриотизма при нашествии Наполеона: «Гостиные наполнились патриотами: кто высыпал из табакерки французский табак и стал нюхать русский; кто сжег десяток французских брошюр, кто отказался от лафита и принял за кислые щи».

На самом деле напиток имеет медовый привкус, но если позволить брожению зайти слишком далеко, действительно получится кислятина. Живой квас хранится всего четыре-пять дней, после чего начинается образование уксуса. На магазинных полках бутылки стоят много дольше, потому что в них добавляют консерванты и дрожжей в таком квасе уже нет.

Зачем в квас добавляют изюм? Большинство рецептов советуют добавлять в квас изюм, иногда всего несколько ягод на бутылку. Такое малое количество не может повлиять на вкус напитка. Но высушенные виноградины покрыты слоем диких дрожжей, которые участвуют в брожении. Посмотрите на ягоды в своем квасе — на их поверхности бурно выделяются пузырьки газа.

Чем полезен квас? Состав кваса зависит от сырья, из которого он приготовлен. Ведь кроме хлебного кваса, есть еще фруктовые и овощные. Их делают, добавляя соки к хлебному квасу, или из сока, без хлеба и муки. Даже тертую морковь можно залить водой, добавить специи, сахар и дрожжи, и получится морковный квас. Изюм не забудьте.

Традиционный напиток на основе ржаного сусла богат витаминами группы В, содержит микроэлементы, в том числе кальций и магний, молочную кислоту, а также восемь незаменимых аминокислот: валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, метионин, триптофан, лизин, треонин.

Молочнокислые бактерии восстанавливают микрофлору кишечника и нормализуют пищеварение. Квас полезен людям, страдающим пониженной кислотностью, сердечникам, гипертоникам, людям с ослабленной нервной системой. Этот напиток поднимает настроение, снимает усталость и повышает работоспособность. А поскольку он еще сытный и при этом низкокалорийный (в одном литре кваса всего 200—300 ккал), то на квасе и похудеть можно.

С какими продуктами сочетается квас? Квас традиционно заедают хлебом и овощами. Простейший крестьянский летний суп, тюрю, — это хлеб и лук, накрошенные в квас. Тюрю мы уже не едим, но привыкли к окрошке — холодному овощному супу на квасе. Кулинары подчеркивают, что в настоящей окрошке должны присутствовать овощи, нейтральные по вкусу (отварные картошка, морковь, репа, свежие огурцы), и пряная зелень — лук, укроп, петрушка. Редиска, любимая многими, делает вкус окрошки более грубым. К овощной основе можно добавить отварное мясо или рыбу, но не колбасу. Обязательны сметана и яйцо. Рыбную окрошку непременно подкисляют лимонным соком.

Не путайте рыбную окрошку с ботвиньей, еще одним холодным квасным супом. При этом слове сразу вспоминается дивный хор поросят из нравоучительной драмы С.Я.Маршака «Кошкин дом»:

*Я — свинья, и ты — свинья,
Все мы, братцы, свиньи.
Нынче дали нам, друзья,
Целый чан ботвиньи.*

На самом деле ботвинья — блюдо отнюдь не свинское, а дорогое и трудоемкое. Едят его из трех тарелок. В первую наливают собственно ботвинью — суп из вареной протертой зелени с квасом, на второй подают отварную рыбу (осетра, севрюгу, лосося) и мясо раков, а на третьей — мелко нарубленный лед, который во время трапезы постоянно подкладывают в суп. Блюдо можно приготовить и без рыбы, тогда это будет просто холодный зеленый суп, так называемая неполная ботвинья.

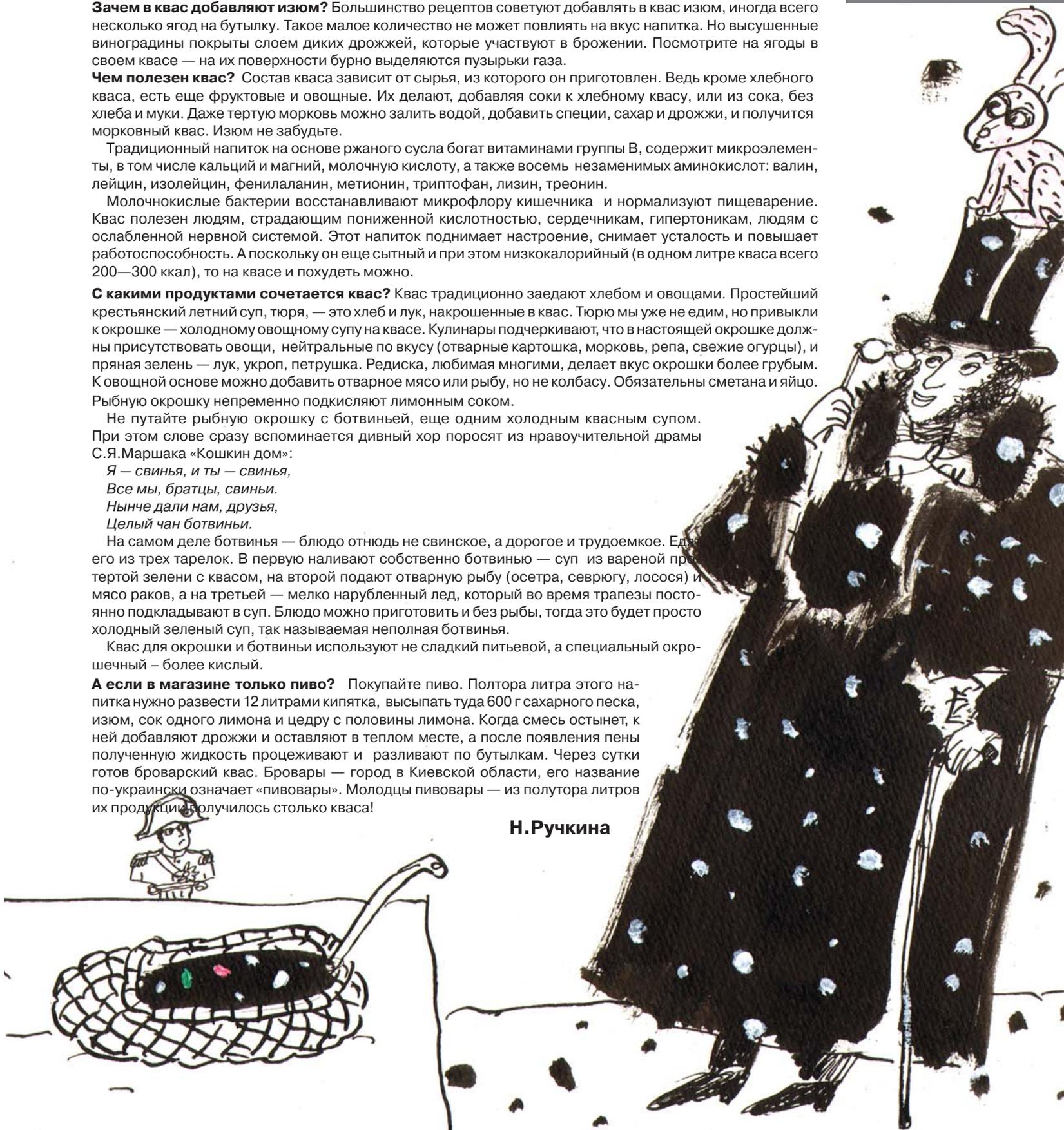
Квас для окрошки и ботвиньи используют не сладкий питьевой, а специальный окрошечный — более кислый.

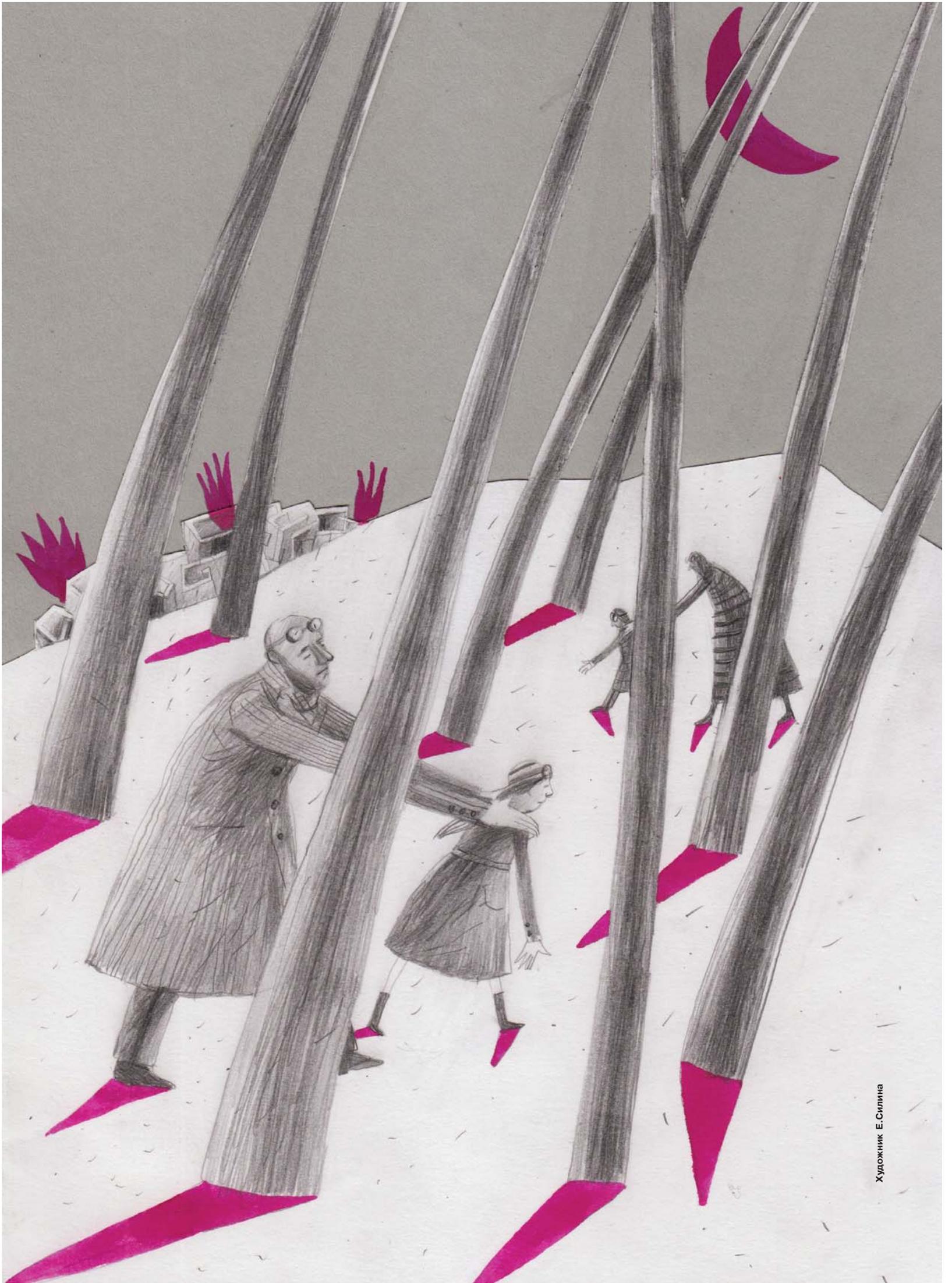
А если в магазине только пиво? Покупайте пиво. Полтора литра этого напитка нужно развести 12 литрами кипятка, высыпать туда 600 г сахарного песка, изюм, сок одного лимона и цедру с половины лимона. Когда смесь остынет, к ней добавляют дрожжи и оставляют в теплом месте, а после появления пены полученную жидкость процеживают и разливают по бутылкам. Через сутки готов броварский квас. Бровары — город в Киевской области, его название по-украински означает «пивовары». Молодцы пивовары — из полутора литров их продукции получилось столько кваса!

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ





Колесипед шестого сброа

Марина Ясинская

— Айра, у тебя опять шнурок развязался! Разве ты не помнишь, какой узел я тебе показывал?

— Помню, — ответила девочка эмм четырех, потуже затягивая шнуровку короткого плаща. — Сделать две петли, перекрестить и просунуть их в дырку в середине.

— Правильно. Так получится крепче и надежнее. — Мужчина присел перед девочкой на корточки, подергал получившийся узел. Перевел взгляд на ее лицо, заглянул в зеленые, с янтарными ободками глаза (его глаза) и одобрительно кивнул. Пружинисто поднялся на ноги. — А теперь стой в сторонке, пока я тут закончу.

Айра чуть поморщилась и почти неслышно выдохнула:

— Там так много крови!..

Мужчина, однако, услышал. И спокойно отозвался:

— Это хорошо, что много. Мы ее тщательно прокипятим; кровь — хороший источник энергии и соли.

Девочка отошла в сторону, искоса наблюдая за тем, как мужчина направился к туше олехи, подвешенной на крепком суку дерева.

Высокий и мрачный, он вытащил тяжелый нож и задержал на нем взгляд; чистое и гладкое лезвие отливало синевой. Перехватил рукоять поудобнее, недовольно пробормотал что-то себе под нос и рассек кожу олехи по животу и до самого горла. Взялся за края шкуры и резко дернул.

Шкура не подавалась.

— И какие дураки говорили, что она снимается как перчатка? — зло процедил он сквозь зубы, продолжая дергать.

Рывок. Еще один. И еще.

Наконец меховая шкура снялась.

Когда мужчина вспорол брюшину и стал вынимать внутренности, Айра отвернулась.

— У нас же есть консервы, — жалобно протянула она. — Зачем убивать олеху, она ведь такая красивая.

Не оборачиваясь, мужчина произнес:

— Потому что через несколько дней консервы могут нам понадобиться куда сильнее, чем сегодня.

Мясо олехи, запеченное в углях, оказалось вполне съедобным. По крайней мере, та часть, которая не подгорела, о чем сидевшая у костра Айра не преминула сообщить.

Услышав эту мягкую критику, мужчина усмехнулся:

— Всё равно сейчас у меня получается куда лучше, чем поначалу.



ФАНТАСТИКА

Айра кивнула. Когда они только ушли в лес, готовить на костре получалось с трудом.

Как и разводить костер.

Как и добывать что-либо, чтобы сготовить на нем...

Они снова ночевали на вершине холма. Отсюда открывался вид на долину, на блестящую полосу реки. И на город. Сейчас, когда почти все пожары уже отгорели, тот казался почти таким же, каким был до последнего Нового эмма.

Почти.

Потому что, если присмотреться, даже отсюда было видно, что на месте стеклянных витрин в просторных зданиях продажного квартала зияют черные провалы. Что рельсовки стоят без дела, вместо того чтобы катить по улицам, перевоза людей. Что огромные двери главной городской молельни снесены с петель. Что всегда ярко освещенная газовыми светляками площадь с памятником первым поселенцам шестого сброа сейчас погружена в темноту. И конечно, небо — совершенно пустое небо, без единого воздушного шара.

А мрачнее всего выглядели высокие, до пяти слоев, ночевальники на окраинах города. Темные, безжизненные, с заколоченными деревянными досками окнами...

— Пап, — нерешительно позвала девочка, с тоской глядя на четырехслойный ночевальник у самой реки, где она провела почти всю свою жизнь, — а мы точно не можем вернуться домой?

Мужчина не ответил, и Айра продолжила, словно пытаясь уговорить:

— Пожаров уже давно нет. Кажется, все успокоилось, никто больше не убивает.

Мужчина молчал. Девочка вздохнула:

— Значит, домой мы не вернемся?

В тоненьком голосе прозвучало столько тоски, что мужчина вздрогнул и перевел взгляд на дочь. Ему приходилось разрушать ее детство, самому, своими собственными руками, и он ненавидел это. Но выбора не было.

— Может быть, когда-нибудь. Но не сегодня...

Спускаться с холма было куда веселее, чем подниматься.

Темно-зеленый игольчатый лес казался застывшим, словно стеклянным, — ни шевеления, ни звука. Ни жизни.

— Пап, а почему самый густой мох растет на деревьях со стороны норда?

— Потому что с той стороны на него попадает меньше света. Мох не любит солнце.

Девочка попыталась подстроиться под широкие шаги отца. Но не получалось — через каждые пять-шесть шагов приходилось бегом нагонять.

— А почему тогда в городе мох не рос на стенах ночевальников со стороны норда? Да он вообще не рос!

— Потому что мох любит расти среди деревьев, среди зданий ему плохо.

— Да? А мне вот среди зданий, наоборот, хорошо. А в лесу мне не нравится. Помнишь, ты мне говорил, что я привыкну, говорил, когда мы уходили из города? С той поры уже вон сколько времени прошло, почти три цеса, а я все не привыкла.

— Я тоже, — едва слышно произнес мужчина себе под нос.

— Пап, — позвала девочка, не услышав ответа, — я вообще не хочу привыкать. В городе было лучше.

— Было, — мрачно отозвался он. — Пока люди не начали сходить с ума. Ты же помнишь, что там творилось? А сейчас, когда осталось всего шесть дней, туда вообще подходить опасно.

— Пап, а если через шесть дней ничего не закончится, тогда нам можно будет вернуться?

— Сначала надо эти шесть дней пережить, — последовал ответ.

Он не сразу понял, что девочка за ним больше не идет. Остановился. Оглянулся.

Айра стояла шагах в двадцати от него, опустив голову. Она плакала.

Мужчина подошел к ней, присел на корточки.

— Перестань. Ну же, Айра, перестань, ты давно не маленькая. Тебе почти четыре эммы, ты уже совсем взрослая. А взрослые не плачут.

— Не хочу быть взрослой, — всхлипнула девочка.

— Ничего не поделаешь, — вздохнул он, обнимая дочку и гладя ее по голове.

— Хочу домой! Хочу опять ходить в школу! — шмыгала носом та, уткнувшись носом ему в плечо.

Голос мужчины звучал успокаивающе. Но только голос — не слова, которые он говорил:

— Ты же знаешь, что школы давно закрылись.

— Хочу играть с ребятами на улице!

— Они все давно ушли из города, как и мы. А те, кто остались, спрятались.

— Хочу кататься на колесипеде! На том, который ты мне на день рождения подарил!

— В лесу на колесипеде не очень-то покатаешься.

— Так не честно! Я не хочу, чтобы... чтобы все кончалось!

— Никто не хочет.

— Пап, — девочка чуть отстранилась и с надеждой уставилась на отца, — пап, а вдруг в этот раз ничего не будет? Ну, вдруг мы просто побоимся — и всё?

— Мне бы тоже этого очень хотелось, — тихо признался мужчина. — Но ты же помнишь, что я тебе говорил? Что рассказывал на последний Новый эмм?

Девочка кивнула. Она помнила и рассказ отца. Почти слово в слово.

В ночь на прошлый Новый эмм они с отцом ушли из города на холм. Айре очень хотелось посмотреть на стрельбу цветным порохом и запустить свой собствен-

ный воздушный шар со свечой внутри. Но отец каким-то незнакомым, «взрослым» голосом сказал ей тогда:

— Не в этот раз.

— Почему?

— Потому что наступает девяносто девятый эмм. И, боюсь, многие начнут по этому поводу сходить с ума.

— Сходить с ума?

— Безумствовать. Бить. Грабить. Жечь. Разрушать. Убивать.

— Почему?

— Потому что им страшно.

Айра не успела спросить, почему им страшно: с вершины холма она увидела, как, словно яркие цветы, сразу в нескольких местах в городе вспыхнули пожары.

Отец оказался прав.

С того дня они проводили все меньше и меньше времени дома, пока около трех цесов назад совсем не покинули его и стали обитать в лесах в округе. Обычная, размеренная жизнь города навсегда прекратилась. По ночам с улиц раздавались звон бьющегося стекла, грубая ругань, громкие крики, а нередко — и выстрелы из ружей. Днем заколоченные деревянными досками окна ночевальников слепо пялились на пустынные улицы; люди передвигались перебежками и воровато ташили из магазинов то, что оставалось после ночных погромов.

В цесе — сто дней, в эмме — десять цесов, тысяча дней. Так говорили Айре в школе. Но никто из учителей не рассказывал, что в мире, в котором они живут, — всего сто эммов. Сто тысяч дней. И когда они истекают, наступает Сброс. Айра узнала об этом от отца в ночь на девяносто девятый эмм, когда он увел ее из города на холм, подальше от людей, которых начало последнего эммы превратило в толпу безумцев.

— И что случится? — со страхом спросила Айра тогда, глядя вниз на город. — Мы все умрем?

Девочка привыкла, что отец утешал ее, успокаивал, и страхи исчезали. Но не той ночью. Той ночью он навсегда перешел на «взрослый» голос. И слова говорил тоже взрослые. Жесткие. Страшные.

— Да, скорее всего, умрем.

— А потом?

— А потом — ничего. По крайней мере, не для нас. А для города всё начнется заново.

— Как это — заново?

— Там снова появятся люди.

— То есть умрут не все?

— Не знаю... Скорее всего, это будут совсем новые люди, которых раньше здесь никогда не было.

— А откуда они появятся?

— Этого никто не знает, Айра.

— Если никто не знает, то откуда же ты знаешь?

— Историки. Они исследовали старые здания, древние записи и выяснили, что Сброс случался уже как минимум пять раз. Мы — шестые... Помнишь памятник на площади? Памятник первым поселенцам шестого сброса? Это памятник нашим с тобой предкам, которые появились в городе девяносто девять тысяч дней назад.

— Но почему через сто эммов всё кончается?

— Этого, дочка, мы не знаем.

— А как... — голос девочки дрогнул, — а как мы умрем?

— И этого мы тоже не знаем... Историки говорят о сто тысячном дне каждого сброса как о вспышке. Наверное, какая-то болезнь. Или пожар... Не знаю.

— И ничего нельзя поделать? — Айра схватила отца за руку. — Совсем-совсем ничего?

— Не думаю, — тихо отозвался он.

На ту поляну Айра набрела случайно. Она шла по следам олехов, пытаясь копировать отца, выслеживающего добычу им на ужин, и была полностью сосредоточена на едва заметных отпечатках копыт, когда вдруг увидела пепелище, большой камень, столбы и... и всё остальное.

И закричала.

Так, как не кричала еще ни разу. Ни тогда, вскоре после Нового эмма, когда к ним в дом ворвалось двое с ружьями; ни когда она видела, как люди дрались до смерти за последние консервы в разграбленном магазине; ни когда смотрела на погибших в давке перед главной городской молельней...

Отец появился рядом внезапно, и даже сквозь темную щетину было видно, как побелело его лицо. Побелело еще до того, как он увидел поляну.

— Не смотри, Айра, не надо. Всё хорошо. Всё хорошо... — успокаивающе бормотал он, схватив дочку на руки и унося ее прочь.

— Это чудовища, да, пап? — спросила Айра тем вечером, сжавшись у костра и зажмурив глаза так крепко, будто надеялась, что из-за этого перед глазами перестанет появляться кровь... и обугленная плоть... и изувеченные тела на столбах... и внутренности на плоском камне, как будто кто-то сделал с человеком то же, что отец делал с тушей олехи...

Про чудовища рассказывала их бывшая соседка тетя Марла, дородная женщина эммов семнадцати-восемнадцати с крашеными зелеными кудряшками и с моноклем на правом глазу. Вскоре после Нового эмма в городе появилось сразу несколько людей, которых отец презрительно называл псевдопророками. Все они знали, каким будет конец; каждый обещал, что спасет своих последователей. Тетя Марла очень верила одному из них. А тот, помимо всего прочего, утверждал, что незадолго до Сброса в город придут чудовища, которые станут пожирать людей.

Девочка снова заговорила, слова вылетали быстро, будто подгоняя друг друга:

— Чудовища, о которых говорила тетя Марла, пришли, да? Конечно, пришли, сто тысячный день уже послезавтра. А ты говорил, она всё врёт! Видишь теперь сам, не врёт, это и правда чудовища.

— Это сделали люди, — резко оборвал поток ее слов отец.

— Чудовища!

— Нет, люди.

— Не верю! Зачем людям такое делать?

— Это одна из сект. Вроде тех, в которые ушла тетя Марла. Только эти хуже. Они верят, что если проведут специальные обряды, то смогут предотвратить Сброс.

— Специальные обряды... — прошептала Айра.

— Да. Есть такие секты, члены которых верят, что нужно кого-то убить, чтобы спастись самим.



ФАНТАСТИКА

Девочка долго молчала.

— Но... это ведь неправда, да? Нельзя спастись только потому, что кого-то убьешь?

— Да, неправда. Но они в это верят.

— А зачем они... — Айра сглотнула и зажмурилась, пытаясь избавиться от вновь и вновь возникающей перед глазами картины. — Зачем они их так мучили перед смертью?

Отец пристально посмотрел на девочку, и та неправильно поняла его взгляд.

— Пап, я уже не маленькая. Я видела мертвых людей. Застреленных, зарезанных, задавленных. Я видела, как ты разделявал туши животных. Я знаю, что тех людей мучили перед смертью.

— Когда людям страшно, они часто делают ужасные вещи, — ровно ответил отец.

— Но зачем?

— Потому что, когда они делают страшные вещи с другими, они на время забывают про собственный страх.

— Но это же... Это же по-настоящему ужасные вещи. Чудовищные!

Мужчина нахмурился и сказал, мрачно глядя в огонь:

— Именно из людей и получаются самые страшные чудовища.

Утром в канун стотысячного дня Айра с отцом пришли на вершину холма. Не того, с которого хорошо видно город, а другого, каменистого и очень высокого. Самого высокого в округе.

— Я не знаю, что случится, — сухо пояснил отец, — но что бы нас ни ждало, если это начнется в городе, то здесь, на вершине, мы в большей безопасности. А если — везде сразу, то... — он помолчал, потом как-то обреченно махнул рукой, — то тогда нам нигде не спастись. Так что это место ничем не хуже остальных.

День сменялся сумерками, сумерки — ночной темнотой. Поленья сгорали в костре одно за другим. То, что завтрашний день станет последним, почему-то перестало казаться невозможным, чем-то таким, что случится с другими, но только не с ней и не с отцом.

— Когда в городе снова появятся люди, они уже будут всё знать? Ну, как запустить рельсовку или поднять воздушный шар? — спокойно спросила Айра, не отрывая взгляда от огня.

— Нет. Когда появились первые поселенцы нашего, шестого сброса, им пришлось догадываться, для чего нужны разные вещи, — объяснил отец, подбрасывая

веточки в костер. — Например, водопроход. Он уже был, его построили люди предыдущего сброса, но мы научились им пользоваться только несколько эммов спустя.

— А про что-то так и не догадались?

— Да, про что-то так и не догадались.

— Наверное, им сложно будет. Ну, тем, кто придет после нас. Вот появятся они и увидят газовые светляки на улице. Только они ведь будут погасшие. Сколько пройдет времени, прежде чем люди догадаются, для чего эти столбы? А если поймут, что это для освещения, то когда еще сообразят, как их зажигать? Я вот, например, знаю, что их зажигать надо, — но ведь не умею. Или вот зайдет кто-то в наш ночевальник и увидит там мой колесипед. — Голос девочки дрогнул. — Пап, а колесипед нам тоже достался от... ну, от тех, кто был до нас?

— Нет, его придумали мы. Примерно эмм сорок назад. Так что колесипед — это изобретение нашего шестого сброса.

— Ну вот, — продолжила девочка, помолчав, — может, они так и не догадаются, что его можно оседлать. И как на нем кататься. И будет он себе лежать, совсем один, цес за цесом, эмм за эммом...

От образа любимого синего колесипеда, одинокого, пыльного, всеми позабытого и никому не нужного, на глаза навернулись слезы, и Айра тихо всхлипнула.

Мужчина обнял дочку за плечи и молча прижал к себе. Расстроенная, она не заметила, что руки отца дрожали.

Казалось, ни одна ночь еще не была такой тихой, как эта — последняя. Казалось, весь мир вокруг замер, обреченно ожидая Сброса.

Айра с трудом переносила тягостное безмолвие. И, не отрываясь, следила за тем, как медленно ночное солнце движется по небу. Когда оно достигнет пика, тогда... Да, знать бы, что тогда. Знать бы, что тогда, — и можно попытаться спрятаться. А так...

— Мне страшно, — прошептала девочка в тишину.

И вздрогнула, когда отец взял ее за руку.

И снова наступила тишина, только поленья тихо потрескивали в огне да тихо пыхали, погасая в прохладном воздухе, взлетающие над костром искры. И большая рука отца так и не отпускала ее ладошку.

— Пап, а ты веришь, что это случайно? Сто эмм?

Он не торопился отвечать.

Айра, не в силах слушать тишину и отсчитывать утекающие мгновения, каждое из которых вело к Сбросу, продолжила сама:

— А я не верю. Не может это быть просто совпадением, не может так случайно всё заканчиваться ровно через сто эмм. Да еще и пять раз подряд. Но если это не случайность, тогда кто делает это с нами? И зачем?

— Не знаю.

— Но почему за сто эмм никто так и не нашел ответа?

— Ну уж точно не потому, что не пытались, — вздохнул отец. — Версий существует много. Только знать бы, какая из них правильная.

— А в какую версию веришь ты? Думаешь, это боги? Те, о которых рассказывали по утрам в молельне? Если это они, то, наверное, зря мы им столько молились, раз они всё равно нас убивают. Потому что тогда это уже

не боги, а какие-то чудовища! — воскликнула девочка.

— Или люди, — обронил он.

— Люди? Какие люди?

— Люди. Как мы. Только из другого мира. Умнее нас. А мы для них — ну, как кукольные коробки, с которыми ты играла.

— Я не ломала свои куклы каждый эмм, — тихо возразила девочка.

— Люди бывают разные.

— Это та версия, в которую ты веришь, да, пап? А что еще?

Мужчина подбросил в костер несколько веток и задумчиво проследил за взметнувшимися в воздух искрами. Потом тихо начал:

— Представь себе, что мир этих людей в прошлом тоже уже несколько раз заканчивался. У нас было пять массовых вспышек, а у них... ну, не знаю... пять массовых заморозок, что ли. Только не раз в сто эмм, а, положим, раз в сто тысяч эмм. Или даже больше.

Айра слушала, затаив дыхание. Отец уже давно не делился своими мыслями. Почему же именно сейчас? «Ему тоже страшно», — вдруг догадалась она. И стиснула ладошкой его жесткую руку. Затем продолжила — за него:

— И они, как и мы, не знают, кто делает это с ними и почему? И тоже боятся конца, да?

— Да, — подтвердил он, глядя на ночное солнце, а казалось, сквозь него, словно хотел где-то там, на небе, разглядеть этих самых людей. — И тогда они придумали нас. И решили сделать с нами то же самое, что кто-то делает с ними.

— Зачем? — тихо спросила Айра, замороженная мыслью о людях, так похожих на них, только гораздо сильнее, умнее и мудрее. Мыслью об их городе. Или даже о многих городах, где ночевальники не по пять слоев, а... а по сто! Такие высокие, что крышами задевают за небо. Рельсовки, которые катятся по дорогам без рельс. Уличные светляки, загорающиеся сами собой. А еще эти люди, наверное, умеют летать...

— Зачем? — повторил отец и неожиданно прижал девочку к себе, словно стараясь оградить от неведомой опасности. — Чтобы понаблюдать за нами. Посмотреть, не придумаем ли мы чего-нибудь, чтобы спастись. Что-нибудь такое, чего они не смогли придумать сами, понимаешь?

В руках отца было спокойно. Так спокойно, что уже не было дела до ночного солнца, подходящего к своему пику.

— И вот они смотрят на нас и ждут, что же придумаем мы, чтобы спастись. И если у нас однажды получится, то они попробуют сделать то же самое, когда подойдут к концу своих ста тысяч эмм.

— Пап, ты правда думаешь, что это на самом деле кто-то с нами специально делает? Какие-то другие люди? Из другого мира?

— Не знаю, Айра. Это всего лишь версия. Одна из нескольких... Начнем копать... Ты уроки уже сделала?

— Уроки? — Айра отпрянула от отца, обеспокоенно заглядывая ему в глаза.

— Два стакана воздуха, — пробормотал он, глядя мимо девочки.

— Папа, что с тобой?
— Да, поиграй, только возвращайся до заката, хорошо?

— Папа! — закричала Айра, вскакивая на ноги и тряся отца за плечи. — Папа, ты меня слышишь?

— Свет! — вдруг закричал он и закрыл глаза руками. Как больно!

Какой свет? Айра испуганно огляделась. Их окружала темнота безмолвного леса. Единственный свет, слабый и серебристый, шел от бледного ночного солнца.

Девочка вскрикнула, увидев, что оно достигло своего пика.

— Уберите! — снова закричал отец. — Уберите этот свет! Слишком яркий! Уберите!

Он еще долго кричал в темноте ночного леса. А потом затих и не слышал, как Айра плакала над ним до самого утра.

— Вот так. Делаешь две петли, перекрещиваешь, а потом просовываешь их в дырку посередине. Так получается и крепко, и надежно. Я тебе вчера показывала, помнишь?

Высокий мужчина с заросшим темной щетиной лицом и зелеными, с янтарным ободком глазами рассеянно смотрел на то, как девочка эмм четырех завязывает ему шнурки на плаще.

— Помнишь? — настойчиво повторила девочка.

Мужчина наморщил лоб, потом прикрыл глаза и прижал пальцы к вискам, пытаясь сосредоточиться. Однако несколько мгновений спустя зажмурился, закрыл глаза руками, словно защищаясь от болезненно яркой вспышки света, и захныкал:

— Больно!

Девочка тяжело вздохнула. Каждая попытка мужчины что-то вспомнить или запомнить теперь кончалась только так.

— Всё хорошо, — сказала она и подтолкнула его к ручью. — Умойся, тебе станет легче.

Мужчина нехотя наклонился, зачерпнул воды и тут же встряхнул руками:

— Холодная! — А потом засмеялся, следя за тем, как водяные брызги засверкали в воздухе.

— Я знаю. Но умыться надо! — твердо проговорила девочка и вдруг насторожилась, услышав чьи-то голоса.

Несколько мгновений спустя на противоположном берегу показалось двое — маленький мальчик эмм двух и женщина, которую он вел за собой, держа за руку.

Увидев Айру, мальчик испуганно застыл. Потом перевел взгляд на мужчину, радостно хлопающего рукой по воде, и тяжело вздохнул.

— Вот здесь можно ловить рыбу, — устало сказал он женщине.

— Рыбу... Ловить...

— Удочкой. Как вчера, помнишь?

Женщина закрыла глаза и замотала головой, всхлипывая:

— Нет! Не помню! Не помню!

Мальчик опять вздохнул:

— Ладно, пойдем, мам.

Они медленно направились вверх по ручью, и Айра еще долго провожала их пристальным взглядом. Потом



ФАНТАСТИКА

повернулась к мужчине.

— Пошли, проверим ловушки, — позвала его. — Консервов у нас не осталось, а поесть нам надо. Так что будем надеяться, кто-нибудь попался. И что у меня получится развести костер, — закончила тихо.

Мужчина послушно зашагал за ней. Затем вдруг остановился, разглядев что-то среди деревьев.

— Что там? — спросил он.

Айра проследила за его взглядом. Сквозь стволы деревьев открывался вид на долину и на тихий, безжизненный город.

— Там наш дом, — ответила она.

— Дом? А что это такое?

— Это такое место, где... где ночуешь каждый день. —

Девочка подбирала слова медленно, словно с трудом вспоминая о доме. — Там тепло и сухо. Стол, за которым можно есть. Кровать, чтобы спать. Много одежды... Кухня — ну, такая комната с очагом, где готовишь еду. Книги — там записаны разные интересные вещи... И колесипед...

— Колесипед?

— Да, колесипед, — мечтательно подтвердила девочка и улыбнулась, словно вспомнила о чем-то приятном. — Изобретение прошлого, шестого сброса. — Она встряхнула головой и посмотрела на мужчину. — В общем, дом — это где тебе всегда хорошо и спокойно, понимаешь, пап? Безопасно.

— Дом... — задумчиво произнес он. — А почему мы там не живем?

— Нам пришлось уйти, когда... когда в городе появились чудовища.

— Чудовища? Какие чудовища? — испуганно спросил мужчина, хватаясь за руку девочки.

— Такие, которые получаются из людей. — Она почему-то грустно усмехнулась.

— А мы когда-нибудь вернемся домой?

В голосе мужчины было столько надежды, что девочка на миг зажмурилась, глотая непрошеные слезы. Она ненавидела себя за то, что приходится его разочаровывать. Но выбора не было.

— Может быть, когда-нибудь. Но не сегодня.





Художник В. Мисюк

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Шепот звезд

Когда человек рассказывает, что он слышал шепот звезд, это воспринимается как романтическая фантазия. А зря. Шепот по крайней мере одной звезды — Солнца — каждый может уловить невооруженным ухом, если поедет на север любоваться полярными сияниями. Как известно, их зажигает взаимодействие верхних слоев атмосферы с заряженными частицами солнечного ветра.

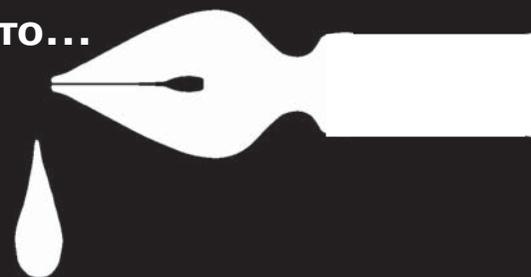
О том, что это удивительное явление сопровождается звуками, рассказывает фольклор северных народов, это же подтверждают и современные наблюдатели, причем одни слышат отдаленный шум и что-то вроде бормотания, другие — потрескивание и приглушенные хлопки.

Положить конец неясным слухам решили финские исследователи из университета Аальто во главе с профессором Унто Лайне (агентство «AlphaGalileo», 9 июля 2012 года). В месте наблюдения за полярными сияниями они поставили три независимых микрофона. С их помощью фиксировали все звуки, а потом сравнивали с данными финского Метеорологического института, которые содержали информацию об аномалиях геомагнитного поля: в моменты полярных сияний они имеют хорошо заметные особенности. Сопоставление данных подтвердило: в моменты сияния действительно раздаются специфические звуки. Они возникают на сравнительно небольшой высоте — 70 метров над поверхностью Земли — и распространяются достаточно далеко, чтобы их могло услышать много людей. Правда, для этого нужно скрыться от городского шума, который заглушает слабый шепот звезды.

Что же касается механизма явления, то он неизвестен. Предполагают, что появление звуков вызвано или самими частицами высоких энергий, порождающими полярное сияние (и тогда это скорее не шепот, а завывание солнечного ветра), или колебаниями геомагнитного поля. Во всяком случае, теперь, когда существование явления установлено, можно с научной тщательностью заняться поиском ответа на этот вопрос.

С.Анофелес

Пишут, что...



...среди всех известных потенциально опасных объектов 99,8% сближаются с орбитой Земли на скоростях до 40 км/с, и лишь 0,2% устремляются к нашей планете быстрее, при теоретически возможной максимальной скорости 72 км/с («Космические исследования», 2012, т. 50, № 3, с. 229—233)...

...низкочастотные колебания вмерзших в лед скоплений газовых пузырьков из углеводородных источников на дне океана позволяют разработать методы дистанционного обнаружения подводных газовых факелов в арктических морях («Акустический журнал», 2011, т. 57, № 3, с. 398—408)...

...экологически чистый процесс окисления микронного порошка алюминия водой при температурах более 100 градусов и нормальном атмосферном давлении можно использовать для создания генераторов водорода малой и средней мощности, обеспечивающих одновременное получение товарного водорода, тепла и гидроксида алюминия заданной структуры («Известия РАН. Энергетика», 2012, № 3, с. 66—79)...

...впервые в России проведены исследования частоты опыления нетрансгенной пшеницы пылью трансгенной линии на расстояниях от одного до трех метров; частота дрейфа трансгенов в семенах нетрансгенных растений составила 0—0,797% («Сельскохозяйственная биология», 2012, № 3, с. 37—45)...

...биотестирование воды из снега, собранного в различных районах Красноярск, характеризует ее как токсичную и очень токсичную («Инженерная экология», 2012, № 3, с. 38—50)...

...предложена методика снижения вредных выбросов на металлургических предприятиях путем разогрева доменного воздуха нагревателем специальной горелкой с автоматизированным управлением («Проблемы региональной экологии», 2012, № 2, с. 196—198)...

...в окрестностях медеплавильного завода общие затраты энергии мухоловки-пеструшки на одного слетка увеличиваются в 1,2 раза в связи с потерями из-за гибели части потомства («Экология», 2012, № 3, с. 196—203)...

...по данным полевых измерений, аэро- и космических съемок, ширина песчаных пляжей под Анапой уменьшается, необходимо принять меры для их стабилизации («Земля из космоса», 2012, № 13, с. 38—41)...

Пишут, что...

...содержание бенз(а)пирена в донных отложениях озера Байкал значительно превышает норму в районе сточных вод байкальского целлюлозно-бумажного комбината («Метеорология и гидрология», 2012, № 7, с. 66—76)...

...подлинной экологической катастрофой в ближайшие десятилетия может стать не потепление климата, а трансформация ландшафтов вследствие изменения землепользования в тропиках («Известия Русского географического общества», 2012, т. 144, № 3, с. 17—23)...

...почти каждый мужчина — спринтер или штангист, участвующий в Олимпиаде, имеет «ген силы» — аллель 577R гена *ACTN3*, а у знаменитого лыжника, семикратного олимпийского медалиста Ээро Мянтюранта найдена мутация в гене *EPOR*, резко повышающая производство эритроцитов («Nature», 2012, т. 487, № 7407, с. 297, doi:10.1038/487297a)...

...мужской олимпийский рекорд в прыжках с шестом в 60-е годы вырос почти на метр, после того как шесты начали изготавливать из стеклопластика («Nature Materials», 2012, т. 11, с. 655—658, doi:10.1038/nmat3382)...

...создана программа, генерирующая последовательности звуков, которая помогла выяснить, как влияют предпочтения слушателей на эволюцию музыки и каким образом музыка возникает из шумов путем отбора («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2012, т. 109, № 30, с. 12081—12086, <http://soundcloud.com/uncoolbob/sets/darwintunes/>)...

...летучие метаболиты прорастающих семян капусты, моркови, салата, кукурузы могут быть единственным источником углерода и энергии для бактерий — возбудителей псевдотуберкулеза и листериоза («Прикладная биохимия и микробиология», 2012, т. 48, № 3, с. 308—312)...

...при охоте на лося семейная пара волков наносит меньше укусов, чем стая, поскольку молодые волки еще нуждаются в обучении («Успехи современной биологии», 2012, т. 132, № 3, с. 259—267)...

...физик-теоретик Стивен Хокинг, почти полностью парализованный, испытывает прибор iBrain от компании «NeuroVigil, Inc», который распознает движения, производимые мысленно, и таким образом поможет ему общаться с окружающими («New Scientist», 2012, № 2873, с. 4)...

Художник В. Мисюк



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Удар, еще удар! Гол?

Обидно вылететь из футбольного турнира только потому, что судья не заметил, как мяч пересек линию ворот, прежде чем его оттуда выбил оказавшийся за вратарем футболист, — именно такое несчастье случилось со сборной Украины во время чемпионата Европы 2012 года. Похоже, что уже в декабре этого года с подобными ошибками будет покончено: на совещании 5 июля руководство ФИФА приняло решение использовать электронную систему слежения за голами (агентство «AlphaGalileo», 10 июля 2012 года). Такой системой должны быть оснащены все стадионы, а официально ее впервые применят на матчах Кубка чемпионов, которые в декабре пройдут в Японии. До этого система будет работать в тестовом режиме.

На самом деле для оснащения стадионов решено использовать две конкурирующие системы, которые после напряженной борьбы, длившейся с ноября прошлого года, победили остальных шестерых конкурентов. Вот как работает «ГолРеф», созданная инженерами из Фраунгоферовского института интегральных систем.

Десять антенн, расположенных за воротами и сбоку от них, формируют и контролируют слабое магнитное поле на линии ворот. Мяч — неотъемлемая часть системы, потому что он содержит в себе крохотные катушки. Оказавшись в створе ворот, они искажают магнитное поле. Система анализирует эти искажения и определяет, пролетел ли мяч полностью линию ворот или еще нет. Если гол состоялся, зашифрованный радиосигнал отправляется в устройство на запястье судьи, которое начинает вибрировать, издавать звуки — в общем, привлекает к себе внимание.

Основная часть системы построена на известных принципах защиты от воров. Создание же мяча потребовало дополнительных усилий: все-таки это не простой высокотехнологичный мяч, он должен выдерживать пушечный удар профессионального футболиста вроде Рональдо или Ринальдо. С его созданием успешно справились датские партнеры немецких инженеров. В общем, у болельщиков появилась надежда на то, что теперь беспристрастная электроника снизит уровень беспардонного подсуживания в пользу команды противника. С другой стороны, у специалистов по радиотехнике есть возможность испробовать свое искусство для глушения или искажения сигнала, поступающего судьей в критический для любимой команды момент.

А. Мотыляев

63



С.Н.ОРЖЕВСКОЙ, Санкт-Петербург: Черный облицовочный камень с синими «зеркальцами», отражающими свет, то есть с эффектом иризации, — скорее всего, лабрадорит; кстати, иризация некоторых видов лабрадора бывает и зеленой, и золотистой, и даже красной.

А.А.ПЕСКОВУ, Саратов: Торфотуф — это торф из низинных торфяников, богатый известью, применяется как известковое и органическое удобрение.

М.К.АКИМОВУ, Брянск: Жирное пятно с неокрашенной древесины можно удалить составом для обессмоливания (все компоненты в граммах): горячая вода — 1000; питьевая сода — 40—50; поташ — 50; мыльные хлопья — 25—40; спирт — 10; ацетон — 200; промойте поверхность этим раствором, потом водой и высушите.

Т.Н.ВАСНЕЦОВОЙ, Москва: Сахар может содержать сернистый ангидрид, поскольку обработка SO_2 предусмотрена на одной из стадий производства; это нам не кажется ужасным, потому что серный ангидрид широко используют в качестве антисептика в пищевой и винной промышленности.

В.В.БУТУРЛИНОЙ, Ижевск: «Серым вином» называют летнее вино, менее интенсивно окрашенное, чем розовое, поскольку при изготовлении оно проводит мало времени в контакте с кожицей винограда; ничего обидного для вина или виноделов в этом названии нет.

С.Л.ИЛЮХИНУ, Одесса: Никто не знает, жива ли сейчас светящаяся крольчиха Альба, — ее создание было не научным, а художественным проектом, но первые презентации прошли в 2000 году, а средняя продолжительность жизни кролика — десять лет...

М.С., электронная почта: Опытные химики говорят, что запахи этанола и метанола на самом деле можно различить, но от соблюдения техники безопасности это не освобождает.

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: Очередной конкурс фантастики этой осенью обязательно состоится, и пройдет он по «классическим» правилам, то есть принять в нем участие смогут все желающие.

Главы государств, владельцы рудников

Минералов, посвященных главам государств, на удивление мало. Найденный в 1829 году в Бельгии минерал **виллемит** Zn_2SiO_4 был изучен французским минералогом и кристаллографом Арманом Леви (1794—1841) и назван в честь первого короля Нидерландов Вильгельма, иначе Виллема I (1772—1843). Сам Леви тоже дал основание назвать в свою честь минерал **левин**. Различают натриевый и кальциевый левины, их общую формулу можно представить в виде $(Ca, Na_2, K_2)Al_2Si_4O_{12} \cdot 6H_2O$.

В честь президентов США Томаса Джефферсона (1743—1826) и Франклина Делано Рузвельта (1882—1945) были названы минералы **джефферсонит** $Ca(Mn, Zn, Fe)Si_2O_6$ и **рузвельтит** $BiAsO_4$. Последний был открыт немецко-балтийским химиком Робертом Герценбергом (1885—1955) в Боливии в 1946 году, на следующий год после кончины Рузвельта. А в честь самого Герценберга (он открыл восемь новых минералов) был назван минерал **герценберgit** SnS .

Красивый минерал **александрит** (редкая разновидность хризоберилла $BeAl_2O_4$) носит имя цесаревича Александра. Минерал был найден на Урале в 1834 году, по некоторым данным — 17 апреля, в этот день будущему Александру II исполнилось 16 лет и он принял присягу на верность.

В 1884 году Джон Т.Эванс из Академии наук штата Калифорния открыл и классифицировал найденный в рудниках в калифорнийской долине Смерти минерал состава $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$. Он предложил назвать его в честь владельца рудников и основателя промышленности по добыче бора в Калифорнии Уильяма Телля Колемана (1824—1893). Тот, в свою очередь, предложил название «смитсонит», в честь британского химика и минералога Джеймса Смитсона (1754—1829). Однако минерал **смитсонит** уже был известен — это карбонат цинка $ZnCO_3$. Так и осталось за сложным боратом кальция имя **колеманит**.

Минерал **клинтонит** — хрупкая слюда состава $Ca(Mg, Al)_3(Al, Si)_4O_{10}(OH, F)_2$ — был назван по имени американского дипломата и юриста, мэра города Нью-Йорка и губернатора штата Нью-Йорк Клинтона Девитта (1769—1828).

Еще один владелец рудника в Колумбии, Хосе Парис, оставил свое имя в названии минерала **паризита** (parisite) $Ca(Ce, La)_2(CO_3)_3F_2$. В 1845 году Парис послал образцы минералов начальнику охраны Ватикана, а также минералогу и поэту Лавино Спада де Медичи (1801—1864). Среди образцов Спада обнаружил не известный ранее фторокарбонат кальция и церия с лантаном, который назвал по имени Париса. Сам Спада тоже остался в истории минералогии: в его честь назван **спадаит** $MgSiO_2(OH)_2 \cdot H_2O$.

Минерал **треворит** $NiFe^{III}_2O_4$ был назван в честь геолога, британского инспектора рудников в районе Претории в южноафриканской провинции Трансвааль Тудора Груффиды Тревора (1865—1958).

Нередки случаи, когда минералы получают название по имени любителя — собирателя камней или просто в честь знакомых и родственников. Вот несколько примеров.

Кейит $Cu_3(Zn, Cu)_4Cd_2(AsO_4)_6 \cdot 2H_2O$ был назван по фамилии Чарльза Локке Ки (Кей), американского коллекционера и торговца минералами, от которого поступил первый образец минерала. А в честь его и его коллеги Фредерика Лудлова Смита получил название **лудлокит** $(Fe^{II}, Pb)As^V_2O_6$.

В 1856 году ирландский путешественник и естествоиспытатель Джозеф Барклай Пентланд (1797—1873) нашел новый минерал — сульфид железа и никеля состава $(Fe, Ni)_9S_8$, который назвали **пентландитом**.

Железосульфидный минерал **троилит** FeS назван по имени итальянского аббата Доминико Троили, который в 1766 году обнаружил и описал небольшие отливающие латунным блеском вкрапления в метеорите, упавшем недалеко от Модены в Северной Италии. Троили назвал их «маркезита», и долго считали, что это известный минерал **пирит** FeS_2 . И только в 1862 году уже встречавшийся нам неоднократно немецкий минералог Густав Розе провел химический анализ минерала и установил его



Александрит



Пентландит



Бадделейт

Все фото А.А.Евсеева <http://geo.web.ru/druza/>



Чкаловит



Колеманит



Левин



Смитсонит



Виллемит



Паризит



Троилит



ИМЕНА МИНЕРАЛОВ

правильную формулу. Он же и назвал его троилитом; позже этот минерал нашли и на Земле. Кстати, хорошо известен и минерал **марказит**, диморфный пириту, то есть имеющий другую кристаллическую решетку. Ограниченные кристаллы пирита в украшениях иногда называют марказитом.

Кристаллический диоксид циркония ZrO_2 в своей стабильной моноклинной форме (в отличие от кубической — фанита) встречается в природе в виде минерала **бадделейта**. Впервые он был найден в 1892 году на Шри-Ланке вла-

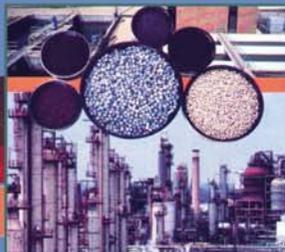
дельцем чайной плантации Джозефом Баддели. Редкий минерал **бассанит** $2CaSO_4 \cdot H_2O$, продукт обезвоживания гипса, был открыт в 1910 году итальянским минералогом и химиком профессором университета в Неаполе Ферручио Замбонини (1880—1932). Он назвал его в честь своего коллеги по университету, геолога и палеонтолога Франческо Бассани (1853—1916), который не имел отношения к минералам, а был специалистом по окаменелостям рыб.

Открытый в 1938 году минерал состава $Na_2BeSi_2O_6$ назвали **чкаловитом** в память

погибшего в том году Валерия Павловича Чкалова (1904—1938), первого летчика, совершившего беспосадочный перелет из Москвы в США через Северный полюс. А в честь киноактрисы Людмилы Алексеевны Чурсиной был назван минерал **чурсинит** $Hg'Hg''(AsO_4)_2$, найденный в 1984 году В.И.Васильевым и др. Возможно, это единственный в мире случай, когда минерал назван по имени актрисы.

О некоторых минералах, названных в честь женщин-геологов, — в следующий раз.

И.А.Леенсон



РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...



ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ



ATACON 2010

РИФОРМИНГ * БИФОРМИНГ * ИЗОМЕРИЗАЦИЯ

АЛКИЛИРОВАНИЕ * ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

ATACON 2008

МНОГОЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 100 АТМ)

ATACON 2011

УСТАНОВКА ТЕРМОПАРОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕКИНГА

ATACON 2010

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ВАКУУМНОГО ГАЗОИЛЯ

ATACON 2009

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ И ВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ

ATACON 2010

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ РЕАКТОРОВ-РИФОРМЕРОВ

ATACON 2011

УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

ATACON 2009

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПАРАФИНОВЫХ И ОЛЕФИНОВЫХ С3-С4 УГЛЕВОДОРОДОВ

ATACON 2011

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОКРЕКИНГА ГУДРОНА И ДРУГИХ ТЯЖЕЛЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ

ATACON 2009

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПРОПИТКИ

ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫГРУЖЕННЫХ, ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА, ОБРАЗЦОВ КАТАЛИЗАТОРА
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ И СПОСОБОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Лабораторные Каталитические Установки
Технологические Стенды