



Ж

6
2009

С
Н
З
И
Ж
И
В
И
М
И
Х





НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н.Стрельникова

Заместитель главного редактора

Е.В.Клещенко

Ответственный секретарь

М.Б.Литвинов

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 2.6.2009

Адрес редакции:

125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1

Телефон для справок:

8 (499) 978-87-63

e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

<http://www.informnauka.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Габриэля Метца «Een
Raretende vrouw». Как добиться, чтобы
молоко шло только на пользу, читайте
в статье «Пейте, люди, молоко...».

*Если машина
работает — не выключайте!*

*Первое правило
техники*

Содержание

Роснаука

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ИЗ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ	2
ВОРОВСТВУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ — НЕТ	2
КАТАЛИЗАТОР ИЗ ПЫЛИ И ПЛАЗМЫ	2
НАНОЛЕКАРСТВО ЛУЧШЕ ЛЕЧИТ И МЕНЬШЕ ВРЕДИТ	3
ОТЛИЧНОЕ ЗРЕНИЕ ДО ГЛУБОКОЙ СТАРОСТИ	3
СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ИЗ ЖИРА НЕБЕЗОПАСНЫ?	3
ГЕНЕТИКА РЕКОРДНЫХ НАДОЕВ	3

Эксперимент

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВНЕЙ ДНК. Е.И.Рогов	4
--	---

Расследование

СНОВА О ГЕНЕТИКЕ ЦАРСКОЙ СЕМЬИ. Е.Клещенко	8
--	---

А почему бы и нет?

НАНОГРАФИТ ДЛЯ АТМОБИЛЯ. П.В.Крюков	14
---	----

Калькулятор

ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ. Ф.Манилов	18
--	----

Технологии

РЕКОРДНЫЕ ШВЕЙЦАРСКИЕ ОБОРОТЫ. А.Мотыляев	19
---	----

Химики — нобелевские лауреаты

ТРЕТИЙ МУШКЕТЕР. И.А.Леенсон	20
------------------------------------	----

Проблемы и методы науки

ХИМИЧЕСКИЙ ПОДСОЛНУХ. М.М.Левицкий, Д.С.Перекалин	26
---	----

Расследование

ПОЧЕМУ ПРЕДСКАЗЫВАЛА ПИФИЯ. Р.М.Харасов	32
---	----

Словарь науки

СКОЛЬКО ХИМИЙ НА СВЕТЕ. Н.Е.Аблесимов	34
---	----

Здоровье

ПЕЙТЕ, ЛЮДИ, МОЛОКО... В.Б.Романихин, М.Б.Кузьмин	38
---	----

Что мы пьем

ЖИДКИЙ ХЛЕБ. С.В.Коваль	42
-------------------------------	----

А почему бы и нет?

ГАЛАКТИКА В КАПЛЕ МОЛОКА. В.И.Миркин	46
--	----

Проблемы и методы науки

ИНОПЛАНЕТНЫЕ НОВОСТИ. С.Анофелес	49
--	----

Портреты

МЕНДЕЛЕЕВИЯ. Е.В.Бабаев	51
-------------------------------	----

Фантастика

ТУЧКА НЕБЕСНАЯ. Ник Средин	56
----------------------------------	----

Непростые ответы на простые вопросы

РЕПА. Н.Ручкина	60
-----------------------	----

Материалы нашего мира

ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ. М.Демина	64
---------------------------------------	----

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	12	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	35, 59	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	16, 41, 45	ПЕРЕПИСКА	64



Дорогие читатели! Мы открываем новую информационную рубрику, в которой будем знакомить вас с научными исследованиями и разработками, выполняемыми российскими исследователями при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям «Роснаука». Все исследования, представленные в новой рубрике, выдержали конкурс и получили государственное финансирование в рамках контрактов федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (www.fcpir.ru). Наше представление будет кратким, поскольку результаты многих исследований подлежат патентованию. А кроме того, нам бы хотелось представить вам как можно большее количество лабораторий, институтов и научных центров, занимающихся исследованиями в наших с вами интересах.

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ИЗ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Истощение запасов нефти и газа побуждает искать альтернативные источники углеводородов. Наиболее перспективными из них признаны газогидратные месторождения, в которых природный газ находится в виде твердого соединения с водой. Это своего рода «горючий лед», в котором молекулы метана надежно упакованы в ажурные ледяные клетки из молекул воды. Месторождения газогидратов находят в зоне вечной мерзлоты (2% мировых запасов), а также на дне морей и океанов (98%). Один кубометр газогидрата содержит примерно 200 кубометров природного газа. Запасы газовых гидратов в сотни раз превышают запасы нефти и природного газа на Земле. Причем на долю России приходится едва ли не большая их часть, поскольку ее береговая линия весьма протяженная, а более 60% территории – это зона вечной мерзлоты. Проблема в том, как добыть замороженный газ, вырвать метан из ледяного плена и при этом не рассеять его в воздухе.

Сотрудники Российского государственного университета нефти и газа им. И.М.Губкина (контракт 02.515.11.5018) разработали несколько технологий извлечения газа из таких месторождений. Все они основаны на различных способах разрушения и нагрева смерзшейся глыбы газового гидрата. Самое красивое технологическое решение – так называемая интеллектуальная скважинная система, которая пронизывает газогидратный пласт и находящийся под ним пласт с термальной

водой. Горячую воду закачивают в газогидратный пласт, и она разрушает гидрат, в результате чего выделяется метан. Технология обеспечивает полное извлечение метана из пласта и экологически безопасна.

Новые решения защищены несколькими патентами, проведены успешные промысловые испытания на Мессояхском месторождении в Красноярском крае.

ВОРОВСТВУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ — НЕТ

Как найти повреждение в линии электропередачи? С помощью метода дистанционного частотного зондирования, разработанного специалистами Московского энергетического института (контракт 02.516.11.0012). Диагностический комплекс позволяет меньше чем за минуту получить информацию о характере и месте повреждения линии электропередачи с точностью до расстояния между соседними опорами ЛЭП. В отличие от других подобных систем, комплекс контролирует работу линии не только в аварийном (короткое замыкание или обрыв), но и в рабочем режиме. Кстати, с его помощью, в частности, можно зафиксировать факт несанкционированного подключения к линии и точно установить место подключения. Вообще, разработанные методы диагностики позволяют выявлять любые дестабилизирующие хаотические процессы в электротехнических системах. А используя результаты, можно управлять электротехническими системами, для чего создан дополнительный «комплекс адаптивного управления».

КАТАЛИЗАТОР ИЗ ПЫЛИ И ПЛАЗМЫ

Катализаторы, то есть вещества, ускоряющие химические превращения, – основа химических технологий. Для многих процессов, особенно при работе с органическими веществами, лучшими катализаторами оказываются благородные металлы – палладий, платина или рутений. Поэтому перед создателями катализаторов всегда стоит задача экономии этих металлов. Оптимальная схема – взять мелкие частицы носителя и покрыть их монослоем каталитического металла. Добиться монослоя пока что не удается, но с помощью нанотехнологий уже получено покрытие толщиной в десятки атомов.

Для создания нового катализатора ученые из Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (ГНЦ ТРИНИТИ) использовали явление пылевой плазмы (контракт 02.513.11.0005). Его суть состоит в том, что заряженные пылинки, ограниченные стенками сосуда, образуют облако и левитируют, не прикасаясь друг к другу. Поэтому на них легко нанести покрытие: достаточно распылить в этом сосуде атомы наносимого вещества. Что и было сделано методом магнетронного распыления металлической мишени.

В проведенных экспериментах пылевую плазму создавали из частиц оксида алюминия и диоксида кремния размером 9 и 8,5 мкм соответственно, а распыляли материал, который содержал палладий. В результате на поверхности частиц-носителей формировалось покрытие толщиной 10–20 нм. От 5 до 17% его поверхности занято островками палладия диаметром 2–6 нм, общая же концентрация палладия в катализаторе не превышает 0,8 атомных процента. Этот катализатор отлично работал в реакции дегидрирования пропана. Однако сама технология, не имеющая аналогов в мире, позволяет не только получать малые инертные частицы с активным покрытием нанометровой толщины из самых разных веществ, но и делать из них каталитические мембраны с нанометровым размером пор. Использование таких мембран в химическом производстве



дает возможность во многих случаях перейти к непрерывным процессам, в которых не теряются драгоценные металлы, уменьшается количество отходов, а потребность в высоких давлениях отпадает. Мембранные катализаторы также хороши для малогабаритных топливных элементов и для окисления выхлопных газов автомобилей. В последнем случае мировой рынок оценивается в 450 млрд. рублей в год.

НАНОЛЕКАРСТВО ЛУЧШЕ ЛЕЧИТ И МЕНЬШЕ ВРЕДИТ

Лекарства, упакованные в наночастицы, гораздо лучше традиционных. Во-первых, действующее вещество оказывается защищенным от воздействия организма и невредимым достигает целевого органа, где и высвобождается, снижая тем самым побочные действия на другие органы. Во-вторых, в организм удается вводить вещества, которые не растворяются в биологических жидкостях. Наконец, перемещением такого лекарства в организме можно управлять с помощью внешних полей. Все эти возможности присущи препаратам на основе наночастиц, изготовленным на химическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова (контракт 02.513.11.0019).

Для каждого препарата исследователи выбрали свою форму наноупаковки. Например, стрептокиназу, рассасывающую тромбы (внутривенное введение таких веществ позволяет снизить смертность от острого инфаркта миокарда на 24%), они заключили в микрокапсулы из полиэтиленгликоля. У полученного препарата терапевтический эффект увеличился втрое, а побочные эффекты снизились вдвое. Более того, оказалось, что препарат можно применять при лечении острого инфаркта еще до прибытия пациента в больницу.

Соевый белок, обладающий активностью против рака яичников, простаты и толстой кишки, исследователи заключили в липосомы — крошечные жировые капсулы. Полученные липосомы ученые вводили в разные участки желудочно-кишечного тракта. Оказалось, что препарат можно принимать в виде таблеток и он обладает сильным профилактическим действием. Этот препарат может заместить импортный Doxil с экономическим эффектом 168 млн. долларов в год.

Ферромагнитные частицы, на которые нанесено покрытие в виде лекарственного препарата, можно направлять с помощью внешнего магнитного

поля в больной орган и концентрировать в нем. В частности, под действием слабого постоянного поля такие препараты преодолевают гематоэнцефалический барьер и попадают в мозг. Пока ученым удалось покрыть ферромагнитные наночастицы оболочкой из L-аспарагиновой аминокислоты. Такие частицы будут служить сырьем для изготовления многих препаратов, как лекарственного, так и биотехнологического назначения, поскольку к этой кислоте можно присоединить практически любой препарат белковой природы. Кстати, среднемировые цены на подобного рода продукцию составляют примерно 300 тыс. долларов за грамм.

ОТЛИЧНОЕ ЗРЕНИЕ ДО ГЛУБОКОЙ СТАРОСТИ

Потеря зрения с возрастом когда-то считалась неизбежной и неизлечимой. Лечить ее действительно трудно: если при катаракте возможна хирургическая замена хрусталика, то при дегенерации светочувствительной сетчатки трудно чем-либо помочь. А вот профилактика действительно возможна. Комплексное исследование, проведенное в московском Институте биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН, атаковало старческую слепоту с разных сторон (контракт 02.512.11.0003). Во-первых, предложен материал для очков, защищающих сетчатку глаза от агрессивного светового воздействия: очки, как светофильтры, будут отсекают наиболее «опасные» области спектра. А чтобы определить, кому нужнее всего такие очки, проведено исследование сетчатки и пигментного эпителия, которое делает более точной флуоресцентную диагностику возрастных изменений. Во-вторых, для лечения ранних стадий катаракты создана новая лекарственная композиция, в которую входит пептид N-ацетилкарнозин — он давно известен тем, что препятствует повреждению белков хрусталика. Результаты работы заинтересовались офтальмологи, в частности НИИ глазных болезней РАМН и центр «Микрохирургия глаза» им. С.Н.Федорова.

СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ИЗ ЖИРА НЕБЕЗОПАСНЫ?

Стволовые клетки сегодня представляются перспективным лекарственным средством — медики учатся использовать их и при лечении травм различно-

го рода, и при восстановлении после инфарктов, и во многих других областях. Однако неограниченная способность таких клеток к делению может обернуться раковым перерождением. Методику для проверки стволовых клеток на потенциальную онкогенность разработали в Медико-генетическом научном центре РАН (контракт 02.512.11.0006). Клетки, прежде чем пересаживать человеку, выращивают в культуре и периодически проверяют, все ли с ними в порядке. Оказалось, например, что стволовые клетки, полученные из жировой ткани, в культуре перерождаются очень быстро. Строение и количество хромосом у них отличается от нормы, а скорость размножения выше, чем у нормальных клеток. До сих пор нигде в мире экспериментально не проверяли безопасность клеток. Ученые создали методическое пособие по контролю безопасности стволовых клеток, предназначенных для пересадки.

ГЕНЕТИКА РЕКОРДНЫХ НАДОЕВ

Человечество разводит молочный скот многие тысячелетия, но только теперь мы получили возможность заглянуть в суть вопроса — разобраться, какие гены ответственны за рекордные показатели коровы. В Институте общей генетики РАН начата работа по генетической паспортизации крупного рогатого скота, как по всему геному и его разнообразию, так и по отдельным генам (контракт 02.512.11.0002). Ученых, в частности, заинтересовал ген казеина — молочного белка: от него напрямую зависит качество молока, которое дает именно эта корова. Кроме него были исследованы гены, отвечающие за жирность молока, а также ген устойчивости к лейкозу. Вооружившись достижениями современной генетики, животноводы смогут вести отбор самых лучших животных с гарантированным результатом. Важно, что анализы коровьих генов не слишком дороги: например, себестоимость одного анализа на ген казеина — 120 р. В то же время убытки от заболеваемости скота лейкозом составляют более 50 тыс. рублей на одно животное. В рамках исследования была проведена паспортизация известных отечественных пород — ярославской, костромской, черно-пестрой и бестужевской.



Технические проблемы исследования древней ДНК

Доктор биологических наук, профессор
Е.И.Рогаев



Фото А.П.Григоренко

В 80–90-е годы XX века стало ясно, что из ископаемых объектов действительно можно извлекать ДНК. За последние двадцать лет было выполнено много исследований ДНК, полученной из палеонтологических и исторических образцов. Аналогичными методами экстракции и анализа ДНК стали пользоваться судмедэксперты. Однако насколько аутентична такая ДНК исходной?

Как не перепутать человека с динозавром

Исследования геномов мамонта и неандертальца вызывают постоянный интерес у общественности и СМИ. Как выяснилось, ДНК в костной ткани или шерсти мамонта неплохо сохраняется, особенно митохондриальная. (Митохондрии — клеточные органеллы, отвечающие за снабжение клетки энергией — имеют собственный геном.) Во многих работах в первую очередь исследовали митохондриальную ДНК: она обычно меньше повреждена, чем ядерная. За выделением ДНК следует амплификация — многократное копирование этих фрагментов с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР), чтобы увеличить исходное малое количество ДНК. И наконец, делается прямой анализ — секвенирование, определение нуклеотидной последовательности. Для этого существуют различные методы, особенно активно используется «метод дробовика» — shotgun-sequencing. (ДНК расщепляется случайным образом на короткие фрагменты, которые читают с помощью метода Сенгера, а затем перекрывающиеся фрагменты состыковывает компьютерная программа.) Технология, которую мы сейчас развиваем, — секвенирование с использованием конкретных мишеней: вместо того чтобы определять всю последовательность, секвенируются только определенные участки, например тот или иной ген в ядерной ДНК. По существу, это секвенирование гена, который извлекается методом гибридизации.

Эффективность выделения зависит от ряда факторов, в первую очередь от условий работы в лаборатории. Минимум требований — наличие трех комнат: в одной проводится экстракция ДНК, в другой амплификация, в третьей секвени-

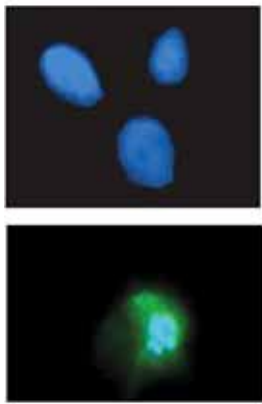
Чистый блок для работы с древней ДНК в Институте общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН

рование. Работать с ДНК современных биологических видов необходимо в отдельном здании или хотя бы в помещении с отдельной вентиляцией, иначе велика вероятность загрязнения. Ранее считалось, что повторение результатов независимой лабораторией — непереносимое условие публикации, сейчас это ограничение снято.

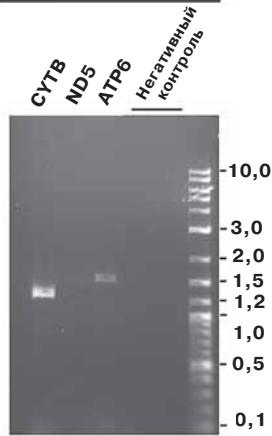
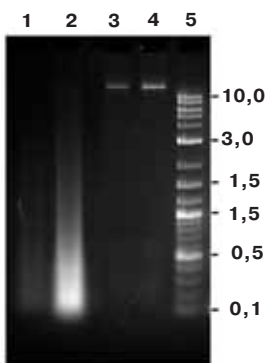
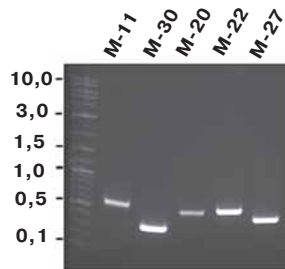
Конечно, многое зависит и от качества исходного материала. Даже по внешнему виду образца можно судить, удастся ли получить из него ДНК. Губчатая костная ткань менее перспецивна, чем плотный материал, например черепа или внутренней части бедренной кости.

Затем следуют неизбежные технические проблемы. Во-первых, ограниченное количество материала, который, как правило, очень ценен. Поэтому нередко проводят предварительную амплификацию всей геномной ДНК, полученной из образца. Вторая проблема — деградация ДНК, третья — загрязнение, попадание в образец посторонней ДНК. Немало опубликованных в последнее время данных о ДНК «из древних останков» на самом деле представляют фрагменты ДНК современных организмов, в первую очередь человека. Яркий пример — последовательность ДНК динозавра возрастом несколько миллионов лет. Статья о ее расшифровке была опубликована в «Science», а потом выяснилось, что это была ДНК человека. Подобные случаи бывали и с другими палеонтологическими объектами, например с насекомыми из янтаря. Вообще, образцы, возраст которых исчисляется миллионами лет, обычно дают ошибочный результат.

Следующая проблема: древняя ДНК модифицируется, в ней происходят химические превращения, зависящие от влажности, кислотности и других факторов. Такую ДНК бывает трудно извлечь, особенно из растительных остатков: она связывается с белками, полисахаридами. Кроме того, в древней ДНК происходят постмортальные мутации — химические модификации нуклеотидов. Чаще всего цитозин заменяется на тимин и аденозин — на гуанин. Точнее, цитозин превращается в урацил — это азотистое основание входит в состав



Клетки мамонта со светящимися ядрами под микроскопом: свечение говорит о хорошей сохранности ДНК. (Этот и следующие рисунки взяты из статьи «Complete mitochondrial genome and phylogeny of Pleistocene mammoth *Mammuthus primigenius*». Rogaev E.I., Moliaka Y.K., Malyarchuk B.A., Kondrashov F.A., Derenko M.V., Chumakov I., Grigorenko A.P. *PLoS Biol.* 2006 Mar;4(3):e73. Epub 2006 Feb 7.)



Электрофорез ДНК мамонта, жившего более 30 тысяч лет назад. Левое фото, дорожки 1, 2 — тотальная ДНК из мышечной ткани мамонта в различных разведениях, дорожки 3, 4 — контроль (ДНК из свежих образцов крови человека). На пятой дорожке стандартные фрагменты ДНК, рядом указаны их размеры в тысячах нуклеотидов. На остальных фото — продукты полимеразной цепной реакции с ДНК мамонта

РНК вместо тимина у ДНК и, как и тимин, комплементарно аденину. Во время полимеразной реакции в этом месте происходит замещение на тимин, и возникает ошибка.

Еще одна проблема, которая ускользает от внимания многих исследователей, — так называемые митохондриальные псевдогены. В ядерный геном встроено множество копий генов митохондрий — всего более тысячи фрагментов разной длины. Как пойдет ПЦР, если они присутствуют в образце? Будут амплифицироваться короткие фрагменты ДНК, которые могут содержать как митохондриальные участки, так и похожие по последовательности ядерные псевдогены. В результате возможно копирование не только митохондриальной ДНК ископаемого животного, но и митохондриального псевдогена.

Кстати, именно это стало причиной ошибки с ДНК динозавра, о которой говорилось выше. Авторы пытались секвенировать митохондриальную ДНК, выделенную из кости динозавра. Получив последовательность, они проверили, нет ли сходства с митохондриальной ДНК человека. Сходства не нашли и решили опубликовать данные, но позднее другие исследователи обнаруживали прямое совпадение с митохондриальным псевдогеном человека, который отличается от «истинных» митохондриальных генов. Поэтому в нашей базе данных имеются псевдомитохондриальные последовательности



ЭКСПЕРИМЕНТ

ти человека и других животных (особенно много таких генов у горилл), с которыми можно сравнивать новые полученные экспериментальные данные. К счастью, в большинстве клеточных тканей человека копияность митохондриальных геномов достигает сотен и тысяч на клетку. Следовательно, в общем наборе молекул, которые секвенируются, преимущественно должны быть представлены настоящие митохондриальные последовательности.

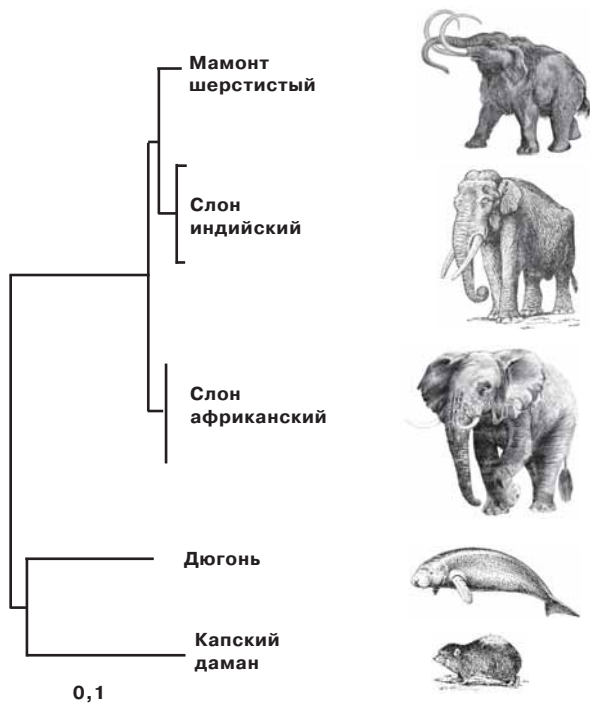
Мамонт и слоны

В 2006 году мы полностью реконструировали митохондриальный геном шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius*. Как это было сделано и для чего это было нужно?

Ранее не было определенного мнения о том, считать ли мамонта сестринской группой азиатскому и африканскому слону или относить к особой группе. Разделились они «всего» несколько миллионов лет назад, поэтому разобраться с их систематическим положением было непросто. Для этого проводили морфологические исследования, сравнивали бивни, строение хобота, однако разные авторы приходили к различным выводам. Затем появились методы ДНК-анализа, были определены короткие митохондриальные последовательности мамонта, но картина была та же самая: у одних исследователей мамонт оказывался ближе к африканскому слону, у других к индийскому.

Мы решили попытаться реконструировать весь митохондриальный геном. Нам удалось получить особенно хорошо сохранившийся образец с остатками плоти — фрагмент ноги мамонта, найденный на Чукотке в 1986 году и предоставленный Б.А.Малыарчук из Института биологических проблем Севера РАН. В ядрах клеток оказалась столь хорошо сохранившаяся ДНК, что ее можно было детектировать флуоресцентным красителем. Для столь древнего палеонтологического образца (животное погибло более 30 тысяч лет назад) это было показано впервые. Мы экстрагировали ДНК и с помощью электрофореза установили, что значительную ее часть составляет деградированная, однако удалось выделить и пригодную для анализа. Возможное присутствие микробной ДНК на данном этапе не исключалось. Мы сравнительно легко получили фрагменты митохондриальной ДНК, в том числе и необычайно крупные: до 1200—1700 нуклеотидов. Для всех образцов использовался негативный контроль, в котором мы проводили все те же процедуры, но не добавляли сам образец. Если бы в контроле появился продукт амплификации, это говорило бы о том, что имеет место загрязнение. Были приняты и многие другие меры предосторожности, позволяющие детектировать попадание в образец экзогенной ДНК.

В итоге из коротких фрагментов была сконструирована последовательность митохондриального генома (длиной 16 842 нуклеотида). Хроматограмма секвенирования получилась такой же чистой, как при анализе современных образцов. Впоследствии определили также полные митохондриальные последовательности геномов слонов. Образцы крови удалось



Филогенетическое древо для мамонта, индийского и африканского слонов, построенное на основании полных последовательностей их митохондриальных ДНК. (Каждый вид слонов представлен двумя особями.) Также показаны их более отдаленные родичи — дюгонь и капский даман. Длина масштабной линейки соответствует 0,1 замене нуклеотидов в одной точке (т.е. одной замене на десять нуклеотидов)

взять у животных в зоопарке Торонто и парке Сафари в провинции Онтарио (Канада).

Мы ожидали, что в древней ДНК должны происходить постмортальные мутации. Загрязнение было маловероятно, так как до того мы никогда не работали со слонами или мамонтами. Сравнение с ДНК человека совпадений не обнаружило, а с ДНК африканского и индийского слона, напротив, показало наибольшее совпадение. Но в ПЦР-последовательностях, клонированных и затем амплифицированных для каждого клона отдельно, некоторые клоны содержали замены: в перекрывающихся концах фрагментов были отличия в один нуклеотид. Очевидно, причиной таких отличий и были постмортальные мутации. Окончательную последовательность мы составляли как консенсус множества фрагментов с учетом этого обстоятельства.

Наконец, мы попытались ответить на главный вопрос: к кому мамонт все-таки ближе, к африканскому слону или к индийскому? Оказалось, что по одним генам он ближе к азиатскому, по другим к африканскому — это и объясняет расхождение результатов в предыдущих работах. Но если взять полную последовательность, то по всем видам замен мамонт кластеризуется с индийским слоном, а не с африканским. Расчеты показали, что индийский слон и мамонт — более близкие, сестринские виды, и у них был общий предок, который отошел от предка африканского слона.

Параллельно с нами митохондриальную ДНК мамонта секвенировала группа из Института эволюционной антропологии имени Макса Планка. У последовательности, которую опубликовали они, было несколько больше замен по сравнению со слонами. Это могло быть обусловлено либо ошибками, либо эволюционными причинами (они использовали останки мамонта, найденные в Якутии, а не на Чукотке). Мы разработали ряд подходов для детекции возможных ошибок, возникающих по техническим причинам при секвенировании или за счет постмортальных мутаций в древней ДНК. В ре-

зультате было обнаружено, что у немецких авторов число мутаций необычайно высоко в пределах одного небольшого участка длиной 200—300 нуклеотидов. Между тем именно этот участок у других видов, в том числе и в последовательности ДНК мамонта, довольно консервативен, так что данный фрагмент ДНК в работе немецких коллег по тем или иным причинам содержал множество ошибок. Исключив эти ошибки, можно было сделать вывод, что расхождение ДНК-последовательностей у данных мамонтов, проживающих в Арктике, но географически и хронологически удаленных друг от друга, было весьма невелико.

Новое секвенирование

Исследования древней ДНК проводились с конца 90-х, затем на какое-то время затихли, отчасти потому, что эффективность существующих методов секвенирования в данном случае была недостаточно высока. С развитием новых методов это направление снова оживилось. В этих методах используются не те реакции, что в методе Сенгера. Но все они основаны на клональной амплификации фрагментов ДНК. Чтобы увеличить количество ДНК, как правило, необходима предварительная амплификация. Однако при ПЦР некоторые фрагменты амплифицируются менее активно, чем другие, и в результате теряются, мы их не видим на выходе. Чтобы избежать этого, был придуман метод так называемой эмульсионной ПЦР. Раствор ДНК вводят в смесь минеральных масел, с таким расчетом, чтобы каждая молекула оказалась в отдельном пузырьке — в собственном микрореакторе, вместе со всеми компонентами, необходимыми для амплификации. Тогда потеря материала получается минимальной, все фрагменты копируются как следует. Можно сделать так, чтобы исходная молекула ДНК была связана с субстратом, например с бусиной, покрытой праймерами (как в пиросеквенировании от компании «454 Life Sciences», которое часто называют просто 454-секвенированием — см. «Химию и жизнь», 2006, № 1). В итоге мы получим бусину, покрытую идентичными одностранными копиями исходного фрагмента ДНК. Дальше можно поместить эти бусины в ячейки-соты с люциферазой и люциферинном и начать секвенирование методом синтеза второй нити: регистрировать всплывы в определенной ячейке при присоединении определенного нуклеотида.

Поскольку возможно проделать это одновременно с миллионами молекул ДНК, это очень быстрый анализ. Например, 454-секвенирование в сто раз быстрее метода Сенгера и позволяет анализировать до 25 млн. нуклеотидов в одной реакции. Эта технология, вероятно, через год-другой дойдет и до судебной медицины, а пока ее активно используют при анализе ДНК из ископаемых образцов. Короткие фрагменты деградированной древней ДНК можно репарировать — нарастить им концы, с которыми будут взаимодействовать праймеры, либо клонировать в векторах и только затем амплифицировать.

Существуют и другие технологии секвенирования, в частности, «Illumina», раньше называвшаяся «Solexa» (по названию компании — разработчика метода, которую позднее приобрела компания «Иллюмена»). Этим методом удается секвенировать в одном анализе до миллиарда нуклеотидов. Но у него есть и недостаток: в одной реакции читается фрагмент не длиннее 30—40 нуклеотидов — впрочем, год назад было всего 25. По моему мнению, эта технология очень перспективна, за ней может быть будущее.

Чтобы показать, что эти методы применимы к древней ДНК, мы в сотрудничестве с директором Института генома Калифорнии Эдди Рубином попробовали выделить информативные последовательности ядерной ДНК из образца того же мамонта возрастом 30 тыс. лет. Оказалось, что при секвенировании всего генома (а не только митохондриальной ДНК) большая часть последовательности все-таки представлена

фрагментами по 50—100 нуклеотидов. Это неплохая степень сохранности, и такая длина фрагментов как раз соответствует возможностям пиросеквенирования.

Как ни удивительно, оказалось, что большая часть полученной нами ДНК — это действительно ДНК мамонта. Ее удалось выделить очень чисто, ДНК микроорганизмов практически отсутствует (хотя обычно она составляет 99% всей ДНК, полученной из древних образцов). Следовательно, древние ДНК в некоторых случаях могут иметь чрезвычайно высокое качество.

Итак, если суммировать все, что мы знаем сейчас о древней ДНК, что представляется наиболее важным? Мы можем получить последовательности ядерной ДНК. Впервые это было показано для пещерных медведей, правда, 99% ДНК опять-таки составляла микробная. Однако такие последовательности нельзя использовать для построения филогенетических деревьев, потому что каждая последовательность была прочитана только один раз, и никто не может сказать, насколько точно. В настоящее время группе исследователей из того же Института эволюционной антропологии имени Макса Планка удалось покрыть, по крайней мере, однократно значительную часть генома неандертальца. Но чтобы исключить ошибки, связанные с постмортальными мутациями, каждый участок необходимо прочитать множество раз. В некоторых случаях можно прицельно реконструировать определенные участки ДНК, например полную митохондриальную последовательность, неоднократным перекрыванием фрагментов, и они действительно не будут содержать ошибок.

Гены рыжей женщины

Технология ДНК в судебной медицине основана главным образом на маркерах, которые используют tandemно повторяющиеся последовательности (short tandem repeats, или STR). Изучается индивидуальное разнообразие, обусловленное различным числом копий tandemных единиц. ДНК не секвенируют, а определяют размеры фрагментов методом электрофореза. Известные участки генома амплифицируют с помощью той же ПЦР, а затем смотрят, с какой скоростью движутся полученные фрагменты при капиллярном или геле электрофорезе: маленькие фрагменты перемещаются быстрее, таким образом, по положению полоски можно определить ее длину. Обычно изучают повторяющиеся единицы длиной четыре нуклеотида: они дают наиболее отчетливый профиль, то есть набор характерных длин; раньше часто также употреблялся термин ДНК-«фингерпринт» — «отпечаток пальцев».

Чтобы «отпечаток» действительно был индивидуальным, недостаточно одной маркерной последовательности: одинаковое число повторов в одном участке может быть у многих людей. Поэтому приняты несколько маркеров, которые должны использоваться во всех лабораториях мира, занимающихся STR-анализом. Как правило, в наборах содержится 15—17 маркеров: их бывает достаточно для однозначного установления отцовства, личности преступника или жертвы. Вероятность случайного совпадения сразу по всем маркерам очень низка.

Если нет возможности сравнить образец подозреваемого с найденным на месте преступления, то можно привлечь к анализу родственников. Для этого используют, в частности, профиль по мужской Y-хромосоме. Напомним, что значительная ее часть не рекомбинирует при образовании половых клеток, то есть не обменивается участками с парной хромосомой. (Парной хромосомы у нее, строго говоря, нет, поскольку у мужчин половые хромосомы — XY, а у женщин XX; у X и Y-хромосомы есть общий участок, но короткий.) Таким образом, даже у дальних родственников по мужской линии основная часть Y-хромосом будет идентичной. По материнской линии передается митохондриальная ДНК, которая также не



ЭКСПЕРИМЕНТ

рекомбинирует: ребенок наследует материнские митохондрии, содержащиеся в яйцеклетке. (Специалисты называют это «непересекающиеся женские и мужские линии».) В судебной медицине в первую очередь исследуют небольшие фрагменты митохондриальной ДНК, так называемые контрольные области (гипервариабельные районы I и II): в них больше всего индивидуальных вариаций.

Еще одно перспективное направление, которое получит развитие в ближайшем будущем, — определение по анализу ДНК внешних признаков человека, таких, как цвет волос, цвет глаз и т.п. Обычные фенотипические признаки относятся к полигенным, то есть определяются несколькими генами, поэтому их трудно предсказывать. Но существуют генетические варианты, которые довольно четко ассоциируют, например, с рыжим цветом волос и характерной для рыжих светлой кожей.

Одна из главных проблем при анализе деградированной ДНК человека — выпадение аллелей. Каждый ген человека представлен двумя копиями, в двух парных хромосомах. Но поскольку молекул в образце мало, не исключено, что будет амплифицирован только один из двух аллелей. А это может повлечь за собой серьезные ошибки. Например, чтобы определить, принадлежит ли образец мужчине или женщине, проверяют, есть ли в нем последовательности, характерные для Y-хромосомы. Если они потеряются, может быть сделано ложное заключение о принадлежности образца женщине.

Сейчас для определения пола по ДНК обычно используется маркер гена амелогенина. Однако уже показано для многих популяций, что у мужчин в редких случаях встречаются делеции в гене амелогенина, локализованном на Y-хромосоме, и при обычном анализе такие мужчины будут ошибочно определяться как женщины. В таких случаях необходимы дополнительные анализы по другим генам. Чтобы избежать таких ошибок, мы разработали специальные подходы для анализа очень малых количеств деградированного материала, в частности, подобрали дополнительные маркеры для определения пола (часть из них была запатентована).

Важный вопрос: какое минимальное количество ядерной ДНК необходимо для анализа? На уровне 20 пикограммов идентификация еще весьма успешна, а 20 пикограммов — это всего несколько геномов человека. Меньшие количества (5—6 пикограммов) — это уже геном одной клетки, и та же идентификация пола по амелогениновому гену не может считаться достоверной. На таком количестве нашим методом еще можно попытаться определить пол, но и в этом случае результат будет зависеть от везения. Таким образом, 20 пикограммов ДНК — это необходимый минимум, а лучше более 50—60, или более десяти геномов, — тогда можно быть уверенным в результате.



Снова о генетике царской семьи



Е.Клещенко

В ночь на 17 июля 1918 года в Екатеринбурге были расстреляны Николай II, его супруга Александра Федоровна, четыре их дочери и наследник престола Алексей, а также доктор Е.С.Боткин и трое слуг: А.С.Демидова, И.М.Харитонов и А.Е.Трупп. Место захоронения расстрелянных в окрестностях Екатеринбурга долгие годы хранилось в тайне. Только в 1991 году была произведена эксгумация останков и с ними начали работать эксперты. Живых свидетелей давно не осталось, и теперь еще нужно было доказывать: действительно ли это члены царской семьи?

Конец сказки

В 90-х годах в могиле были обнаружены останки не одиннадцати, а девяти человек. Однако результаты судебно-медицинских экспертиз указывали, что останки принадлежат именно тем, кто был расстрелян в подвале Ипатьевского дома. Пол и предполагаемый возраст убитых, найденные в захоронении пули, результаты антропометрии и антропологической реконструкции (в том числе, реконструкции лица по черепу, предположительно принадлежащему императору) — все совпадало с имеющимися данными. Анализ ДНК подтверждал, что в Ганиной яме были погребены члены царской семьи (см. «Химию и жизнь», 1998, № 1, 2). Исследованный участок митохондриальной ДНК женщины и девушек оказался идентичным мтДНК принца Филипа, супруга английской королевы Елизаветы II. Бабушка принца Филипа была родной сестрой Александры Федоровны, обе они были дочерьми принцессы Алисы и внуками королевы Виктории. (Напомним, что мтДНК по женской линии передается без изменений.) Анализ хромосомных маркеров показал, что девушки — дочери этой женщины и мужчины, которого судмедэксперты идентифицировали как Николая II, а фрагмент мтДНК этого мужчины, в свою очередь, показал совпадения с мтДНК ныне живущих родственников Николая II по женской линии. То-

гда был впервые продемонстрирован феномен гетероплазмии — сосуществование в одном организме двух клонов мтДНК, с отличием в одну букву. Гетероплазмия наблюдалась у Николая II и его брата великого князя Георгия, но не у потомков их сестер (эти результаты были получены в 90-х годах в лабораториях Англии и США, а также и в России). Все данные свидетельствовали о том, что убитые — император с императрицей и их дочери.

В могиле не было останков царевича и одной из великих княжон, скорее всего Марии. На протяжении нескольких лет это порождало фантастические истории о чудесном спасении наследника престола и его сестры. Многие верили, что среди убитых нет не Марии, третьей из сестер, а Анастасии, младшей: у нее всего два года разницы с Марией, неужели эксперты не могли ошибиться? На самом деле доводы доктора С.А.Никитина, эксперта Московского бюро судмедэкспертизы («Химия и жизнь», 1998, № 2), в пользу того, что в первой могиле была найдена именно младшая дочь, достаточно убедительны. Однако авантюристки, выдававшие себя за Анастасию Николаевну, произвели впечатление на публику. В конце концов, людям свойственно верить в чудо.

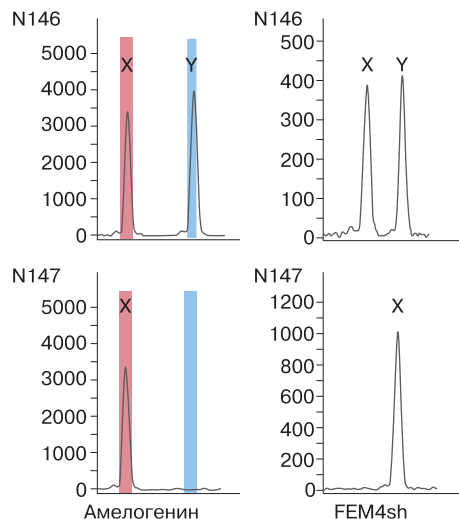
Поклонников легенды о спасении великой княжны ожидало разочарование. В июне 2007 года в шестидесяти метрах от первого захоронения было об-

Николай II с семьей. Слева направо: Ольга, Мария, Николай, Александра, Анастасия, Алексей и Татьяна (Ливадия, 1913)

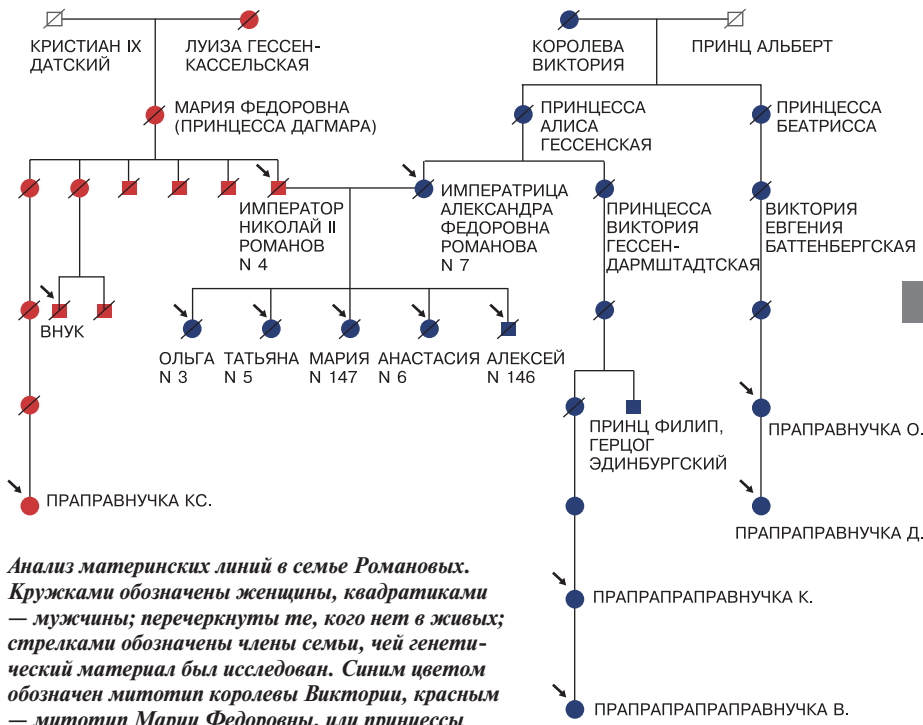
наружено второе, с останками двух человек — мальчика и девушки. За десять лет методы анализа ДНК продвинулись далеко вперед, и была надежда получить результаты — если это вообще окажется возможным — сравнительно быстро. Теперь, после публикации результатов в научном журнале, об этом можно рассказать подробно.

«Худший случай для анализа ДНК...»

Образцы из второго захоронения с соблюдением всех формальностей передали исследовательской группе, кото-



Определение пола по ДНК образцов 146 и 147. (По вертикальной оси — относительные единицы флуоресценции.) В образце 146 есть варианты генов амелогенина и FEM4sh, характерные для Y-хромосомы, в образце 147 они отсутствуют, значит, первый принадлежит мужчине, второй — женщине



Анализ материнских линий в семье Романовых. Кругами обозначены женщины, квадратиками — мужчины; перечеркнуты те, кого нет в живых; стрелками обозначены члены семьи, чей генетический материал был исследован. Синим цветом обозначен митотип королевы Виктории, красным — митотип Марии Федоровны, или принцессы Дагмары (пояснения в тексте)

рую возглавлял известный московский генетик Евгений Иванович Рогаев. (О других его работах «Химия и жизнь» писала не раз.) В исследовании активно участвовали сотрудники лаборатории Рогаева в Москве и США (почему работа велась не только в Москве — об этом дальше): А.П.Григоренко, Ю.К.Моляка, а также Г.Фасхутдинова, А.Гольцов, И.Морозова и др. На первом этапе Е.И.Рогаев сам провел экстракцию ДНК и анализ для получения первичных результатов. Возможно ли выявление специфических участков, или ДНК полностью разрушена? Удастся ли освободиться от загрязнения экзогенной ДНК, вероятно присутствующей в образцах?

Образцы выглядели не слишком вдохновляюще. Те, кто планировал и осуществлял ликвидацию останков убитых, не могли ничего знать о ДНК, но все же сумели серьезно затруднить работу ученых. Кости были обожжены и, возможно, облиты серной кислотой, добавок имели рыхлую, губчатую структуру: «Худший случай для анализа ДНК, какой можно только придумать», — вспоминает Е.И.Рогаев. В итоге отобрали сравнительно хорошо сохранившиеся фрагменты бедренных костей, которым при нахождении были присвоены номера N146 и N147. Кроме того, для повторного и более обширного исследования взяли костные фрагменты из первого захоронения, принадлежавшие, как предполагалось, Николаю II, императрице Александре, великим князьям Ольге, Татьяне и Анастасии (соответственно N4, N7, N3, N5, N6). Понятно, что анализ ДНК имен

не показывает, с его помощью можно только установить, что 4 и 7 — мужчина и женщина и при этом родители женщин 3, 5 и 6, но принадлежность образцов каждой из сестер была еще ранее установлена антропологическими методами.

Небольшие количества (как правило, сотни миллиграммов) костной ткани тщательно очищали от возможных загрязнений и размалывали в порошок. Верхнюю часть костных фрагментов всегда удаляли, что само по себе было непростой задачей: удалить слишком много — потерять драгоценный материал, удалить мало — рисковать загрязнением. Затем проводили экстракцию ДНК. От успеха на этом этапе зависела судьба всего исследования. Поэтому все процедуры велись при строжайшем соблюдении стерильности, со всеми мыслимыми контролями, в помещениях, где ранее не работали с человеческой ДНК, а саму экстракцию для каждого образца повторяли несколько раз. (Поскольку исследование начинается с амплификации малых количеств ДНК методом ПЦР, попадание даже единственной посторонней молекулы может фатально сказаться на результате.) Для повышения достоверности экстракцию проводили в двух разных научных центрах: в московском Институте общей генетики РАН им. Н.И.Вавилова и в Медицинской школе университета Массачусетса.

Человеческая ДНК составляла менее процента от общего количества, выделенного из образцов N146 и N147, остальное — ДНК микроорганизмов. Но это не помешало дальнейшей работе:

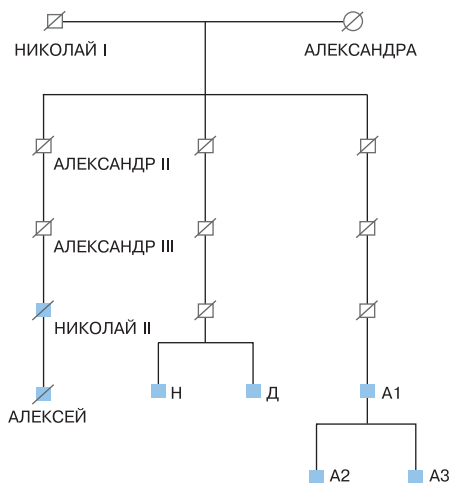
системы анализа митохондриальной ДНК, Y-хромосомы и аутосом (то есть неполовых хромосом) ориентированы на последовательности, специфичные для человека, они просто «не замечают» ДНК других видов. Иначе судмедэксперты столкнулись бы с непреодолимыми трудностями даже при расследовании более простых дел...

К настоящему времени методы идентификации человека и установления родственных связей по ДНК прекрасно отработаны. Но если расшифровку ДНК обычно сравнивают с чтением книги, то здесь в руках у ученых были обожженные и разорванные клочки страниц.

Митотип королевы Виктории

Какой из фрагментов кости принадлежит мужчине, какой — женщине? Определение пола по древним образцам — непростая задача: X и Y-хромосомы в них под микроскопом не посмотришь. Обычно для этого используют гены амелогенина — белка, который экспрессируется в зубной эмали при формировании нового зуба. Замечателен он тем, что его гены имеются как в X, так и в Y-хромосоме, и они отличаются по размерам: «мужской» вариант длиннее. Если поставить амплификацию этого гена, у женщины (XX) на электрофореze будет одна полоска, а у мужчины (XY) — две. Но если из-за малого количества материала или делеции фрагмент Y-хромосомы с амелогениновым геном потеряется, то можно ошибочно принять мужской образец за женский. Поэтому исследователи подобрали в дополнение к коммерческим собственные маркеры для определения пола (некоторые из них были запатентованы). Обе системы идентификации дали один и тот же результат: образец 146 принадлежал лицу мужского пола, а 147 — женского, что соответствовало исходному предположению о царевиче Алексее и великой княжне Марии. Дополнительно теми же методами было подтверждено и то, что образец 4 принадлежал мужчине, а остальные образцы из первой могилы (не считая образцов двух слуг и доктора) — женщинам.

Следующим шагом был анализ митохондриальной ДНК: она сохраняется лучше ядерной, и по ней существуют



Анализ отцовских линий в семье Романовых. STR-профили Y-хромосомы были определены для Николая II и его сына Алексея, а также для их ныне живущих родственников по мужской линии (отмечены голубым)

довольно обширные базы данных, показывающие популяционную изменчивость. В первую очередь нужно было секвенировать так называемые гипервариабельные участки — HVR1 и HVR2, в которых сосредоточено особенно много индивидуальных различий. И для начала убедиться, что с полученной ДНК вообще можно работать. ДНК оказалась сильно деградированной, так что короткие фрагменты митохондриального генома амплифицировали с помощью специально разработанного подхода. В итоге удалось получить ДНК, которая читалась достаточно чисто. Последовательности образцов 146 и 147 буква в букву совпали с образцами 7, 3, 5, 6, а также с ранее опубликованной мтДНК принца Филипа.

Полученный результат вдохновил исследователей на смелую идею: почему бы не попробовать реконструировать полную последовательность митохондриальной ДНК царицы и ее детей? И это было сделано. Разработали специальные праймеры для амплификации полной последовательности мтДНК, с таким расчетом, чтобы потом собрать ее из коротких фрагментов. Пришлось использовать много хитрых приемов: и амплификацию в эмульсии, не позволяющую «потерять» отдельные фрагменты (см. статью в этом же номере), и особую стратегию добавления праймеров. В итоге удалось получить полную последовательность митохондриальной ДНК длиной 16 571 нуклеотид.

Митохондриальная ДНК Александры Федоровны и ее детей — это, по сути, мтДНК королевы Виктории. И чтобы окончательно убедиться в достоверности результата, следовало сравнить полученную последовательность с мтДНК ныне живущих потомков «ба-

бушки королей». (Однако только по женской линии — детей ее дочек, внучек и правнучек!) Обратились с просьбой к принцу Филипу, но он ответил, что уже давал свою кровь ученым в начале 90-х и результаты исследования опубликованы. Однако в экспертной работе необходимо полагаться только на собственные данные. Исследователи нашли других прямых потомков, не столь знаменитых, как британский принц. Удалось разыскать представителей двух независимых линий: внучку и правнучку сестры принца Филипа, и правнучку с праправнучкой принцессы Беатрисы, родной тети Александры Федоровны. Исследование разных ветвей могло бы помочь идентифицировать случайную мутацию, если бы она имела место. Но анализ показал полное совпадение. В могилах под Екатеринбургом действительно лежали внучка, правнучки и правнук английской королевы. А последовательность, которая получила название «Queen Victoria mitotype», авторы работы поместили в банк данных. Интересно будет проследить ее дальнейшую судьбу в популяциях...

Митохондриальную ДНК из образца 4 (Николай II) также реконструировали полностью и сравнили с мтДНК родственников по материнской линии его сестры Ксении. Она была на два нуклеотида короче, чем у императрицы и детей, а единственное несоответствие у Николая с ныне живущей праправнучатой племянницей было за счет все той же гетероплазии в гипервариабельной области, в позиции 16 169. У Николая (и его брата, великого князя Георгия) в этом положении был либо тимин

Рубашка Николая II. Из пятен крови на ней 117 лет спустя удалось выделить ДНК. Вверху тампон, которым смывали кровь для анализа



Фото С.А.Никитина, А.П.Григоренко

(Т), либо цитозин (С) — то есть их митохондрии не были генетически идентичными, геномы разных митохондрий отличались на одну букву! — а у потомков Ксении там было четкое Т. Интересно, что у сына другой сестры Николая Ольги, Тихона Куликовского-Романова, в этой позиции оказался цитозин (это в свое время также установил Евгений Рогаев). По-видимому, цитоплазматическая мутация возникла у матери Николая Марии Федоровны (принцессы Дагмары), она передала ее ближайшим потомкам, однако в следующем поколении гетероплазмия уже исчезла: остался либо один вариант, либо другой.

Но тут возникает следующий вопрос: а вправду ли митотипы королевы Виктории и принцессы Дагмары уникальны и присущи только их прямым потомкам? Может быть, таких митотипов в популяции множество? Дело осложнялось тем, что американские и российские базы данных не очень хорошо подходили для определения частот встречаемости «британских» мтДНК. Авторы работы создали собственную базу данных, в которую включили этнические группы, проживающие на территории России, а также европейскую популяцию — немцев, англичан и т.д. Совпадений не было обнаружено. Интересно, что даже в более обширной мировой базе (71 тыс. человек) нашлся всего один индивид с полным совпадением по гипервариабельному участку





	4 ИМПЕРАТОР НИКОЛАЙ II РОМАНОВ	7 ИМПЕРАТРИЦА АЛЕКСАНДРА ФЕДОРОВНА РОМАНОВА
TH01	7,9,3	8,8
CSF1PO	10,12	11,12
D2S1388	17,25	19,23
D18S51	12,17	12,13
D13S317	11,12	11,11
FGA	20,22	20,20
Амелогенин	XY	XX
FEM4sh	XY	XX

	3 ОЛЬГА	5 ТАТЬЯНА	147 МАРИЯ	6 АНАСТАСИЯ	146 АЛЕКСЕЙ
TH01	8,9,3	7,8	7,8	8,9,3	8,9,3
CSF1PO	11,12	11,12	10,12	10,11	10,12
D2S1388	17,19	23,25	17,23	17,19	23,25
D18S51	12,12	12,12	12,17	13,17	12,17
D13S317	11,11	11,11	11,11	11,11	11,12
FGA	20,22	20,20	20,22	20,22	20,22
Амелогенин	XX	XX	XX	XX	XY
FEM4sh	XX	XX	XX	XX	XY

Доказательство родственных связей — аутосомные STR-маркеры и половые маркеры (амелогенин и FEM4sh) у Николая, Александры и их детей. Цифрами обозначено определенное число повторов для каждого аллеля того или иного STR-маркера у данного лица. У детей не встречается ни одного варианта, которого не было бы у отца или матери

1. Однако когда у этой женщины, проживающей в Канаде, но с немецкими корнями, взяли образец ДНК, оказалось, что второй гипервариабельный участок мтДНК у нее имеет отличия от митотипа королевы Виктории. Поэтому версию «случайного» появления именно такого митотипа на Урале можно с чистой совестью отбросить.

Еще более сложной задачей был анализ ядерной ДНК, половых хромосом и аутосом. Для анализа STR-маркеров (от short tandem repeats — короткие тандемные повторы) не требуется секвенирование, определяется только длина участков ДНК между известными последовательностями, а эта длина у разных людей варьирует в зависимости от числа коротких повторов, отсюда и название. Собственно, сейчас это рутинный метод идентификации личности — если забыть о том, что исследуемая ДНК представляла собой набор коротких обрывков. В этом случае невозможно следовать готовой методике даже в простейших вопросах: например, сколько ДНК брать для анализа. Были разработаны приемы, увеличивающие чувствительность. Благодаря этому стал возможным анализ STR-маркеров по мужской линии, то есть по Y-хромосоме. Для Николая II этого раньше не делалось, а ДНК наследника вообще была получена впервые. Результаты анализа сравнили с Y-STR-профилями родственников по мужской линии. Совпадение опять-таки было полным, в то время как для Y-хромосом посторонних людей (например, самих исследователей) наблюдалось полное отличие. И опять-

таки поиск в базах данных не выявил ни одного совпадения по всем 17 исследованным локусам.

Кровь на рубашке

Казалось бы, куда уж больше доказательств — но когда речь идет о царской семье, сомневающиеся найдутся всегда. Идентификацию образца 4 нужно было провести с максимальной достоверностью. И здесь ученым повезло: появилась возможность исследовать рубашку Николая II со следами его крови.

В 1891 году, во время кругосветного путешествия наследника престола, в Японии на него было совершено покушение. Полицейский Сандзо Цуда нанес Николаю Александровичу рубящий удар саблей по черепу, но последний удар парировал родственник цесаревича принц Георг, сын короля Греции. В 1998 году «Химия и жизнь» писала о неудачной попытке идентифицировать ДНК из окровавленного платка, который хранился в Японии. Однако все эти 117 лет в Эрмитаже находилась рубашка Николая с пятнами крови.

Сотрудники Эрмитажа позволили Евгению Рogaеву осмотреть рубашку, но уносить ее в лабораторию не разрешили: образцы пришлось брать на месте, под присмотром. Шансы на успех казались проблематичными. Рубашка хранилась как музейный экспонат, а не как «биоматериал», бывала на выставках, лежала на свету, возможно, подвергалась действию реагентов, которые способствуют сохранению ткани, но разрушают ДНК... Тем не менее по-

пытка была предпринята. Мазки обычным ватным тампоном были взяты из разных мест на рубашке, причем из каждой точки по три мазка: если первый окажется загрязненным, то, возможно, последние будут чище. Экстракцию ДНК опять проводили в двух научных центрах — в ИОГене и Массачусетсе. Естественно, вся работа велась с массой предосторожностей и многочисленными контролями.

Первый же анализ коротких ампликонов мтДНК показал очень четкую картину. Качество было значительно выше, чем у ДНК из костных фрагментов. Совпали и все редкие полиморфизмы, и гетероплазмия. Имело смысл попытаться исследовать и ядерную ДНК — и с Y-хромосомой все оказалось так же удачно.

Несколько месяцев ученые посвятили еще более сложному анализу — анализу аутосомной ДНК, STR-маркеров неполовых хромосом для всех костных фрагментов из обоих захоронений, чтобы подтвердить семейную связь убитых. Особенно сложно было работать с образцом 146, ДНК в котором оказалась разрушена сильнее всего, но с помощью множества повторов и модификаций удалось получить убедительный результат и для него. Все данные по STR в аутосомах соответствовали семейному распределению: каждый конкретный вариант, найденный у любого из детей, имелся также либо у матери, либо у отца.

По итогам исследования были рассчитаны вероятности. Часть расчетов еще не опубликована, но так или иначе оценка вероятности того, что образец 4 принадлежит последнему российскому императору, по сравнению со случайным совпадением — более чем сотни миллиардов, 10 в 23-й или даже 26-й степени. «Дело об одиннадцати расстрелянных» наконец можно считать закрытым.

Подробнее об этой работе можно прочитать в статье:

Rogaev, E.I. et al Genomic identification in historical case of Nicholas II Royal family. *Proceedings of the National Academy of Science*, (2009) V.106: p.5258-5263

**ТЮЛЬПАНОВАЯ
РАЗГАДКА**

Испанские ученые установили, что тюльпаны появились в Западной Европе на 500 лет ранее, чем считалось до сих пор.

Jacinto Esteban
Hernandez Bermejo,
cr1hebee@uco.es

Говорят, что в 1557 году посол короля Фердинанда I Габсбурга при дворе султана Сулеймана Великолепного увидел тюльпаны и впервые привез их в Европу. А потом, уже в XVIII веке, в Нидерландах разразилась тюльпановая мания, которая привела к тому, что этот цветок стал не только символом страны, но и хорошей статьёй доходов.

Ученые из Кордовского университета во главе с Эрнандесом Бермехо в течение двадцати лет изучали старинные испанские и арабские манускрипты и пришли к выводу, что все было не так. Например, Абу И-Хайр еще в XI веке рассказывал об использовании тюльпанов садовниками, работавшими на территории Андалузского халифата, и указывал, что в культуру их ввел ибн Бассал (это имя означает «сын продавца луковиц») из Толедо. Ибн аль-Аввам в андалузском агрономическом пособии XII века также упоминает луковичные цветы, похожие на тюльпаны, которые, по его мнению, происходят из Македонии, провинции Александрии. А в XI веке тюльпаны изобразили в росписях храмов Коньи на территории нынешней Турции. Возможно, на самом деле тюльпаны ввели в культуру византийцы, а потом турки-сельджуки завезли их в Андалузию, считают авторы исследования.

Правда, в известном труде по ландшафтной архитектуре, который Григорий де лос Риос написал в 1604 году, про тюльпаны ничего не сказано. Не знал про них и король Филипп II, весьма сведущий в ботанике. Видимо, в процессе реконксты арабская мудрость была утрачена, и цветы пришлось открывать заново.

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

**РАСТЕНИЯ
В ДЫМКЕ**

Свет, рассеянный в грязном воздухе, способствует поглощению растениями CO₂, поэтому очистка атмосферы ведет к усилению парникового эффекта.

«Nature», 23 апреля
2009 года.

Казалось бы, под ярким солнцем фотосинтез должен идти активнее. Это заблуждение; на самом деле в облачный день, когда свет рассеян, он попадает даже на те листья, которые при прямом свете оказываются в тени, и суммарный поток поглощенной энергии получается больше. Такой вывод следует из работы группы британских и швейцарских ботаников.

Согласно их данным, за период с 1960 по 1999 год производительность фотосинтеза в результате загрязнения атмосферы аэрозолью от сгорания топлива выросла почти на четверть и количество CO₂, захороненного в почве, увеличилось на 10%. Получается, что аэрозоль в атмосфере не только охлаждает планету, отражая солнечные лучи, но и помогает удалению парникового газа. Поэтому усилия по снижению выбросов диоксида серы (а это главное аэрозолеобразующее вещество) потребуют еще больших усилий по снижению выбросов CO₂.

Во всей этой истории остается непонятным следующий факт. Антропогенная эмиссия углекислого газа составляет около 3% от природной эмиссии. Природный сток газа примерно равен эмиссии. Если из-за аэрозоля сток увеличился за 40 лет на 10%, то отчего же суммарная концентрация CO₂ в атмосфере за то же время выросла? Наверное, сторонники «антропогенного потепления» знают, что на это ответить.

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

**КЛЕТКА:
ПЕРЕЗАГРУЗКА**

Превратить зрелый нейрон в молодой астроцит с помощью мРНК удалось американским ученым.

James Eberwine,
eberwine@upenn.edu

Способ обращать обычную клетку в стволовую, чтобы потом превратить ее в клетку любой ткани, придумали совсем недавно, и, похоже, у этой методики уже появились конкуренты. Ученые из Пенсильванского университета во главе с доктором Джеймсом Эбервайном придумали, как сделать ту же операцию гораздо проще. Порядок действий позаимствовали у вируса.

Подобно ему, они расширили поры в мембране нейрона взрослой крысы, а затем ввели туда двести тысяч матричных РНК (эта молекула служит посредником между геном и белком), взятых у нервной клетки другого типа — астроцита. Обычно в нейроне синтезируется около ста тысяч мРНК, которые управляют синтезом белков. Внедренные мРНК, будучи многочисленнее, взяли управление на себя, и клетка стала синтезировать несвойственные ей белки. Более того, эти белки активировали спящие гены нейрона, и тот переродился в астроцит. «Нейроны утратили свой внешний облик, однако стали похожими не на взрослые астроциты, а скорее на незрелые клетки этого типа. Они синтезировали белки астроцитов и имели такие же физиологические показатели, — говорит доктор Эбервайн. — Мы заметили превращение колонии нейронов в астроциты спустя неделю после операции, и клетки сохраняли свой новый вид в течение всего времени жизни культуры».



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

**НОВЫЙ
НУКЛЕОТИД
ДЛЯ
ЭПИГЕНЕТИКИ**

Найден новый нуклеотид, несущий эпигенетическую информацию.

«Science», 16 апреля
2009 года.

Когда выяснилось, что геномы человека и шимпанзе различаются всего на несколько процентов, биологи для объяснения разнообразия животного мира обратились к эпигенетике — методам активации-деактивации генов. Главное действующее лицо эпигенетики — 5-метилцитозин, измененная буква генетического кода. Когда цитозин под действием фермента метилтрансферазы становится метилцитозином, соответствующий ген замолкает. Это может происходить согласно генетической программе, а может и под влиянием окружающей среды. Есть данные, что такое изменение передается по наследству.

Изучая особенности метилирования ДНК, постдок Рокфеллеровского университета Скиммантас Криаукионис, работающий в лаборатории Натаниеля Гейнца, обнаружил, что есть еще один нуклеотид, отвечающий за эпигенетические изменения, а именно 5-гидрометилцитозин. Скорее всего, раньше его во многих случаях путали с дегидрированным собратом, ведь с помощью распространенных методов анализа их невозможно различить. А функции у них могут быть и разными, поскольку сразу же после того, как Криаукионис опубликовал свои результаты, группа под руководством доктора Аньяна Рао из Гарварда нашла фермент, превращающий 5-гидрометилцитозин в 5-метилцитозин.

«Сейчас работает проект «Эпигеном человека». С учетом полученных нами данных его результаты надо пересматривать, а исследование вести новым методом, позволяющим различить оба метилированных нуклеотида», — говорит Скиммантас Криаукионис.

ХИРАЛЬНЫЙ ПАЛЛАДИЙ

Сделать металл с необычными оптическими свойствами сумели голландские ученые.

«Nature Chemistry», 22 апреля 2009 года.

В зарубежных лабораториях

Хиральность — несовместимость молекулярной структуры вещества с ее зеркальным отражением — присуща многим органическим веществам (см. «Химию и жизнь», 2009, № 5). Оптические изомеры таких веществ по-разному поляризуют свет. За металлами такой способности никто не замечал. Оно и понятно: их решетки вполне симметричны. Однако Гади Ротенберг, профессор Амстердамского университета, сумел-таки сделать хиральный палладий.

Для этого он воспользовался простейшей методикой восстановления металла из его соли в присутствии коротких молекул оптического изомера, в данном случае алкалоида хинного дерева. Когда органику удалили, получился черный порошок палладия, обладающего свойством хиральности. Более того, даже механическая обработка это свойство не разрушила: ученые с помощью 10-тонного пресса отковали диск размером с монетку в два европейских цента и послали его на испытания в Израиль, в Вейцмановский институт науки. Там проверили свойственный палладию фотоэффект и обнаружили, что число электронов, выбиваемых из металлического диска, зависит от поляризации падающего света. «Я уверен, хиральные металлы станут основой принципиально новых катализаторов», — говорит профессор Ротенберг.

В зарубежных лабораториях

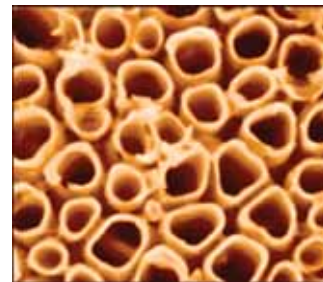
КАЛИЙ, СВЕТ И ВОДОРОД

Ничтожное число атомов калия на треть улучшает способность титановых нанотрубок разлагать воду.

«Journal of Materials Chemistry», 27 марта 2009.

Тридцать лет тому назад японец Акира Фудзисима показал, что диоксид титана под действием электричества и солнечного света разлагает воду. Многие химики хотят использовать это открытие для получения дешевого водорода. Чтобы увеличить поверхность, диоксид получают в виде нанотрубок, а для расширения спектра его поглощения (чистый TiO_2 работает в ультрафиолетовой области) добавляют различные вещества. Например, ученые из Северо-Восточного университета (США) решили добавлять углерод.

Чтобы посмотреть, насколько хорошо его атомы распределились по нанотрубкам, они обратились к коллегам из Национального института стандартов и технологии, у которых есть синхротронный источник рентгена. Его чувствительность в десятки раз выше, чем у обычных методов, поэтому на стенках нанотрубок удалось заметить считанные атомы калия. В этом факте не было бы ничего удивительного — едкое кали используют для приготовления нанотрубок из TiO_2 . Однако на тех образцах, где калия волею случая не оказалось, процесс шел плохо: затраты электроэнергии у них были на две трети больше. «Мы так удивились, что занялись изучением не углерода, а калия в нанотрубках», — говорит участница работы Латика Менон. — Поскольку концентрация калия чрезвычайно мала, он незаметен для экспериментатора и при этом сильно меняет свойства солнечных водородных батарей. Теперь знания об истинной роли калия можно использовать для оптимизации их свойств».



В зарубежных лабораториях

ИГЛА ПРОТЫКАЕТ КЛЕТКУ

Нанотрубка из нитрида бора — с ее помощью американские ученые будут доставлять вещества внутрь клетки.

Min-Feng Yu, mfyu@illinois.edu

Манипуляции с клетками, при которых сквозь мембрану в них вводят какие-либо вещества, становятся одним из самых распространенных методов биотехнологии. Соответственно улучшается и техника. Очередное усовершенствование придумали ученые из Корнелловского университета во главе с профессором Юй Миньфыном. Чтобы меньше травмировать клетку, к стеклянной пипетке они приделали нанотрубку из нитрида бора, отличающуюся высокой жесткостью, и покрыли ее тончайшим слоем золота. Получилась игла диаметром 50 нм. Груз прикрепляют к золотой оболочке специальными молекулами, которые распадаются после попадания в цитоплазму. При этом частица вводимого вещества отцепится от иглы и начнет выполнять свою задачу. Квантовая точка будет светиться когда положено, магнитная наночастица подойдет к нужной органелле, РНК запустит синтез белка, ДНК попытается встроиться в геном.

«Кроме того, наноигла может играть роль электрического или оптического датчика. А молекулы или наночастицы мы будем вводить точно в нужном месте и в нужное время», — говорит профессор Юй.

В зарубежных лабораториях

ПЛАСТИКОВЫЙ ПРОРЫВ

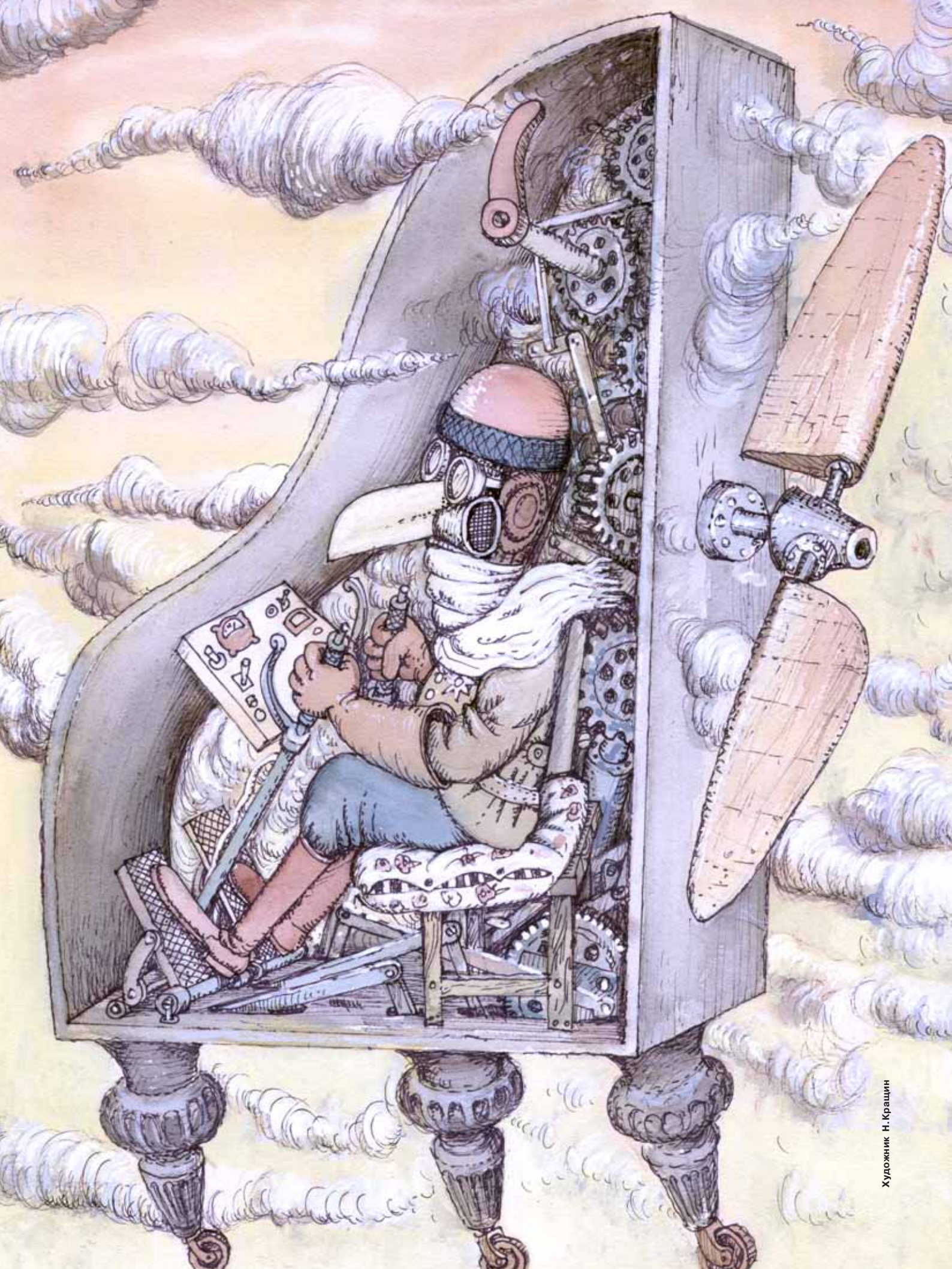
В Дании запущена первая электростанция на полимерных солнечных батареях.

Пресс-секретарь Marie Dinesen, mardi@adm.dtu.dk

Можно долго рассуждать о преимуществах и недостатках альтернативных источников энергии, однако пока нет реальной электростанции, все эти разговоры остаются в тумане экономической неопределенности. Инженеры датской Национальной лаборатории Рисё, занимающейся проблемами устойчивой энергетики, решили перейти от слов к делу. С помощью компании «Мекопринт» они напечатали рулоны микросхем для полимерных солнечных батарей, компании «Гайя Солар», специализирующейся на изготовлении кремниевых солнечных электростанций, заказали монтаж органических батарей на платформах, способных следить за движением Солнца, и в конце концов включили построенную электростанцию в сеть. А потом посчитали, во сколько обходится один ватт установочной мощности (то есть удельные затраты на изготовление и эксплуатацию) такой станции. В июне 2008 года он стоил 4500 евро. К январю 2009-го благодаря организационно-техническим усилиям цена упала до 22 евро, в марте — до 15 евро, а к концу 2009-го предполагается выход на 4–5 евро. Конечно, это все еще много. Но если хочется быть энергетически независимым, можно пойти и на затраты, тем более что эта технология способна стать предметом экспорта в другие страны.



Выпуск подготовил кандидат физико-математических наук **С.М.Комаров**



Нанографит для автомобиля



Кандидат физико-математических наук

П. В. Крюков,

ЦНИИМаш, baltec@dol.ru

Графит и бензин

Удельная теплотворная способность бензина огромна — 11 кВт·ч/кг. Однако КПД легкового автомобиля, который включает потери энергии не только в двигателе, но в сцеплении, коробке передач, карданном вале и дифференциале, не превышает 10—15%, и полезная работа в расчете на единицу общей массы его силовой установки оценивается в 0,3—0,45 кВт·ч/кг. Можно ли достичь тех же значений с помощью каких-либо альтернативных методов? Да, если использовать маховик из прочнейшего материала — нанографита. Это решение может совершить подлинную революцию в транспорте.

Предельная плотность запасаемой маховиком кинетической энергии пропорциональна прочности его материала. Рекордсмен прочности среди твердых тел — графит (напомним, его решетка состоит из плотноупакованных слоев, разделенных большими расстояниями): вдоль плоскости углеродных слоев она достигает 21—24 ГПа, это даже несколько выше, чем у алмаза. Если создать диск из идеальных слоев графита, то предельная плотность запасаемой энергии достигнет 1,67 кВт·ч/кг, что уже сопоставимо с удельной энергоемкостью моторного топлива, если принять во внимание реальный КПД двигателя внутреннего сгорания. Проблема в том, чтобы получить фактически монокристалл графита, у которого круглые углеродные сетки размером с диаметр маховика собраны в пакеты без дефектов упаковки и с зазором в доли нанометра. Как это сделать?

Наноструктурированный графит

Обычно графит синтезируют, осаждают полученный при пиролизе метана углерод на горячую (2000°C) подложку. Такой пиролитический графит состоит из слабосвязанных микроскопических чешуек-кристаллитов; разброс их ориентации достигает $\pm 20^\circ$. В процессе отжига при температуре 3000°C эти чешуйки благодаря высокой подвижности стыкуются своими базовыми плоскостями, и угловой разброс уменьшается до $\pm 6^\circ$. Приложение к образцу дополнительно растягивающих напряжений выстраивает кристаллиты в цепи, и угловой разброс снижается уже до $\pm 0,1^\circ$.

Чтобы придать графиту еще более правильное строение, растягивающие напряжения следует использовать непосредственно во время синтеза. В этом случае углерод надо осаждать на подложку в виде тонкого стержня из углепластика, вращаемого настолько быстро, что под действием центробежных сил растущие слои выпрямляются и растут в плоскости вращения параллельно друг другу. Сильное натяжение графитовых слоев препятствует образованию дефектов упаковки. Как показывают эксперименты, для получения хорошей структуры достаточно, чтобы окружная скорость растущего образца соответствовала скорости звука в метане, а скорость роста при этом составляет примерно 1 мм/ч. Продуктом такого синтеза окажется готовый к работе сбалансированный маховик, образующий с осью единое целое и потому прочный — ведь в его теле отсутствует осевое отверстие, служащее концентратором напряжений и вдвое снижающее запасенную энергию. Себесто-

А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

имость маховика на 90% складывается из затрат на электроэнергию, удельный расход которой оценивается в 300—400 кВт·ч/кг. Диаметр маховика ничем не ограничен, но выгодно его укрупнение, поскольку пропорционально растет площадь боковой поверхности и увеличивается темп прироста массы. Расчет показывает, что за неделю синтезируется маховик диаметром 30 см, и при высоте 1 метр его масса составит 160 кг.

Накопитель энергии

Главная проблема маховиков — если скорость вращения слишком большая, центробежная сила превысит предел прочности материала и маховик разрушится, причем с катастрофическими последствиями для окружающих. Как следует из расчета, маховик диаметром 30 см и высотой 1 м из прочного нанографита можно, не опасаясь разрушения, раскрутить до скорости 255 тысяч оборотов в минуту, что в десять—пятнадцать раз больше, нежели скорости, достигнутые современными маховиками. При этом он запасет 180 кВт·ч кинетической энергии, а окружная скорость окажется очень велика — вполовину меньше первой космической, и достигнет 4 км/с. В результате облик инерционного накопителя меняется настолько, что у своих прототипов он заимствует лишь название и принцип действия. Этому же способствует и уникальная «суперметаллическая» проводимость нанографита, приобретаемая им при внедрении между углеродными слоями атомов лития в небольшой концентрации. Сделать это совсем нетрудно, в результате образуется химически устойчивое слоистое соединение, в котором из-за малого размера атомов лития зазор между углеродными слоями остается прежним, электропроводность поперек плоскости углеродных слоев также сохраняется, но вдоль слоев она возрастает в 15 раз, достигая уровня алюминия.

Такой маховик раскручивают с помощью вращающегося магнитного поля, который создают электромагниты, помещенные над и под маховиком. Эти электромагниты включаются только по мере надобности. Поэтому расход электроэнергии на них невелик. Сам же маховик висит в вакууме опять-таки под действием магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом. В результате выбег до полной остановки свободно вращающегося на предельных оборотах маховика длится, по оценкам, основанным на опытных данных, не менее двух лет.

Силовые линии магнитного поля образуют петли, которые, проникая в глубь ротора-маховика, увлекают при вращении его проводящее тело подобно тому, как лопасти гребного колеса толкают воду. Когда поле вращается с опережением, оно ускоряет маховик, и система запасает энергию. Вращаясь с отставанием, поле тормозит маховик, и тот отдает свою энергию.

Маховик вращается в глубоком вакууме, который сам же и поддерживает: подобно ротору турбомолекулярного насоса он сообщает столкнувшимся с ним молекулам остаточного газа импульс такой силы, что те зарываются в слое специального вещества — геттера, нанесенного на стенку защитного кожуха. Тормозной момент, обусловленный трением о газ, при этом ничтожно мал. Из-за вакуума охлаждается маховик исключительно благодаря излучению, интенсивность которого пропорциональна четвертой степени температуры маховика. Если температуру ограничить на уровне 250°C (прочность и электропроводность маховика при этом мало изменятся), то средняя

полезная мощность составит 1 МВт и потребуется всего 10 мин чтобы полностью зарядить разряженный на 90% накопитель.

А если авария? Благодаря слоистой структуре графита разрушение маховика происходит по вязкому механизму, и высокоскоростных осколков не образуется: разрушаясь, он увеличивается в диаметре и постепенно гасит свою скорость, коснувшись стенок кожуха. Поэтому нет необходимости их бронировать, что снижает массу накопителя в целом; по оценкам, она не превышает 220 кг, и тогда удельная энергоемкость накопителя достигает 0,75 кВт·ч/кг.

Автомобиль в воздухе

Параметры инерционного накопителя позволяют создать на его базе полноценный электромобиль. Совершаемая полностью заряженным электромобилем полезная работа в расчете на единицу общей массы его электросилового установочного оценивается в 0,55 кВт·ч/кг, а с учетом возвращения энергии при торможении этот показатель возрастает до 0,65 кВт·ч/кг.

В результате электромобиль проедет по городу примерно вдвое большее расстояние, чем обычный автомобиль, имеющий сравнимую по мощности и массе силовую установку. Впечатляющие перспективы открывает использование инерционных накопителей в легкомоторной авиации. Так, если вертолет Ми-34 оснастить электросилового установкой той же массы и мощности, что и штатная, он сможет перевозить четверых человек на расстояние до 250 км. Дальность полета увеличится при переходе к атмосферному электромобилю, или просто автомобилю. В этом случае несущий и рулевой винты заменяются винтовентиляторами, расположенными тандемом соответственно в багажном и двигательном отсеке кузова автомобиля (нечто подобное можно видеть на глассере). При вращении винтовентилятор создает подъемную силу, а для поступательного движения ось его вращения отклоняют.

Энергоснабжение автомобиля обеспечивают два спаренных инерционных накопителя; их маховики вращаются в одной горизонтальной плоскости, но в разные стороны. При синхронном заряде-разряде накопителей их крутящие моменты уравновешиваются, а при их разбалансировке автомобиль разворачивается в горизонтальной плоскости. Устойчивость горизон-

тального положения обеспечивают сами маховики за счет гироскопического эффекта: полет становится безопасен, однако на всякий случай в крыше автомобиля спрятан спасательный парашют, а в днище — подушка безопасности; при аварийной ситуации эти средства обеспечат мягкую посадку и на землю, и на воду.

Пилотирование автомобиля отличается от вождения обычного автомобиля лишь тем, что рулевая колонка управления имеет дополнительную степень свободы, позволяя регулировать высоту полета. Площадки для взлета и посадки располагаются не только на улицах и площадях, но и на крышах зданий, что решает проблему городской парковки. Воздушные трассы автомобиль прокладывает не наяву, а виртуально, то есть на экране монитора. Положение и скорость участников воздушного движения отслеживает центр управления полетами с применением системы глобального позиционирования; информация поступает на борт всех транспортных средств, где ее обрабатывают вместе с данными бортовых радиолокаторов. Это дает возможность автоматизировать движение городского и пригородного транспорта, человеку остается лишь указать конечный пункт полета, все остальное делает компьютер. Руль же понадобится для аварийных случаев. Риск воздушно-транспортного происшествия при этом сводится к минимуму.

Перспектива

Изложенный технический подход основан на экспериментально доказанных физических принципах. Более того, все необходимое для создания таких маховиков, не говоря о соответствующем электротранспорте, у нас есть. В атомной отрасли накоплен богатый опыт по синтезу графитовых материалов и разработке высокооборотных роторов на магнитном подвесе — они работают в газовых центрифугах для обогащения урана.

При внедрении инерционных накопителей энергии расширится и рынок сбыта вырабатываемой атомными станциями электроэнергии: мощность в ночное время можно будет расходовать на синтез наногрфита, что даст возможность в считанные годы электрифицировать транспорт и модернизировать саму атомную отрасль. Это позволит сформировать новый сегмент глобального рынка высоких технологий.



МОСКОВСКИЙ

ДОМ

КНИГИ

РЕКОМЕНДУЕТ

Книгу можно приобрести в Московском Доме книги.

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

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru

Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ

И. П. Суздаев
Нанотехнология.
Физико-химия
нанокластеров,
наноструктур
и наноматериалов
М.: КД Либроком,
2009



Эта книга посвящена нанобъектам, размеры которых лежат в пределах 1—100 нм, а также тому, что с ними происходит. В этой области проявляются эффекты, присущие как отдельным атомно-молекулярным уровням энергии, так и телам в целом. Развитие науки о нанокластерах и наносистемах и методов их исследования привели к

созданию наноматериалов и нанороботов с уникальными свойствами. В книге автор пытается соединить теоретические и экспериментальные данные о нанобъектах с некоторыми общими вопросами — например, методами исследования нанокластеров и поверхности твердого тела, а также микроскопическими и термодинамическими подходами к изучению нанокластеров и поверхности. Автор работает в Институте химической физики им. Н.Н.Семенова РАН и читает курс лекций по физико-химии нанокластеров и наноструктур в Московском государственном университете им. М.И.Ломоносова.

Книга может быть полезной как для студентов и аспирантов, так и для научных работников, ведущих исследования в области нанотехнологий.

Энергия для электромобиля



Ф. Манилов

Почему электрический автомобиль, самолет или корабль, не загрязняющий окружающую среду (по крайней мере, в том месте, где он проехал, пролетел или проплыл), последние полсотни лет остаются символами далекого, как горизонт, светлого будущего? Одна из причин — отсутствие устройства, в котором можно было бы надежно запасти достаточно энергии, чтобы ее хватило на те же полтысячи километров пути, на которые хватает полного бензобака автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. В принципе такие устройства есть, но они либо очень тяжелы, либо дороги, либо ненадежны и недолговечны. Не исключено, что выход будет найден в виде какого-то принципиально нового технического решения. А выбирать приходится из трех направлений.

Аккумулятор

Самый очевидный способ — хранение электроэнергии в аккумуляторе. Возьмем средний автомобиль. Мощность его двигателя — около 10 кВт, они же 100 лошадиных сил. Чтобы водитель чувствовал себя мало-мальски комфортно, запаса энергии ему должно хватить примерно на десять часов. Стало быть, емкость источника энергии должна составлять 100 кВт·ч.

У свинцового аккумулятора, в простейшем варианте которого пластины свинца погружены в раствор серной кислоты, удельная мощность равна 0,03 кВт·ч/кг. Значит, такая батарея для электромобиля весит в три раза больше, чем он сам, — более трех тонн.

Емкость литий-ионного аккумулятора выше — до 0,2 кВт·ч/кг. Сейчас такой аккумулятор представляет собой полимерную пленку, на одну сторону которой нанесен углеродный электрод, а на другую — электрод из оксида какого-то металла. Эту пленку сматывают в рулон и получают аккумулятор. Ионы лития при зарядке входят в один из электродов, а при разрядке проходят через пленку и собираются в другом электроде. Литиевый аккумулятор (см. «Химию и жизнь», 2003, № 7—8) — лучшее, что может создать человек для хранения электроэнергии. «На вещество, которое запасает электричество в аккумуляторе, наложены два условия: оно должно быть сильным восстановителем при использовании в отрицательном электроде, сильным окислителем в положительном и обладать небольшим молекулярным весом, — рассказывает доктор химических наук А.М.Скундин из Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН. — Таким условиям удовлетворяет водород, но это вещество газообразно. Поэтому выбор падает на литий — первое вещество, которое в земных условиях существует в твердом состоянии. Отсюда следует, что единственный путь — повышение емкости аккумуляторов именно на ионах лития. А направление движения — выбор новых материалов для электродов».

Можно взять тот же углерод, но в другой структурной форме — в виде нанотрубок. Тогда при перемещениях лития он будет меньше растрескиваться и срок жизни аккумулятора вырастет. Альтернативой служит кремний: он способен накапливать в десять раз больше лития, чем углерод, образуя химическое соединение — интерметаллид. Однако это связано с возникновением в материале больших механических напряжений — кремниевый электрод быстро растрескивается.

КАЛЬКУЛЯТОР

Кремний, десятикратно увеличивая емкость аккумулятора, позволяет либо в десять раз уменьшить вес, либо в десять раз сократить время заряда. Но и второй электрод должен быть столь же емким, и здесь начинаются трудности. «Лучшие электроды из оксидов металла позволяют увеличить емкость раза в два. Есть идеи сделать электроды из серы, но из-за образования полисульфидов число циклов заряда-разряда таких аккумуляторов невелико. Серно-литиевые аккумуляторы дают возможность увеличить емкость до 0,5 кВт·ч/кг. Следующее поколение — воздушно-литиевый аккумулятор, где электродом служит ионизированный воздух. У него емкость 1 кВт·ч/кг», — говорит А.М.Скундин. Тогда все удовольствие для электромобиля обойдется в центнер, что уже приемлемо с учетом удаления из-под капота многих других устройств, обслуживающих бензиновый мотор.

Впрочем, даже если такой емкий и, что немаловажно, выдерживающий много циклов зарядки-разрядки аккумулятор будет создан, у электромобиля возникнет серьезная проблема, а именно отсутствие инфраструктуры для зарядки. Хорошо, если есть гараж с электророзеткой. Тогда аккумулятор можно заряжать хоть всю ночь, что способствует более равномерной нагрузке на электростанцию. А если нет ни гаража, ни розетки — нужна станция зарядки. И длительность процесса должна исчисляться уже не часами, а минутами. Нетрудно подсчитать, что закачать 100 кВт·ч за пять минут можно при наличии мегаваттного источника электроэнергии. Получается, электрозаправка должна иметь либо собственную небольшую электростанцию, либо высоковольтную линию электропередач до подстанции. Не самое простое решение для города и суций кошмар для электротехников: обеспечивать мегаваттные пики нагрузки по несколько раз в час. Кроме того, если бы сейчас все легковые автомобили в стране (а их в 2008 году было 30 млн.) стали электрическими, то на их питание пошло бы 100 млрд. кВт·ч электроэнергии в месяц. Почти столько сейчас за месяц вырабатывают все электростанции страны.

Промежуточное решение — постоянная подзарядка аккумулятора от сети. Этот способ подходит для некоторых видов городского транспорта, например троллейбусов. Обладая аккумулятором, они получат большую свободу маневра, поскольку смогут время от времени отцепляться от контактной сети и объезжать пробки. Прототип свинцового аккумулятора для такого транспорта, который выдерживает 180 тысяч циклов неполного заряда (в десять и более раз выше, чем у конкурентов), создали в курской компании ЗАО «ЭЛИТ» при поддержке Роснауки.

Солнечный автомобиль

Как видно, мечта об электромобиле, заряжающемся от сети, так и останется мечтой. Несколько ближе к реальности автомобиль, который не только расходует энергию, но и накапливает ее в процессе движения. В чистом виде это электромобиль с солнечной батареей. И действительно, ежегодно проходят соревнования таких автомобилей, а также яхт. Солнечный свет на них преобразуется в электрическую энергию, которая расходуется на питание электроприборов, прежде всего электродвигателя, а избыток накапливается в аккумуляторах. Их используют ночью и при плохой погоде. Поскольку плохая погода может затянуться, на таком транспортном средстве, видимо, должен быть какой-то дополнительный источник энергии. Размер солнечного автомобиля пока что не может быть маленьким — эффективность батарей слиш-

ком мала, чтобы можно было обойтись малой площадью. Пиковая мощность солнечного света — 1,2 кВт/м². В среднем за день, да еще в умеренных широтах хорошая оценка — 0,3 кВт/м². КПД преобразования света в электричество — в лучшем случае 40%. Таким образом, чтобы обеспечить 10 кВт, нужно иметь 8 м² батарей. В принципе при габаритных размерах современного легкового автомобиля — 4,5 м в длину, 1,5 в ширину и 1,5 в высоту — такую площадь найти можно, но батареи нужно постоянно ориентировать оптимальным образом. К тому же это кремниевые панели, а они совсем не гибкие. Если же покрасить автомобиль электрогенерирующей краской, то при ее КПД менее 5% площади поверхности явно не хватит.

Автомобиль-гибрид

Автомобиль может добывать энергию не только из света, но и из собственного движения, точнее, торможения. Обычно эта энергия, величина которой равна той, что затрачена на разгон, пропадает впустую — на нагрев тормозов, однако ее можно превратить в электричество и запастись. Для этого есть две группы устройств. Можно устроить электрическое хранилище в виде батареи аккумуляторов или суперконденсаторов. Именно эта схема нашла применение в так называемых гибридных автомобилях с электрическим и бензиновым двигателями. Поскольку основную работу по движению машины выполняет второй из них, вес электрических устройств меньше по сравнению с чисто аккумуляторным электромобилем.

Накопив энергию, аккумуляторы и конденсаторы расходуют ее на помощь бензиновому двигателю при разгоне и трогании с места. Эта помощь позволяет резко снизить содержание вредных веществ в выхлопе, а также расход топлива — именно во время этих операций бензиновый двигатель работает неоптимально. Сейчас экономия топлива составляет до 30%, однако в будущем за счет рекуперации энергии предполагается добиться трехкратного сокращения расхода до 3 литров на 100 км.

Серийно выпускаемые гибридные автомобили, как правило, оснащены аккумуляторной батареей, и в этом их серьезный недостаток: через несколько лет аккумулятор выйдет из строя и старая машина перестанет быть такой экономичной, какой была новая, аккумулятор же на замену стоит дорого. (Говорят, что этот эффект уже почувствовали на себе покупатели подержанных японских автомобилей.) Конденсатор можно заряжать неограниченное число раз, поэтому с ним такой беды случиться не должно. Правда, производство суперконденсаторов развито гораздо хуже, чем аккумуляторов.

Другая группа устройств — маховики, то есть массивные вращающиеся диски. Если трение оси невелико, в идеале отсутствует совсем при безопорном подвесе, то, раскручивая его как можно сильнее, можно накопить кинетическую энергию и по мере необходимости, за счет торможения диска, переводить ее в другие виды энергии, например электрическую. Главный энтузиаст использования маховиков — профессор Московского государственного индустриального университета Н.В. Гулиа. Всю свою научную работу, начиная с кандидатской диссертации, он посвятил внедрению маховиков для накопления энергии. В конце восьмидесятых годов в Московском метрополитене даже прошли испытания поездов с накопителями энергии торможения в виде маховиков. Более-менее широкое применение маховики нашли для снабжения энергией спутников.

Серьезная проблема этого вида накопителя — разрушение диска при слишком большой скорости вращения. А чем больше скорость, тем больше энергии может быть накоплено. Самый совершенный маховик, созданный Гулиа, представляет собой рулон углеткани: углеволокно обладает не только малым весом, но и высокой прочностью. Кроме того, при разрушении ткань не образует осколков. С таким маховиком достигнута скорость вращения 15—20 тысяч оборотов в минуту, а экспериментальные образцы супермаховиков запасают до 0,5 кВт ч/кг, то есть как у перспективных аккумуляторов. При этом маховик гораздо долговечнее аккумулятора. Однако до сих пор серийно выпускаемого

автомобиля с маховиком не создано. Энтузиасты же мечтают навить маховик из суперкарбона — сверхдлинной монокристаллической нанотрубки; килограмм этого материала, по мнению Н.В. Гулиа, сможет запастись 0,5—1 МВт·ч кинетической энергии. Такой маховик достаточно будет один раз раскрутить на заводе, и потом автомобиль, в котором его установят, будет ездить все отпущенные ему десять лет без подзарядки.

Электрохимический генератор

Если зарядить электромобиль трудно, а от органического топлива хочется избавиться, придется получать электричество непосредственно на борту электромобиля. Для этого служит электрохимический генератор. Как правило, если говорят об этом устройстве, имеют в виду водородный топливный элемент, о котором мы подробно рассказывали, когда этим вопросом активно занимался концерн «Норильский никель» (см. «Химию и жизнь», 2004, № 1). С тех пор ничего принципиально нового не случилось: топливный элемент для электромобиля по-прежнему чрезвычайно дорог, более тысячи долларов за киловатт мощности, ресурс же его не превышает нескольких тысяч часов. То есть через три года эксплуатации его придется сдавать на утилизацию (не забудем про платиновый катализатор в топливном элементе). Трудно назвать это хорошим техническим решением, пригодным для массового рынка. Кроме того, из-за взрывоопасности водорода в городе не просто разместить водородную заправку и доставить к ней топливо в виде цистерны жидкого газа.

В принципе можно получать водород непосредственно на борту автомобиля. Для этого нужно хранить его в виде самого распространенного дигидрида кислорода, то есть воды, и разлагать ее в результате химической реакции. Самый перспективный претендент на роль такого реагента — алюминий. Его сплав с 20% галлия без всяких дополнительных ухищрений разлагает воду (см. «Химию и жизнь», 2007, № 9). Есть и другие сплавы, правда, они лучше всего работают не в чистой воде, а в щелочном растворе. Однако все эти идеи имеют смысл рассматривать лишь после создания надежного топливного элемента, либо придется использовать водород в двигателе внутреннего сгорания с чистым выхлопом.

Альтернативное водородному решению — алюминиевый генератор, который производит не водород, а непосредственно электричество за счет реакции алюминия с водой. Энергии на единицу веса при этом получается меньше, чем с водородом, но поскольку алюминий — твердое вещество, а используют его в генераторе в виде пластин (см. «Химию и жизнь», 2008, № 3), то он и места занимает гораздо меньше, и не взрывоопасен. При этом алюминиевый генератор — сменный, его обслуживают на специальной станции, поэтому заправляют электромобиль быстро, если, конечно, такой источник питания стандартен и одинаков для автомобилей разных марок и моделей.

Расчет ученых из Института высоких температур РАН весной прошлого года показал, что выгодным такой автомобиль становится при цене бензина 70 рублей за литр. В период пика цены на нефть летом 2008 года алюминиевый электромобиль на короткий период стал экономически выгодным: например, в Финляндии в июне того года литр бензина стоил более 2 евро, что превышало порог в 70 рублей. Но разразившийся осенью кризис снова сделал его неконкурентоспособным.

В общем-то и неудивительно. Трудно сравнивать такие энергоносители, как нефть и уран, с одной стороны, и алюминий, маховик или аккумулятор — с другой. Ведь в первые энергию закачали бесплатно: нефть — солнечный свет, законсервированный древними растениями, уран — вообще продукт взрыва звезды. Во вторые же закачивали энергию, полученную на электростанции, с применением немалого человеческого труда и в конечном счете из той же нефти или урана. Видимо, в этом изначальном неравенстве и кроется вторая, а так же главная причина того, что светлое будущее с бесшумными и безвредными электрическими автомобилем, самолетом или кораблем остается столь же далеким от нас, как горизонт.



Рекордные швейцарские обороты



ТЕХНОЛОГИИ

Один миллион сто тысяч оборотов в минуту — до такой скорости осенью 2008 года раскрутили ротор своего двигателя швейцарские инженеры под руководством профессора Йохана Колара из Федерального института технологии (Eidgenössische Technische Hochschule) в Цюрихе. Потом у двигателя расплавились подшипники. Так был побит поставленный теми же швейцарцами два года назад рекорд — 500 тыс. оборотов в минуту.

Мощность рекордного двигателя, правда, невелика — 100 Вт, а размер крошечный — несколько сантиметров. Предыдущей модели, той самой, с 500 тыс. оборотов, инженеры уже нашли применение: она станет поддерживать давление внутри экспериментального робота-самолета «Солнечный импульс». Этот робот, оснащенный лишь солнечной батареей, совершит кругосветное путешествие без посадок на высоте до 12 километров, поднимаясь днем выше, а ночью спускаясь ниже. Здесь использовали как раз миниатюрность двигателя и его малый вес. Зачем еще могут быть нужны двигатели с такими огромными скоростями вращения?

Самое главное применение — сверление сверхмалых дырочек. Оказывается, в микроэлектронике есть серьезная проблема контактов: на многих микросхемах их сотни, размер же микросхем все время падает. Значит, и размер дырочек, в которые нужно вставлять контакты, тоже должен быть малым. Сейчас удается сверлить отверстия диаметром 75 мкм. Чтобы уменьшить его до 10 мкм, нужен либо дорогостоящий лазер, либо дрель с двигателем, способным обеспечить скорость миллион оборотов в минуту.

Малые дырочки другого типа сверлят в челювеческих зубах. До сих пор высокую скорость вращения обеспечивают пневматические буры, скорость которых сложно регулировать. Помещающаяся в ладони дрель с миниатюрным электродвигателем, способным по желанию врача и ускоряться до 500 тыс. оборотов в секунду, и замедляться, сильно изменит представления стоматологов и их пациентов о борьбе с кариесом.

Следующее применение — автомобиль. Для экономии топлива и его полного сгорания нужно уменьшать размер двигателя и использовать турбонаддув. А чем меньше двигатель, тем меньше и быстрее должна быть турбина, обеспечивающая этот наддув. Миниатюрный сверхскоростной двигатель турбины — незаменимая деталь автомобиля ближайшего будущего. Он же понадобится и в водородном топливном элементе, который все время надо проветривать.



Двигатель-миллионник выглядит довольно скромно. А составить представление о том, из чего он сделан, можно, рассматривая разобранный на части двигатель-предшественник с 500 тыс. оборотами в минуту

Сверхскоростной двигатель позволяет создавать и миниатюрные газовые турбины. Они нужны не для движения, а для генерации электричества. А оно, в свою очередь, требуется для питания миниатюрных роботов, а также современного солдатского электрооборудования — всевозможных прицелов, передатчиков, навигаторов, кондиционеров и прочих полезных принадлежностей, суммарная мощность которых уже превысила 100 Вт. Микротурбина с 500 тыс. оборотов в минуту гораздо легче соответствующего комплекта батареек.

Ну и наконец, системы хранения энергии с использованием маховиков. Двигатель с 300 тыс. оборотов в минуту обеспечит мощность в 100 Вт — этого хватит для питания малого спутника на околоземной орбите.

Чтобы добиться рекордного миллиона оборотов в минуту, швейцарские инженеры применили максимум изобретательности, которая обеспечила кажущуюся простоту конструкции. Ротор их двигателя — намагниченный в поперечном направлении стержень диаметром 1,7 мм из сильного магнитного сплава SmCo_5 . Для защиты от разрушения его поместили в оболочку из титана. Оптимальный внутренний диаметр статора из аморфного железа составил 5,3 мм. Удачная схема обмоток позволила обойтись без датчиков для контроля за смещениями ротора — эти данные получались автоматически. Зато управляющая и силовая электроника заставила авторов работы повозиться.

Сейчас в экспериментальном двигателе применены обычные подшипники. А в будущем планируется переход на комбинированный безопорный подвес. В начале движения это будет магнитный подвес, а затем к нему добавится аэродинамический. Оно и понятно: мало какие подшипники способны долго выдерживать столь гигантские скорости вращения.

Не надо думать, что планы швейцарцев ограничиваются маломощными двигателями. Они уже сделали двигатель киловаттной мощности с 500 тыс. оборотов в минуту. Диаметр его ротора побольше — с тонкую шариковую авторучку. Сейчас они конструируют киловаттный двигатель-миллионник. Не исключено, что такие мощные и в то же время миниатюрные двигатели при серийном производстве совершат революцию в машиностроении. Во всяком случае, малое предприятие для внедрения своих сверхдвигателей инженеры из Цюриха уже создали.

А. Мотыляев

Подготовлено по материалам статьи «Mega-Speed Drive Systems: Pushing Beyond 1 Million RPM», любезно предоставленной Йоханом Коларом.

Третий мушкетер

Кандидат химических наук
И.А.Леенсон

Начнем с разночтений

Из «трех мушкетеров» физической химии (см. «Химию и жизнь», 2009, № 1, 2) Вильгельм Оствальд (фото 1) — самый необычный. Даже его национальную принадлежность и род занятий в разных биографических источниках указывают по-разному. В книге В.А.Волкова, Е.В.Вонского и Г.И.Кузнецовой «Выдающиеся химики мира», как и во многих других изданиях, Оствальд назван немецким физико-химиком. В «Concise Columbia Encyclopedia» — немецким физикохимиком и натурфилософом, в «Britannica Concise Encyclopedia» — русско-немецким физикохимиком. Наконец, в англоязычной «Википедии» Оствальд назван балтийско-немецким химиком, при этом приводится написание его имени по-латышски: Vilhelms Ostvalds. По-разному пишут и университет, который он окончил. В немецкоязычных биографиях — Universitat Dorpāt, в отечественных изданиях разных лет — Дерптский университет, Юрьевский университет, наконец, Тартуский университет (Tartu Riiklik Üikool по-эстонски).

Разночтения связаны с биографией Оствальда. Он родился и долго жил в Российской империи, в 35 лет поменял русское подданство на немецкое. В Лейпциге, где он провел большую часть своей жизни, его называли «русским профессором». Университет, в котором он работал, был основан шведским королем Густавом II Адольфом в 1632 году на территории Ливонии. В советское время этот университет получил мировую известность благодаря деятельности Ю.М.Лотмана и его Тартуской школы филологии, культурологии и семиотики (кстати, сам термин «культурология» был введен Оствальдом). В честь Оствальда на территории университета установлена мемориальная доска с надписью на эстонском, немецком и английском языках (фото 2). Памятник Оствальду установлен и в его родном городе Риге, в Верманском парке недалеко от Рижского университета. (фото 3). А самое главное вовсе не то, что и его самого, и место его работы разные авторы называют по-разному. А то, что Оствальд известен не только как виднейший химик, лауреат Нобелевской премии, но и как литератор, философ, музыкант, общественный деятель и организатор науки — редкое сочетание качеств в одном человеке!

Жизнь лауреата

«О детстве великих людей мы знаем до обидного мало, — писал известный философ Арсений Гулыга, — ведь никто не думает, что именно из этого ребенка выйдет что-то путное, никто не собирает свидетельств его духовного роста».



1

В данном случае нам повезло — об Оствальде написано множество книг и статей, в том числе друзьями и коллегами. Среди них — П.Вальден, В.А.Кистяковский, Г.М.Шваб, Э.О.Фишер, нобелевские лауреаты С.Аррениус, Я.Вант-Гофф, В.Нернст. О нем писали известные отечественные историки науки Н.И.Родный и Ю.И.Соловьев, оставили воспоминания об отце его дети — сын Вальтер и дочь Грета.

Фридрих Вильгельм Оствальд родился 2 сентября 1853 года в Риге, губернском городе Лифляндской губернии. Он был вторым сыном в семье Готфрида Вильгельма Оствальда и Элизабет (Эльзы) Лёйкель. Готфрид был учителем в Риге, затем купил бондарную мастерскую. Эльза — из семьи московского пекаря. Родители сумели дать сыну хорошее образование. В течение всей жизни Оствальду были чужды такие понятия, как скука и безделье. В шестилетнем возрасте научившись читать, Вильгельм начинает одну за другой глотать книги, которые мать приносила из городской библиотеки. А став постарше, любил что-нибудь мастерить за верстаком отца. Еще ребенком он начал рисовать и затем в течение всей жизни совершенствовал технику рисунка, занимался теорией живописи и цвета. Мать даже хотела отправить его учиться в Петербургскую академию художеств. Будучи уже знаменитым ученым, Оствальд устраивал выставки своих картин. На первой, состоявшейся в 1904 году, было представлено 30 полотен. Эти выставки всегда пользовались большой популярностью.

Уже в начальной школе Вильгельм прослыл вундеркиндом, он впитывал все новое, что узнавал от учителей и из учебников. Его судьба во многом определилась решением родителей отдать сына не в классическую, а в реальную гимназию. В ней упор делался не на древние языки, а на современные, а также на естественные науки и математику. В результате Оствальд свободно мог читать в оригинале английских и французских классиков. Интерес к химии появился, когда ему случайно попала книга по пиротехнике. И в одиннадцать лет он забросил все другие развлечения, чтобы по рецептам, рекомендуемым в этой книге, готовить различные фейерверки. А вскоре новое увлечение — фотография. Все приходилось в те годы делать самостоятельно: и сам аппарат (из старого бинокля), и фотографические пластинки. «В те времена это было не таким простым делом, как сейчас, — рассказы-



2



3

вал Оствальд. — Каждую пластинку приходилось делать самому. Нужно было приготовить эмульсию, нанести на стекло, высушить — и при этом вы никогда не были уверены, что в конце концов получится что-то путное. Но зато я сделал одно важное открытие. Советую вам воспользоваться им в тех случаях, когда вы беретесь за трудное дело, имея мало шансов на успех. Знайте, что в такой ситуации самое лучшее — громогласно похвастать, что вы намерены свершить это дело в кратчайший срок. Тогда вам волей-неволей придется взяться за работу всерьез».

Детские увлечения пиротехникой и фотографией помогли Оствальду в будущем стать блестящим экспериментатором. Опубликованное им в 1893 году «Руководство к проведению физико-химических измерений» в течение многих лет было настольной книгой физикохимиков. Выбор химии в качестве будущей профессии определился при знакомстве Вильгельма с книгой «Школа химии» немецкого агронома Эрнста Теодора Штекгардта. «Вся моя позднейшая деятельность в области химии, — написал впоследствии Оствальд в статье «Как становятся химиком», — была заранее определена благодаря счастливой судьбе, пославшей мне в руки именно это мастерское в педагогическом отношении произведение в качестве первого руководства по химии». Отметим, что книга Штекгарда заинтересовала химией и будущего академика Н.С.Курнакова.

Однако многочисленные увлечения Оствальда-гимназиста настолько отвлекали его от занятий, что пятилетний курс Рижской реальной гимназии он сумел пройти лишь за семь лет, окончив ее в 1872 году. Отец рекомендовал ему поступить в Рижский политехникум (ныне — Рижский технический университет), готовивший инженеров. Однако Вильгельм выбрал Дерптский университет, где учились многие дети прибалтийских немцев, а преподавание велось на немецком языке. И все же позднее ему придется провести в Рижском политехникуме более шести лет — но не студентом, а профессором.

Первый год учебы на физико-математическом факультете пролетел в увлечении искусством, музыкой, философией, а также в обычных студенческих увеселениях. Но на следующий год, получив взбучку от отца, Оствальд взялся за ум. Кафедрой химии заведовал талантливый экспериментатор Карл Эрнст Генрих Шмидт, который работал в университете с 1846 года, а в 1873 году стал членом-корреспондентом Петербургской академии наук. Помимо химии, главными предметами на факультете были физика и математика. Однако свои знания Оствальд в основном добывал самостоятельно — через книги. Его привлекают исследования в но-

вой области химии — физической, одним из основателей которой он станет. Оствальд открывает для себя «научный рай» — химическую лабораторию. Название его дипломной работы звучит необычно: «Химическое действие массы воды». Но в те времена «массой» в химии часто называли то, что сейчас именуют концентрацией (вспомним «закон действующих масс», сформулированный всего за десять лет до этого). Любопытна запись в его дипломе о том, что хотя «Вильгельм Оствальд обнаружил в русском языке, именно, в устном переводе с русского на немецкий, в письменном — с немецкого на русский и на коллоквиуме достаточные познания, [он] не проявил умения вести письменно дела на этом языке».

После окончания 1875 году университета карьера Оствальда развивается стремительно. Решив, что для дальнейших его планов необходимы более глубокие познания в физике, он становится ассистентом в лаборатории физики, где работает под руководством профессора Артура фон Эттингена. Именно Эттинген, обладающий выдающимся педагогическим талантом, приветствовал развитие физической химии как нового направления в науке.

Свободное от работы время Оствальд отдавал музыке, которой обучался с детства. Он прекрасно играл на фортепиано и альте, пытался (хотя и без особого успеха) освоить фагот, выступал в домашних, а затем студенческих концертах. Он играл и в городском оркестре, которым дирижировал тот же Эттинген, блестящий знаток и теоретик музыки. В те годы это, вероятно, не вызывало особого удивления. Выступления оркестра пользовались большой популярностью в Дерпте, поэтому музыкантов часто приглашали на самые разные мероприятия. На одном из таких концертов Оствальд познакомился со своей будущей женой. В связи с музыкальным дарованием Оствальда можно вспомнить высказывание американского химика, лауреата Нобелевской премии Теодора Ричардса: «Химик, не знающий ничего, кроме химии, может стать компетентным техником, но не крупным ученым. Если меня попросят выбрать лучшего химика, я укажу на того, кто лучше всех играет на виолончели».

С марта 1880 года Оствальд переходит в химическую лабораторию, где работает под руководством профессора Шмидта. Через два года Оствальд получает степень магистра химии за диссертацию «Объемно-химическое исследование сродства». В диссертации он изучал термодинамические аспекты процессов нейтрализации разбавленных растворов кислот основаниями путем измерения малых изменений объема в ходе реакции. Степень магистра позволял ему в том же году занять должность приват-доцента по кафедре химии и читать лекции.

Еще два года исследованной, и Оствальд, которому всего 25 лет, защищает докторскую диссертацию на тему «Объемно-химические и оптико-химические исследования». И когда осенью 1881 года руководство Рижского политехникума обратилось к Шмидту, известному химику, с просьбой порекомендовать кого-нибудь на вакантную кафедру теоретической химии, он назвал Оствальда, написав директору

политехникума, что Оствальд «будет звездой первой величины в пограничной области между физикой и химией, области, которую он разрабатывает с удивительной основательностью и полнотой». Так в январе 1882 года Оствальд становится профессором теоретической химии в Рижском политехническом училище.

В 25 лет Оствальд решает на неслыханное для его возраста дело — написание учебника нового типа по общей и физической химии. В этом его поддержали преподаватели физики и химии — Эттинген и Шмидт. Огромное трудолюбие и настойчивость, а также богатство университетской библиотеки помогли собирать нужный материал. Однако начатую тогда работу пришлось прервать в связи с переездом в Лейпциг. Двухтомный учебник общей химии (*Lehrbuch der allgemeinen Chemie*) был издан в Лейпциге в 1885–1887 годах, а через несколько лет потребовалось второе издание. Книга начиналась с посвящения «глубокоуважаемым учителям, профессорам Дерптского университета К.Шмидту и А.Эттингену в знак сердечной благодарности от автора».

Проработав в Риге несколько лет, Оствальд в 1887 году принимает предложение переехать в Лейпциг, где основывает при университете Физико-химический институт, директором которого он состоит до 1905 года. В 1888 году он занимает очень престижную кафедру профессора физической и неорганической химии Лейпцигского университета. В этой должности он проработал 12 лет. В 1904–1905 годах Оствальд стал первым приглашенным немецким «профессором по обмену» в Гарвардском университете в США.

Интенсивная работа неоднократно приводила к переутомлению и даже нервному срыву. Так, в 1895 году Оствальд был вынужден на полгода совершенно прервать научную работу. В 1906 году он оставляет службу и организует в Гроссботене близ Лейпцига собственную химическую лабораторию на вилле, которой дал звучное название «Энергия» — в соответствии со своими философскими воззрениями (сейчас там находится мемориальный центр). Трудно поверить, что к 50-летнему юбилею Оствальда через его «Лейпцигскую школу» прошли 147 студентов и аспирантов, из которых 34 стали профессорами. Среди самых знаменитых его учеников — нобелевские лауреаты С.Аррениус, Я.Вант-Гофф и В.Нернст, известные физикохимики Г.Тамман и Ф.Доннан, химик-органик Й.Вислиценус, знаменитый американский химик Г.Н.Льюис. В разные годы у Оствальда стажировались русские химики И.А.Каблуков, В.А.Кистяковский, Л.В.Писаржевский, А.В.Раковский, Н.А.Шилов и другие. По остроумному выражению Кистяковского, не только Оствальд создал большую школу учеников, но и эта школа создала Вильгельма Оствальда (так обычно и бывает). Когда в 1909 году Каблуков предложил присудить Нобелевскую премию Оствальду, к его мнению прислушались и единодушно поддержали.

Оствальд и его школа всегда были центром притяжения химиков из многих стран. В лекции английского физикохимика Ф.Дж.Доннана, прочитанной в 1933 году и посвященной памяти Оствальда, Доннан так охарактеризовал своего учителя: «Представьте дружелюбного полного энтузиазма человека с пронизательным взглядом, румяным лицом и рыжеватыми волосами, усами и бородой, который ежедневно обходит лаборатории. Если у вас возникли трудности в работе, Оствальд предложит способ их преодолеть. Если у вас нет трудностей, Оствальд может предложить новые идеи. Если вам есть что сказать о музыке, изобразительном искусстве или философии, Мастер выслушает вас с полным вниманием и обсудит интересующую вас тему».

Оствальд прожил долгую и счастливую жизнь. В 1880 году он женился на дочери рижского хирурга Элен (Нелли) фон Рейер, с которой прожил 52 года. В семье родились две до-

чери и три сына. Старший сын, Вильгельм Вольфганг, стал известным ученым, профессором Лейпцигского университета, одним из пионеров новой науки — коллоидной химии. На русский язык переведена и издана в 1930 году его популярная книга «Мир обойденных величин». О характере ее автора, на который несомненное внимание оказал отец, можно судить по последним строчкам этой книжки: «Если что-либо в моем изложении покажется неполным или неясным, прошу не винить в этих недостатках коллоидную химию, а приписать их лично мне. Наука может быть совершенной, ее служители — никогда».

Вильгельм Оствальд умер 4 апреля 1932 года на своей вилле «Энергия». Один из его учеников, американский физикохимик Уальдер Дуайт Банкрофт, написал в некрологе: «Он был великим борцом и вдохновенным учителем. Он обладал даром говорить то, что нужно, и так, как нужно. Когда мы рассматриваем развитие химии в целом, имя Оствальда стоит в первом ряду. Он сумел найти свое место в жизни... Ни у одного современного химика не было столько любивших и следовавших его идеям учеников».

Оствальд — исследователь

Вильгельма Оствальда, наряду со Сванте Аррениусом и Якобом Вант-Гоффом, можно по праву считать одним из основоположников современной физической химии. В 1888 году он основал в Лейпцигском университете первую в мире кафедру физической химии и начал совместно с Вант-Гоффом издание также первого журнала, целиком посвященного новой науке, «*Zeitschrift für physikalische Chemie*». В 1892 году в этом журнале появился перевод малоизвестных трудов американского ученого Дж.У.Гиббса, что способствовало знакомству европейских химиков с его выдающимися открытиями. До 1922 года Оствальд собственноручно редактировал 100 томов журнала! В 1894 году Оствальд основывает еще один журнал, посвященный электрохимии. Своими трудами Оствальд всесторонне содействовал разработке физической химии, широкое развитие которой в последние десятилетия XIX века в значительной степени — результат его деятельности.

Лейпцигский университет тех времен не был одним из центров европейской химии. По мнению Оствальда, именно это способствовало успеху в нетрадиционной области — физической химии, поскольку ему не нужно было конкурировать, например, с корифеями в органическом или неорганическом синтезе. Изменяя параметры, которые не казались важными химикам, такие, как изменения объема или показателя преломления, Оствальд сумел осуществить в Лейпциге ряд очень важных исследований, используя недорогие и часто самодельные приборы «из картона и пробки».

Об отношении Оствальда к работе свидетельствует такой факт. Знаменитый шведский химик Й.Я.Берцелиус имел в молодые годы плохо оборудованную лабораторию с довольно грубыми весами, поэтому для получения надежных результатов он был вынужден повторять один и тот же анализ по 20–30 раз. В течение десяти лет Берцелиус опубликовал результаты анализа 2000 соединений, образованных 43 элементами — нелегко даже вообразить, какой труд он затратил на эту колоссальную работу. Спустя почти столетие Вильгельм Оствальд, увидев в музее оборудование, с которым работал Берцелиус, сказал: «Мне стало совершенно ясно, как мало зависит от прибора и как много от человека, который перед ним сидит».

Интересы Оствальда были чрезвычайно широки и в течение жизни неоднократно менялись (при этом они могли оказаться и очень далеки от химии). Он любил прибегать к сме-не деятельности, по его выражению — к «умственному се-



вообороту». Первые важные результаты были достигнуты Оствальдом в области электрохимии. Поняв значение революции, совершенной Аррениусом, Оствальд продолжил разработку теории электролитической диссоциации. Он показал, что новая теория хорошо объясняет все полученные им ранее экспериментальные данные. При этом для слабых электролитов, как и для газов, можно ввести понятие константы диссоциации. Оствальд выдвинул теорию цветных индикаторов и предложил рассматривать аналитические реакции как взаимодействие между ионами. В 1888 году Оствальд установил закон, выражающий зависимость электропроводности разбавленных растворов электролитов и их реакционной способности от концентрации (закон разбавления Оствальда). Выведенное им уравнение связывает константу диссоциации слабого электролита (K) и степень его диссоциации (α): $K = c(K^+)c(A^-)/c(KA) = \alpha^2 c_0 / (1 - \alpha)$, где $c(K^+)$ и $c(A^-)$ — концентрации катиона и аниона, $c(KA)$ — концентрация недиссоциированных молекул, c_0 — общая концентрация электролита. Величину α можно заменить на экспериментально определяемое отношение эквивалентной электропроводности при данной концентрации и бесконечном разведении: λ/λ_∞ . Оствальд и его сотрудники показали, что выведенное уравнение справедливо для сотен растворимых в воде кислот и оснований.

Не менее важно его открытие количественных закономерностей между электропроводностью растворов различных кислот и их каталитической активностью в реакциях гидролиза сложных эфиров и сахаров. Сейчас такая зависимость очевидна любому студенту-химику, но в те времена теория электролитической диссоциации только зарождалась и подвергалась ожесточенным нападкам. Поэтому вывод Оствальда о связи кислотного катализа с ролью ионов водорода, образовавшихся в результате диссоциации кислоты, был нетривиальным. Изучал Оствальд и щелочной катализ, в результате чего создал основы теории кислотно-щелочного катализа.

Исследуя скорость различных реакций, Оствальд предложил метод определения порядка реакции по каждому из реагентов — так называемый метод изоляции Оствальда. Для этого один из реагентов берется в значительном избытке, поэтому его концентрация не меняется и порядок реакции снижается. Так, если скорость реакции между A и B описывается уравнением $w = k[A]^x[B]^y$, то в случае $[B] \gg [A]$ уравнение упрощается до $w = k'[A]^x$, после чего легко определить величину x — порядок реакции по реагенту A . В этих работах Оствальд широко использовал закон действующих масс, опубликованный в 1864 году Гульдбергом и Вааге на норвежском языке и в течение многих лет фактически не замеченный другими химиками. Лишь работы Оствальда привели к широкой известности и практическому применению этого закона.

Для химической кинетики очень важно было объяснение Оствальдом сущности каталитических процессов, которые для химиков оставались мистическими: катализатор, не расходуясь в ходе процесса, может в миллионы раз его ускорить! В 1901 году он дал следующее определение: «Катализатор есть всякое вещество, которое изменяет скорость химической реакции, но отсутствует в конечном продукте последней». Оствальд подчеркнул, что катализатор не смещает положение химического равновесия, а лишь увеличивает скорость приближения к нему. «Таким образом, — писал Оствальд, — развитие рационального взгляда на природу катализа зависело исключительно от создания концепции скорости химической реакции». Оствальд показал, что ферменты — это тоже катализаторы, то есть они ускоряют реакцию, но не расходуются в ней. В результате работ Оствальда стало возможно количественно изучать влияние ка-

тализатора на реакцию, и механизм его действия превратился в одну из проблем, решаемых методами химической кинетики.

Но главное «каталитическое» достижение Оствальда связано с использованием катализаторов в промышленных процессах (в настоящее время подавляющее их большинство являются каталитическими). В конце XIX века перед человечеством встала проблема истощения в обозримом будущем запасов чилийской селитры — основного поставщика связанного азота, без которого невозможно получать удобрения, лекарственные препараты, взрывчатые вещества. Последнее было особенно важно для Германии, которая в случае войны оказалась бы отрезанной от природной селитры. Оствальд впервые показал, что аммиак можно синтезировать из простых веществ в присутствии катализатора. В 1902 году он получил патент на промышленный процесс получения азотной кислоты окислением аммиака.

Изучая растворы, Оствальд установил, что при кристаллизации вначале образуется термодинамически наименее стабильная полиморфная модификация. (Аналогично в эмульсии мелкие капельки со временем исчезают, а крупные растут.) Так, если осаждать из раствора HgI_2 , вначале образуется наименее устойчивая желтая форма, которая постепенно превращается в стабильную красную. Это же можно продемонстрировать на примере серы, фосфора, бензамида и других веществ. Эта закономерность получила название «правило ступеней Оствальда»: Оствальд сформулировал также закон старения осадков, в соответствии с которым более крупные кристаллы увеличивают свои размеры за счет исчезновения более мелких. Такое «созревание по Оствальду» объясняется термодинамическими причинами: крупные кристаллы обладают меньшей поверхностной энергией. Так, в запаянной ампуле с порошком иода со временем образуется один большой кристалл. А в долго хранящемся мороженом образуются кристаллики льда, что резко ухудшает качество продукта. Подобные процессы рекристаллизации играют важную роль и в геологии.

Более 100 лет назад Оствальд предвидел, какие огромные возможности для энергетики сулят топливные элементы. Вот отрывок из его речи в 1894 году на заседании Немецкого электрохимического общества, организатором и первым президентом которого он был: «Путь, на котором можно решить самый важный из всех технических вопросов — вопрос получения дешевой энергии, должен быть теперь найден электрохимией. Если мы будем иметь элемент, производящий электроэнергию непосредственно из угля и кислорода воздуха в количестве, более или менее соответствующем теоретическому, то это будет техническим переворотом, превосходящим по своему значению изобретение паровой машины. Как будет устроен такой гальванический элемент, в настоящее время можно только предполагать. В таком элементе происходили бы те же самые химические процессы, что и в обычной печи: с одной стороны, засыпался бы уголь, с другой — подавался кислород, а удалялся бы продукт их взаимодействия — углекислота... Техника дол-

жна только в наиболее дешевой и лучшей форме разрешить эту проблему». Уже через три года была построена первая действующая топливная батарея мощностью 1,5 кВт. Но она была весьма несовершенной и не могла найти практического применения. Трудности, стоявшие перед исследователями, побудили Оствальда назвать топливные элементы «философским камнем электрохимии». (О проблеме топливных элементов «Химия и жизнь» писала неоднократно; см., например, 2002, № 4, 2005, № 3, 2007, № 5.)

Внес Оствальд вклад и в усовершенствование лабораторной техники. Так, его именем назван вискозиметр — прибор для измерения вязкости жидкостей с известной плотностью. Он состоит из U-образной стеклянной трубки, погруженной в термостатирующую баню. В одном из колен трубки имеется капиллярное сужение. Время, за которое известный объем жидкости проходит через капилляр, пропорционально ее кинематической вязкости (фото 4).

В 1909 году достижения Оствальда были отмечены Нобелевской премией «в признание работ по катализу, а также за исследования основных принципов управления химическим равновесием и скоростями реакций».

Оствальд — философ, художник, писатель

Задолго до получения Нобелевской премии «химические» интересы Оствальда в значительной степени были вытеснены другими. Вот выдержка из письма немецкого физико-химика Кольрауша к Аррениусу от 27 марта 1906 года: «Мне кажется, что порхание Оствальда по самым разнообразным областям делает его уязвимым для критики. Многосторонние интересы, дух предприимчивости и бесспорный организаторский талант уже давно увели его далеко за естественные пределы исследовательской области». Так, Оствальд активно разрабатывал «термодинамическую теорию счастья» и даже вывел соответствующую формулу. Если счастье обозначить буквой G (от Glück), удовлетворение — E (от Erfüllung), а препятствия для его достижения — W (от Widerstrebens), то $G = (E + W) \times (E - W)$. Например, если $W = 0$, то $G = E^2$; а если $E = W$ то $G = 0$. Эту теорию раскритиковал Людвиг Больцман, профессор теоретической физики Лейпцигского университета, — хотя он был в дружеских отношениях с Оствальдом. Больцман утверждал, что понятие счастья может быть толкуемо весьма различно, например, христианином и буддистом.

В 1902 году Оствальд основал еще один журнал, на сей раз далекий от химии — «Анналы натурфилософии», и до 1921 года был его редактором. Как философ он был приверженцем позитивизма, последователем Эрста Маха. Вообще, литературная деятельность Оствальда поразительна: только на философские темы им опубликованы десятки тысяч страниц!

Одна из уникальных особенностей Оствальда заключалась в его многолетнем активном непризнании атомно-молекулярной теории (хотя именно он придумал термин «моль»). «Химик не видит никаких атомов, — утверждал он. — Он исследует лишь простые и понятные законы, которым подчиняются массовые и объемные соотношения реагентов». Оствальд ухитрился написать объемистый учебник химии, в котором слово «атом» ни разу не упоминается. Выступая 19 апреля 1904 года в Лондоне с большим докладом перед членами Химического общества, Оствальд пытался доказать, что атомов не существует, а «то, что мы называем материей, является лишь совокупностью энергий, собранной воедино в данном месте».

Оствальд как настоящий ученый требовал реальных доказательств существования атомов и молекул и готов был признать свои ошибки. Такие доказательства были получе-

ны в результате экспериментального (Перрен) и теоретического (Эйнштейн, Смолуховский) изучения броуновского движения. И Оствальд, отказавшись от «энергетики», пишет: «...совпадение броуновского движения с требованиями кинетической гипотезы... дает теперь право самому осторожному ученому говорить об экспериментальном доказательстве атомистической теории материи. Таким образом, атомистическая теория возведена в ранг научной, прочно обоснованной теории». Узнав об этом, умирающий Вант-Гофф с удовлетворением замечает о своем друге: «Оствальд обращен и стал атомистом».

Прогресс для Оствальда означал работу против последствий второго закона термодинамики: «Не растрачивайте понапрасну энергию, — любил говорить он, — облагораживайте ее». В качестве примеров «ненаучной траты энергии» он приводил войну и религию. Оствальд был непримирим в отношении церкви и считал науку несовместимой с религией.

Среди обширных интересов Оствальда были физиология и психология ученого. О его познаниях говорит следующее высказывание: «Когда я рисую, то работает лишь одна половина мозга, другая в это время отдыхает». Он попытался также создать свою теорию красок и цвета. Начав заниматься этими вопросами в 1915 году, Оствальд через шесть лет опубликовал большой атлас, содержащий 2500 цветов. Причем эту работу он считал чуть ли не главным делом своей жизни!

Оствальд активно интересовался историей химии и написал ряд работ на эту тему. В 1889 году он основал получившую всемирную известность серию «Классики точных наук». В этой серии были опубликованы сотни томов. В их числе — переведенные Оствальдом на немецкий язык редкие книги и написанные им биографии Р.В.Бунзена, Э.Геккеля, Г.Гельмгольца, Дж.Дальтона, И.В.Гете, О.Конта, М.Фарадея и других.

Особое место занимает монография Оствальда «Великие люди» (открывшая серию под тем же названием), в которой он дал исторические портреты некоторых знаменитых ученых. До сих пор на нее ссылаются философы и психологи. Оствальд разделил всех ученых на два основных типа — классиков и романтиков. Классиков отличает всестороннее совершенствование и «отделка» каждой работы, необщительность характера и слабое личное влияние на окружающих. Классик не хватается за все новые области исследования, а методично разрабатывает один вопрос, доводя его до совершенства и затрачивая порой на это многие годы. Иногда классик всю свою жизнь посвящает разработке единственной великой идеи. Романтик обладает прямо противоположными свойствами. Его характеризует не столько совершенствование отдельной работы, сколько разнообразие и поразительная оригинальность многочисленных, быстро следующих одна за другой работ, часто сильное и непосредственное воздействие на своих современников. Романтики — первопроходцы в науке, генераторы идей. Они, как правило, не задерживаются долго в одной и той же области, а сделав в ней открытие, переходят в другую. Романтики — исследователи с очень большой скоростью мышления, классики скорее «тугодумы». Конечно, встречаются ученые смешанного типа. По Оствальду, классиками были Гельмгольц, Гиббс, Майер, Ом. К романтикам он относил Дэви, Жерара, Либиха, Фарадея.

В последние годы жизни Оствальд принимал участие в различных просветительских, культурных и реформистских движениях, в том числе за сохранение природных ресурсов. Он активно участвовал в работе многочисленных международных научных обществ, включая Международную комиссию по атомным весам и Международную ассоциацию химических обществ. Оствальд занимался также вопросами государственного образования и подготовки ученых.

В отличие от многих немецких ученых, Оствальд не дал себя увлечь шовинистическим настроениям. Более того, он участвовал в пацифистском движении, к которому его привлекла австрийская писательница, лауреат Нобелевской премии мира за 1905 год, Берта фон Зутнер (ее портрет красуется на австрийских монетах достоинством 2 евро). Оствальд живо интересовался созданием международного языка. Он считал, что такой язык значительно облегчит общение ученых и будет способствовать прогрессу науки. Вначале он активно изучал эсперанто, но затем стал приверженцем еще одного искусственного языка, идо, который считал улучшенной версией эсперанто.

Оствальд любил музыку и не расставался с инструментом даже во время поездки в США. По вечерам он играл в четыре руки на рояле — вместе с женой. В музыке его интересовала и формальная сторона. Им был сделан гармонический анализ всех сонат Бетховена для фортепьяно. В течение жизни Оствальд был избран членом многих академий наук и научных обществ, в том числе — иностранным членом-корреспондентом Петербургской АН. Ему были присвоены почетные звания доктора наук в университетах Германии, Великобритании, США, Швеции, Норвегии, Голландии, России.

Оствальд написал более 500 научных статей и около 5000 обзоров. Из 77 изданных им книг 20 переведены на русский язык. Вот лишь несколько названий, которые свидетельствуют о широте его интересов и необычайной работоспособности (в скобках — дата первой публикации на немецком): «Энергия и ее превращения» (1888), «Электрохимия. Ее история и научные основы» (1895), «Несостоятельность научного материализма» (1895), «Философия природы» (1902), «Введение в теорию и практику живописи» (1904), «Искусст-

ХИМИКИ — НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

во и наука» (1905), «Международный вспомогательный язык и эсперанто» (1906), «Изобретатели и исследователи» (1909), «Основы натурфилософии» (1908), «Энергетические основы культурологии» (1909), «Насущная потребность» (1910), «Колесо жизни» (1911), «Великие люди» (1911), «Монистические воскресные проповеди» (1911; в 1960 году эта книга была переиздана в Лейпциге под названием «Наука против веры»), «Язык и общение» (1911), «Организация и организаторы» (1912), «Монументальная и декоративная пастель» (1912), «Таблицы стандартных цветов» (1917), «Гете, Шопенгауэр и цветоведение» (1918), «Гармония форм» (1922), «Линия жизни. Автобиография» (в 3 томах, 1926 — 1927), «Старые и новые книги» (1929), «Пирамида науки» (1929), «Настоящее и будущее техники живописи» (1932).

Трудно поверить, что все эти книги написаны одной рукой? — Да, но это была рука нобелевского лауреата по химии.

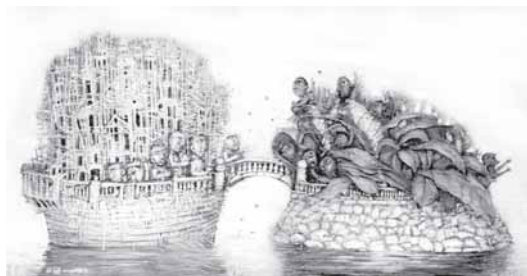
ОБ АРХИВЕ



Архив «Химии и жизни» за 42 года — это более 50 000 страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям. Предупреждаем: архив защищен от копирования, можно переписывать только отдельные статьи и рисунки, но не весь диск. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала www.hij.ru и по телефону (499) 978-87-63.

О ПОДПИСКЕ



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки — 600 рублей за полгода. Для этого нужно отправить запрос по электронной почте redaktor@hij.ru, мы вышлем квитанцию для оплаты через Сбербанк.

Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через киоск: www.hij.ru/kiosk.shtml.

Подписаться можно также на любой почте: каталоги «Роспечать», индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), индексы 88763 и 88764; «Межрегиональное агентство подписки» (Почта России), индексы 99644 и 99645, а также обращайтесь в агентства «Урал-пресс», uralpress.ur.ru, «Вся пресса», (495) 906-07-35; «Артос-Гал», (495) 981-03-24 и другие.

Химический подсолнух

Цветная капуста — это обычная капуста, получившая высшее образование.

Марк Твен

История химии знает примеры драматической судьбы некоторых соединений: яркое, эффектное появление, затем долгое прозябание, иногда про них даже забывают, и потом неожиданный расцвет. Речь пойдет о давно известном соединении — тиофене.

От заблуждения к открытию

Немецкий химик Адольф Байер, удостоенный в 1905 году Нобелевской премии, заложил основы химии красителей. Среди наиболее ярких его достижений — анализ строения природного индиго и синтез этого соединения. Есть и менее известные результаты, один из которых получил неожиданное продолжение. Изучая в 1879 году строение индиго, Байер получил продукт его окисления — изатин, который, как оказалось, обладал интересным свойством: при смешении с бензолом в присутствии серной кислоты изатин давал интенсивное синее окрашивание. Это соединение стали использовать как удобный реагент для качественного обнаружения бензола. К счастью, заблуждение продолжалось сравнительно недолго.

В 1882 году другой немецкий химик, Виктор Мейер, читая лекцию студентам, решил показать этот эффектный опыт, однако у него под руками не оказалось бензола. Не растерявшись, Мейер решил на глазах у студентов вначале получить бензол, а затем подтвердить его наличие с помощью качественной реакции. Бензол он получил, нагревая бензойную кислоту: $C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_6 + CO_2$.

Добавив к свежеполученному бензолу серную кислоту и изатин, он с изумлением убедился, что смесь не посинела. Можно себе представить веселое оживление студентов, увидевших такой неудачный результат! Тем не менее Мейер сделал из это-

го наблюдения абсолютно правильный вывод. То, что он получил из бензойной кислоты абсолютно чистый бензол, сомнения не вызывало. Следовательно, бензол, которой обычно использовали химики для работы (его получали из каменноугольной смолы), содержит какую-то примесь, дающую окрашивание с изатином.

Мейер выделил из каменноугольного бензола это соединение и назвал его тиофеном. Название (корень «фен») оказалось на редкость удачным: оно указывало на родство с бензолом — имеется в виду фенильная группа. Тиофен — бесцветная жидкость с температурой кипения $84,2^\circ C$. В сыром бензоле, полученном из каменноугольной смолы, его совсем немного — 1,3—1,4 %. Долгое время тиофен находился в тени своего выдающегося собрата бензола и вообще считался «загрязнителем», мешающим проводить спектральные исследования и молекулярно-массовые измерения. Но потом оказалось, что из тиофена можно синтезировать много полезных соединений.

Вслед за бензолом

Тиофен похож на бензол комплексом свойств, которые обобщенно называют ароматичностью. Этим свойством обладают плоские циклические молекулы. У атомов, участвующих в образовании цикла, взаимно перекрываются атомные p-орбитали и образуются обобщенные молекулярные кольцевые орбитали. В результате появляется единая замкнутая электронная оболочка, а система приобретает высокую стабильность. Количество электронов, обеспечивающих ароматичность, должно быть строго определенным. Немецкий химик Эрнст Хюккель вывел правило, согласно которому оно всегда равно $x=4n+2$, где n — число натурального ряда, то есть 1, 2, 3 и т. д. Поэтому только плоские циклические молекулы, имеющие 6 (бензол), 10 (нафталин)... электронов, обладают ароматичностью.

Кандидат химических наук

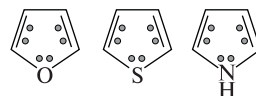
М.М.Левицкий,

кандидат химических наук

Д.С.Перекалин

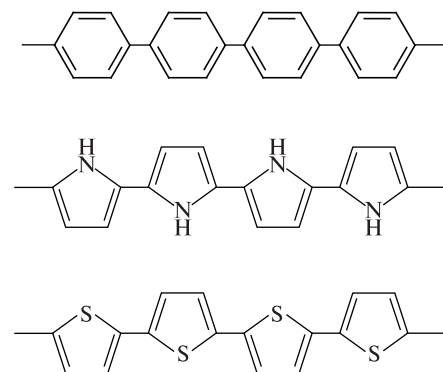
Постепенно круг соединений, причисляемых к ароматическим, расширялся. К ним стали относить и молекулы, которые обладают структурными признаками, характерными для бензола, — то есть любые циклические структуры с чередующимися простыми и двойными связями, удовлетворяющие правилу Хюккеля.

В тех молекулах, где в состав цикла помимо углерода входят атомы O, S или N (например, в фуране, тиофене, пирроле — см. рис. 1), так же, как в бензоле, существует устойчивая шестиэлектронная замкнутая система. В ее образовании участвует неподеленная электронная пара, принадлежащая гетероатому (O, S, N). Четыре p-электрона предоставляют двойные связи цикла, а два p-электрона — атомы кислорода, серы или азота. При этом количество атомов в цикле (5 — у гетероциклов, 6 — у бензола) решающего значения не имеет.



1
Строение ароматических гетероциклов: фуран, тиофен, пиррол

Обобщенная электронная система дает интересные свойства: электроны создают кольцевой ток. Вполне естественно возникла идея синтезировать токопроводящие мостики из подобных молекул, соединенных в цепочку. Так были синтезированы проводящие полимеры, цепи которых собраны из



2
Проводящие полимеры



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

циклических ароматических молекул (рис. 2). Чтобы все кольцевые токи в гетероциклах объединить в единый проводящий материал, вводят стимулирующие электроны и таким образом активируют всю систему.

Электропроводимость у некоторых этих полимеров почти такая же, как у металлической меди. Надо отметить, что химия всегда умела ломать сложившиеся представления: и в этот раз оказалось, что полимеры, долгое время считавшиеся эталонными диэлектриками, можно превратить в проводники.

В этой области политиофен сумел проявить свою индивидуальность. В сравнении с остальными проводящими полимерами он имеет ряд достоинств: стабилен, долго сохраняет проводящие свойства, кроме того, он

растворим (в отличие от остальных), что позволяет формировать из него пленки и волокна. Из полимерного тиофена делают тонкопленочные электронные устройства, светодиоды, полупроводники, а также элементы для аккумуляторных и солнечных батарей. Надо упомянуть, что тиофен также входит в состав некоторых лекарственных препаратов, например антибиотиков — цефалотин, цефалоридин.

Однако «заслуги» тиофена пока нельзя назвать уникальными: сходных результатов можно достичь и с иными соединениями. Для того чтобы тиофен или какое-либо другое вещество стало заметным на фоне миллионов других, нужны яркие научные результаты. Часто они возникают только после того, как накопится экспериментальный массив при поисках в самых разных направлениях.

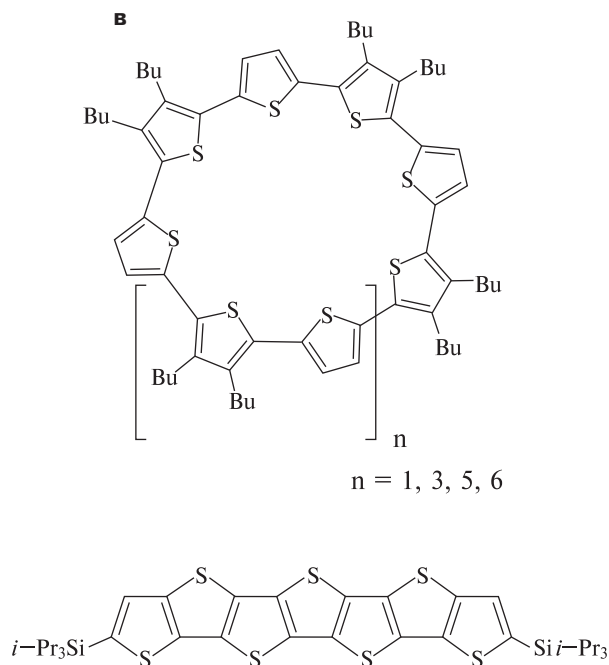
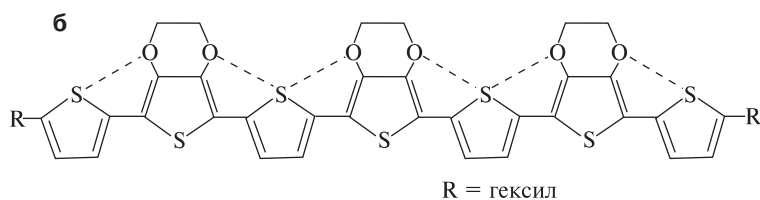
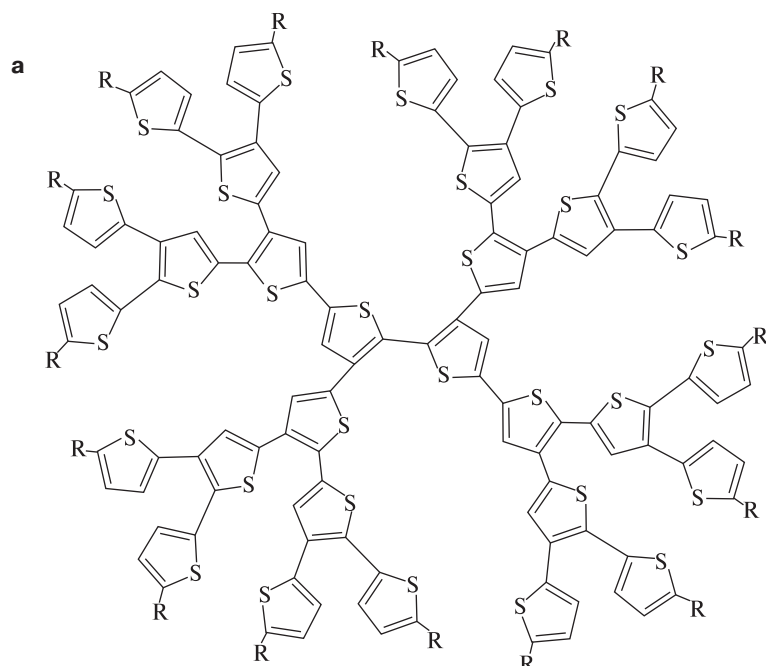
Подготовка взлетной полосы

Достаточно хорошо изученная химия тиофена позволила исследователям начать поиск необычных структур. Движущей силой здесь было стремление не только получить принципиально новые молекулярные конструк-

ции, но и расширить диапазон электронных свойств таких молекул.

Ученые синтезировали много таких структур (рис. 3). Например, сверхразветвленный олиготиофен — дендример, содержащий 30 тиофеновых циклов (рис. 3а). Если его нанести на поверхность слюды или графита, он самоорганизуется и образует тонкие слои за счет межмолекулярных взаимодействий. Получен олигомерный тиофен (рис. 3б), цепям которого придана дополнительная жесткость за счет взаимодействий между фрагментами $-O-CH_2-CH_2-O-$ и атомами серы (показаны пунктиром). В прямых цепях соседние р-орбитали легче перекрываются, что важно для проводимости, однако эффект будет заметен, только если синтезировать достаточно длинную цепь.

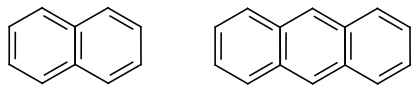
Часть исследователей пошла по иному пути: они синтезировали не разветвленные или линейные структуры, а циклические, добившись при этом весьма эффектных (с точки зрения химиков-синтетиков) результатов. Циклические соединения тиофена (рис. 3в) можно рассматривать как своеобразные аналоги краун-эфиров, содержащих вместо атомов кислорода атомы серы, причем размер цикла можно спланировать в за-



3
Структуры, собранные из тиофена

висимости от размера молекулы, которая будет входить внутрь цикла.

В соединениях, которые мы описали, тиофеновые циклы соединены между собой простой связью С—С. Но циклы тиофена могут быть и спаяны, то есть иметь два общих атома подобно тому, как соединены бензольные циклы в нафталине (слева) или антраcene.

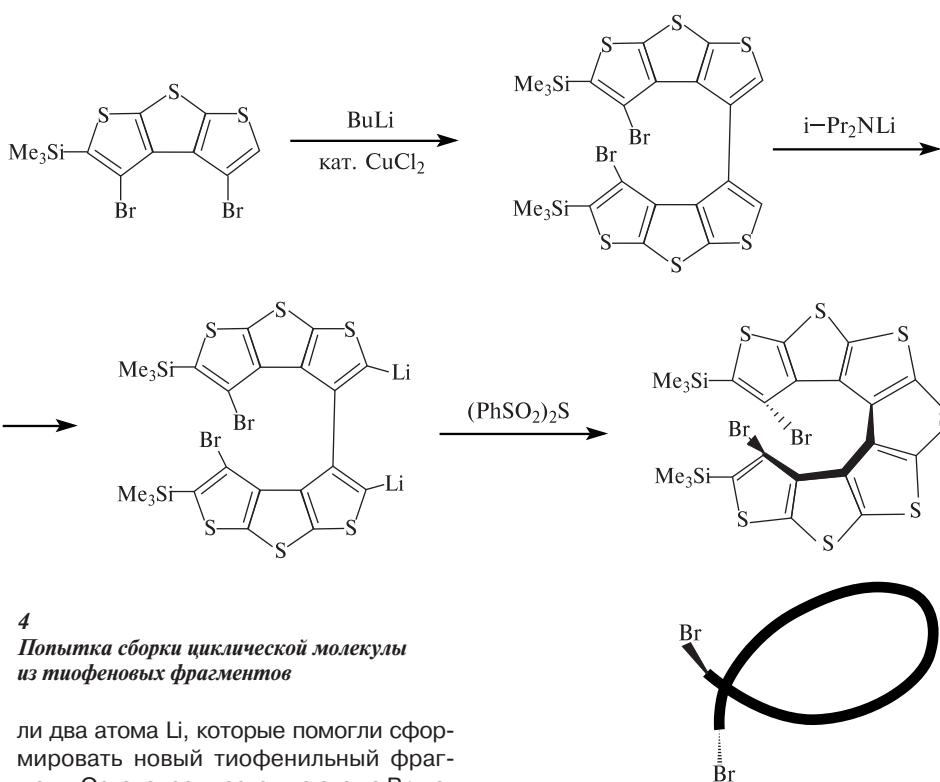


Такие циклы называют конденсированными. Химики-синтики разработали методику для наращивания цепочки из тиофеновых циклов — в итоге получился фрагмент (рис. 3г) гипотетического полимера полидикарбосульфида, имеющего состав $[C_2S]_n$. Его считают многообещающим, предполагая, что это будет проводящий полимер со стабильными электрофизическими свойствами.

Атомы серы смотрят наружу

Современные возможности синтетической химии позволяют получить почти все, что нарисовано (при условии, что нарисовано грамотно). В макроциклах, напоминающих краун-эфиры, атомы серы расположены внутри циклов, в молекуле карбосульфида атомы серы направлены вверх и вниз относительно вытянутой цепи. Можно ли присоединить тиофеновые пятиугольники друг к другу так, чтобы атомы серы располагались снаружи? Простые геометрические соображения подсказывают, что тогда цепь должна замкнуться в кольцо.

К решению этой задачи приступил в 2004 году профессор С. Райка с коллегами из американского университета штата Небраска. Они взяли соединение, содержащее три тиофенильных фрагмента, расположенных нужным образом (рис. 4), с присоединенными атомами брома. Бутиллитий $BuLi$ забрал по одному атому Br от каждой молекулы, затем действием литийсодержащего амида $i-Pr_2NLi$ в образовавшуюся молекулу вве-



4 Попытка сборки циклической молекулы из тиофеновых фрагментов

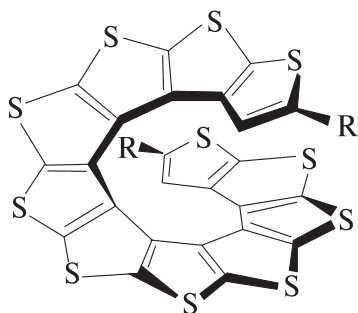
ли два атома Li , которые помогли сформировать новый тиофенильный фрагмент. Оставалось всего два атома Br , казалось бы, вполне подходящие для того, чтобы полностью замкнуть цикл по той же методике, как с первыми двумя атомами брома. Однако собранная из семи тиофенильных фрагментов лента стала закручиваться в спираль, и в результате атомы брома далеко отошли друг от друга. Авторы продолжили достраивать намечавшуюся спираль и получили две спиральные молекулы, закрученные в правую и левую стороны (рис. 5).

Спиральные молекулы называют гелицами. Они особенно интересны, поскольку обладают исключительно высокой оптической активностью при вращении плоскости поляризованного света. Справедливости ради надо отметить, что даже здесь тиофену не удалось обойти бензол, который умеет делать то же самое, — впервые такие спирали были созданы из спаянных бензольных циклов (рис. 6). Впрочем, получение тиофеновых гелиценов — безусловно, серьезное достижение органической химии.

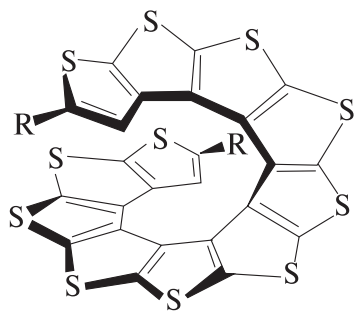
Однако задача (может быть, самая интересная) осталась нерешенной, ведь циклическую молекулу с атомами серы, смотрящими наружу, так и не получили!

Молекула-подсолнух

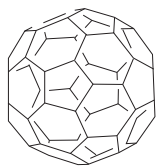
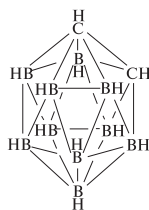
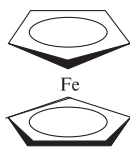
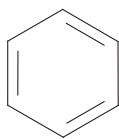
Химиков всегда привлекали соединения, которые возглавляли отдельное направление и символизировали целый класс себе подобных. Таких соединений немного, и они хорошо известны, например бензол, ферроцен, карборан, фуллерен (рис. 7). Они во многом определили развитие химии в XX веке. Отличительные признаки таких молекул: они стабильны, симметричны, сравнительно просто устроены, изящны и внешне привлекательны (поэтому часто становятся эмблемами конференций). Чисто эстетические



5
Спиральные олигомерные тиофены



6
Гелицен из бензольных циклов



7

Молекулы, ставшие символами: бензол, ферроцен, карборан, фуллерен

аспекты, такие, как красота и элегантность молекулярных структур, всегда играли важную роль в развитии химии, и этому даже посвящены специальные статьи в серьезных научных журналах. По мнению нобелевского лауреата Р.Хофмана, эстетика — одна из движущих сил химии.

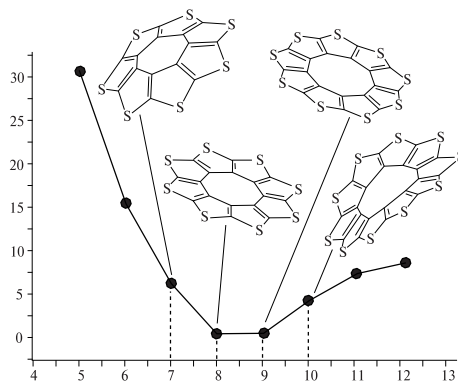
Впрочем, изящество структуры — не самое главное. Стабильную высокосимметричную молекулу несравненно проще изучать, и она дает существенно больше информации. Появление такой молекулы сразу привлекает внимание множества исследователей.

Замкнутый цикл из спаянных молекул тиофена вполне мог бы стать такой молекулой и достойно символизировать химию тиофена. Получил это соединение в 2006 году профессор В.Г.Ненайденко с сотрудниками (химический факультет Московского государственного университета).

Отличительная черта работы современного химика — сочетание эксперимента и квантово-химических вычислений. Компьютерные программы позволяют химику-синтетику проводить многие расчеты самостоятельно. При решении задачи с тиофеном сначала надо было решить вопрос, из какого количества тиофеновых молекул собирать кольцо — ведь заранее ясно, что проще получить самое устойчивое соединение. А устойчива энергетически более выгодная структура. Исследователи провели предварительный расчет для циклов, содержащих от 5 до 12 тиофеновых фрагментов, и оказалось, что наиболее энергетически выгодны те циклы, в которых восемь и девять фрагментов (рис. 8). Обе эти молекулы практически плоские, в отличие от цикла из семи фрагментов, который стянут в виде корзины, и извитого десятифрагментного цикла (десяти тиофенам там тесновато).

Авторы начали с 8-звенного цикла. Была выбрана несколько иная тактика синтеза (в сравнении с той, которую использовали при сборке спиралей): вместо того чтобы собирать мо-

лекулу из нескольких блоков, они решили сразу использовать заготовку, содержащую восемь углеродных атомов (внутренний цикл), а затем достроить внешнюю часть, создавая в

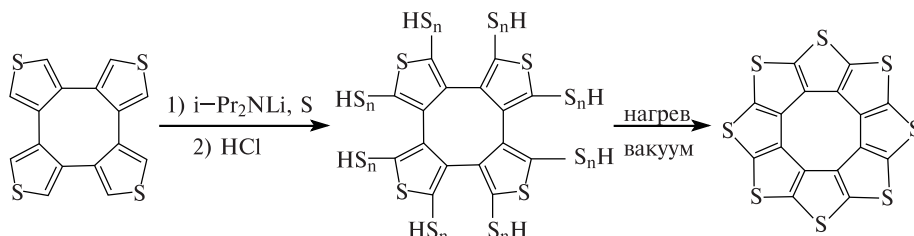


8

Энергия циклических тиофеновых колец различного размера. Значение энергии для кольца из восьми звеньев минимально и условно принято за ноль

нужных местах тиофеновые фрагменты (рис. 9). Конечный продукт, эстетически совершенная структура органического соединения, брутто-формула которого поражает своей простотой — $(C_2S)_8$, оказался темно-красным порошком. Примечательно, что октатиофен очень устойчив (не разлагается вплоть до 500°C).

Поскольку форма молекулы напоминала цветок подсолнечника (англ. Sunflower), авторы назвали соединение «Sulfur» (сера) и «flower» (цветок). Итак, перед нами молекула-подсолнух, или сульфловер.



9

Синтез циклического октатиофена

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Осуществить синтез — половина работы, а вторая половина, не менее сложная, — доказать строение полученного соединения. Здесь сульфловер проявил коварство: он ни в чем не растворялся, что очень затруднило задачу. Впрочем, и для нерастворимых веществ существует набор методов, которые позволяют понять их строение. По результатам элементного анализа его состав соответствовал атомному отношению $C:S = 2:1$. Анализ масс-спектров дал молекулярную массу вещества — 448 (теоретическое значение 448,69). Спектр ЯМР показал, что в веществе присутствует два типа углеродных атомов в равном соотношении, а это полностью соответствует структуре сульфловера: восемь атомов C во внутреннем цикле и восемь на периферии. Казалось бы, структура подтверждена, однако современный уровень предполагает еще и рентгеноструктурный анализ, который буквально позволяет увидеть молекулу своими глазами. Но порошкообразное вещество для таких целей не годится, нужен небольшой одиночный кристаллик, который обычно выращивают из раствора. Как же быть, если сульфловер ни в чем не растворим?

Авторы все же опубликовали статью о синтезе сульфловера в авторитетном научном журнале без рентгеноструктурного анализа, и, как выяснилось позже, поступили правильно. Тем временем к исследованию сульфловера подключились ученые из ИХЭОС РАН (Л.А.Лейтес, К.А.Лысенко и С.С.Букалов). Они сублимировали сульфловер в высоком вакууме (10^{-5} мм рт. ст.) и получили нужные для рентгеноструктурного анализа

одинокими кристаллами. Структура восьмилепесткового цветка полностью подтвердилась. Кроме того, рентгеноструктурный анализ показал, каким образом размещены молекулы в кристаллической ячейке и как распределена электронная плотность.

Две особенности сульфловера особенно заинтересовали авторов – его предельно низкая растворимость и красный цвет. Казалось бы, такие свойства имеют скорее прикладное, нежели научное значение, и все же внимание именно к ним было не случайным. Два этих свойства четко отличали сульфловера от похожих соединений: тиофеновые спирали, о которых мы уже рассказали, были бесцветны и хорошо растворимы. Окраска вещества, как правило, зависит от электронного строения молекулы, но теоретический расчет спектра поглощения в видимой области, проведенный для одиночной молекулы, показал, что она должна быть бесцветной...

Ответ на вопросы дало внимательное изучение расположения молекул сульфловера в кристалле. Плоские циклические молекулы образуют наклоненные колонны (рис. 10). Молекулы в колоннах сдвинуты вбок относительно друг друга таким образом, что расстояния C...S между атомами в молекулах, расположенных друг над другом, оказались короткими. При этом возникает сильное вандерваальсовское взаимодействие и соответственно резко снижается раство-

римость. Это же объясняет, почему вещество возгоняется при такой высокой температуре.

Также оказалось, что молекулы в соседних колоннах тесно контактируют друг с другом, причем это происходит при участии атомов серы и даже с частичным переносом заряда. Именно эти взаимодействия с переносом заряда приводят к тому, что поглощается определенная часть видимого света и вещество приобретает красный цвет. Таким образом, сама по себе молекула бесцветна, а окраска возникает только при образовании кристаллической структуры.

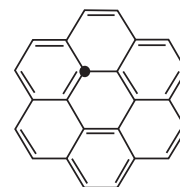
Ученые не просто пытались объяснить необычное сочетание свойств в веществе. Это помогло определить ту область, в которой сульфловера может проявить свои интересные качества – электрофизические и электрооптические свойства.

Мера ароматичности

Вполне естественно, что химик, глядя на плоскую циклическую структуру, собранную из ароматических молекул, задается вопросом, обладает ли она в целом ароматическими свойствами. Абсолютный эталон в этом плане бензол – он идеально воплощает все представления о таком классе соединений, поэтому постоянное сравнение с ним неизбежно. Это относится и к тиофену, исторически обнаруженному в складках плаща царственного бензола.

Ответ на вопрос об ароматичности, казалось бы, прост – надо проверить, отвечает ли структура правилу Хюккеля. Сложность состоит в том, что это правило можно применять не всегда. Если все атомы углерода находятся только в одном цикле или входят одновременно в состав двух циклов, как, например, в нафталине или антраcene, то правило применимо. Если же атом углерода входит в состав трех циклов, то правило не работает. Такое, например, происходит в коронене – цветке, собранном из шести молекул бензола (рис. 11). Один из шести атомов углерода, входящих одновременно в состав трех циклов, отмечен точкой.

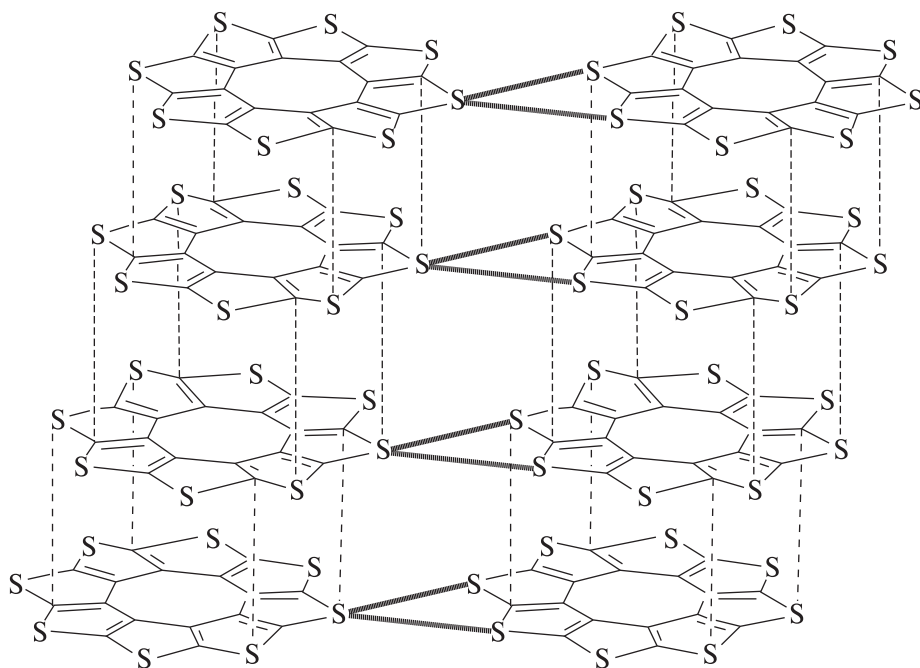
Кроме того, правило Хюккеля только отвечает на вопрос «да – нет», иными словами, есть ароматичность или нет. Но когда ароматичность присутствует, она проявляется у разных со-



11
Коронен

единений не в равной степени. Как ее определить? Сначала в качестве меры ароматичности использовали величину энергии, которая выделяется при гидрировании бензола (получается циклогексан), эту величину сравнивали с энергией, получаемой при гидрировании трех молекул этилена (три двойные связи) или разомкнутого аналога бензола – гексатриена $H_2C=CH-CH=CH-CH=CH_2$. Поскольку бензол стабилизирован за счет ароматичности, то выделяемая энергия ниже, чем у похожих неароматических соединений. Разница в величине сравниваемых энергий и есть мера ароматичности. Такой же результат получается при окислении бензола и сравниваемых соединений.

Существует также метод, основанный на магнитных измерениях, при котором сравнивают величину кольцевого тока в ароматическом цикле. В последнее время исследователи чаще используют теоретические расчетные методы. Расчеты сульфловера показали, что каждый из тиофеновых циклов в молекуле ароматичен и имеет индекс $-7,35$ (для сравнения, индекс бензола $-10,1$). Интересно, что основное кольцо сульфловера, собранное из восьми тиофеновых циклов, не ароматично, так же как и малый внутренний цикл. Здесь сульфловера проявил свою ин-

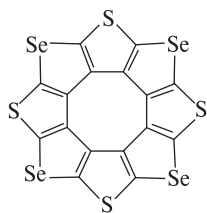


10
Расположение молекул сульфловера в кристалле. Для наглядности все расстояния увеличены



дивидуальность, поскольку ближайший предшественник коронен ароматичен полностью.

Эффектное и необычное соединение отметили многие химики, и сразу несколько групп исследователей начали изучать сульфловвер. Прежде всего стал расширяться диапазон подобных молекул — синтезировали сульфловвер, в котором часть атомов



12
Селеносульфловвер

серы заменена селеном (рис. 12). Оба соединения — и сульфловвер, и селеносульфловвер — оказались полупроводниками. Кстати, коронен тоже упаковывается в колонны, но взаимодействия между ними такие слабые, что полупроводниковые свойства отсутствуют. Квантово-механические расчеты показали, что новые соединения — перспективное семейство материалов для молекулярной электроники. Есть и другая возможная область применения сульфловвера, он может адсорбировать молекулы водорода. По расчетам, между плоскостями молекул сульфловвера в кристалле может поместиться до пяти молекул H_2 . Безусловно, это будет интересно для развивающейся водородной энергетики.

Будущее сульфловвера

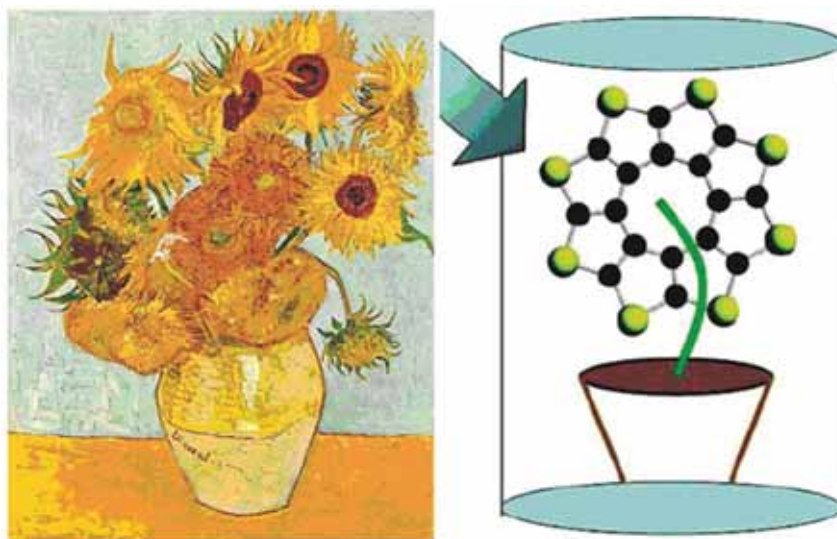
Станет ли сульфловвер символом нового направления, пока сказать нельзя, он еще очень молод, однако есть косвенные указания на то, что это возможно. При знакомстве с историей открытия других соединений, ставших символами, обращает на себя внимание одна деталь. Их строение было предугадано до того, как появилось надежное подтверждение объективными физическими методами. Речь идет прежде всего о рент-

геноструктурном анализе. Август Кекуле предложил структуру бензола по крайней мере за 50 лет до того момента, когда его строение было подтверждено.

Необычную структуру ферроцена в виде сэндвича из двух циклов с зажатым между ними атомом железа Роберт Вудворд предложил в 1952 году, имея весьма скромные сведения — результат ацилирования этого соединения, его магнитные свойства и исключительную стабильность. Рентгеноструктурный анализ подтвердил блестящую догадку через год. Относительно карборана также есть косвенные сведения, что его структура была предсказана. С фуллереном дело обстояло самым необычным образом. Гарольд Крото и Ричард Смолли знали о нем со-

Вернемся к главному герою нашего рассказа, сульфловверу. Его автор В.Г.Ненайденко с коллегами имел заметно больше сведений о новом веществе, нежели Крото и Смолли о фуллерене. Тем не менее все доказательства были косвенными, а рентгеноструктурный анализ подтвердил истинность предположения через два года.

В каждом из этих случаев были свои особые обстоятельства, однако когда рассматриваешь их вместе, невольно приходишь к определенному выводу. Несмотря на то что физические методы исследования вещества постоянно совершенствуются, химики, как в прежние времена, так и сегодня, высоко ценят научную интуицию — миг, когда после напряженной работы и сосредоточенных раздумий



13
В статье В.Г.Ненайденко о сульфловвере помещен снимок известной картины Ван Гога «Подсолнухи», а вышедшая позже работа об адсорбции сульфловвером водорода предваряется стилизованным рисунком, в котором авторы сделали из молекулы цветок со стеблем

всем немного — его молекулярную массу и то, что он состоит только из атомов углерода. Этого оказалось достаточно, чтобы предложить широко известный теперь шар из углерода, напоминающий футбольный мяч. Рентгеноструктурный анализ подтвердил их правоту лишь через шесть лет.

перед глазами исследователя возникает новая структура, в истинности которой он уже не сомневается. Может быть, это одна из важнейших особенностей химической науки, объединяющая ученых многих поколений.



Почему предсказывала пифия

Кандидат биологических наук
Р.М.Харасов

Храм в Дельфах веками привлекал жителей Древней Греции и Римской империи: здесь от Дельфийского оракула можно было получить самое авторитетное пророчество. Еще географ Страбон (64 г. до н. э. — 25 г. н. э.) писал: «Местонахождение оракула — это глубокая пещера с узким входом, из которой поднимается пневма, дающая божественное откровение. Над расщелиной, на треножнике, восседает пифия и, вдыхая испарения, изрекает пророчества». Плутарх дает характеристику этих испарений, приводивших прорицательницу в экстаз: пневма поднималась в виде газа и издавала сладкий запах, напоминавший аромат духов. Там, где сидела пифия, сладковатого газа было в избытке. Надо отметить, что иногда сеанс даже заканчивался смертью прорицательницы.

Два тысячелетия понадобилось, чтобы проникнуть в древнюю тайну. Только к 2001 году ученые нашли геологический разлом точно под местом расположения храма ровно там, где вещала пифия (см. «Химию и жизнь», 2001, № 10). В воде под разломом обнаружили метан, этан и этилен. Все сошлось: этилен имеет сладковатый запах, небольшая его концентрация вводит человека в легкое состояние транса — он остается в сознании, впадает в эйфорию, может отвечать на вопросы, но потом все забывает. Большая концентрация этилена может привести к смерти.

Подобные выходы газов потом обнаружили под храмами Аполлона в Малой Азии и в Гиераполе (Памуккале) на территории Турции. Получается, что древние греки специально строили храмы Аполлона над местами, где выходили газы.

Известковые породы горы Парнас богаты битумом, который может содержать до 20% нефти. Ученые, кото-



1
Темные битумные пласты. Змеиный водопад. Сочи

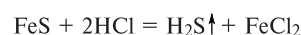
рые проводили это исследование, предположили, что битумные пласты горы Парнас нагревались, после чего из них выделялись легкие углеводороды, в том числе этилен. Газ накапливался в пустотах горы и через разломы выходил в определенных местах, в частности там, где сажали пифию. Какие химические процессы при этом могли происходить?

Битум — это твердые нефтяные остатки. Его залежи встречаются в природе в виде серых битумных пластов с малым содержанием органических соединений и темных, которые содержат более 20% органики.

В битумных пластах много пирита $\text{Fe}(\text{S}_2)$ и пирротина FeS . Кстати, это очень просто проверить. Если кусочек серого битума накалишь до 350°C , то он станет красным. При этом интенсивность окраски зависит не столько от температуры, сколько от содержания железа в битуме:



А если на кусочек темного битума капнуть разбавленной хлороводородной кислотой, запахнет сероводородом:

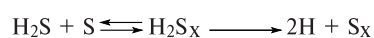




РАССЛЕДОВАНИЕ

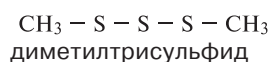
Теперь посмотрим на проблему более широко. Получением синтетических жидких топлив из угля и тяжелых нефтяных остатков ученые занимаются очень давно, в ЮАР, Бразилии, Австралии и Японии даже действуют промышленные предприятия. Одна из важных проблем — подбор дешевых и высокоэффективных катализаторов, которые могли бы переводить твердые углистые соединения в газообразные или жидкие. В лаборатории химии угля Института органического синтеза и углехимии АН Казахстана обнаружили, что такими соединениями могут быть как раз сульфиды железа (Fe_7S_8 и $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$). Они уже при 70°C начинают разлагать твердые органические соединения.

При изучении сероводородных родников, образующихся в битумных пластах, время от времени наблюдается выход газа (мелкие или даже большие пузыри). Дно таких водоемов нередко покрыто белым налетом, а рядом с ними чувствуется запах сероводорода. Это понятно: в битумных пластах много органических соединений, из которых образуется сероводород (H_2S). В этих же пластах достаточно серы в свободном виде, которая, взаимодействуя с сероводородом, образует полисульфиды:



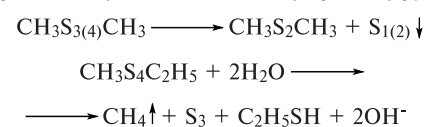
2 Серые битумные пласты. Башкирия

В 2001 году в Башкирском республиканском научно-исследовательском экологическом центре мы выясняли, какие же органические соединения (в том числе, микропримеси) находятся в воде битумных пластов. Их оказалось очень много, весьма разнообразных по строению и свойствам. Например, мы нашли соединения средней летучести: сероводород (H_2S), диоксид серы (SO_2), этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и большое количество сернистых органических соединений. Кроме того, в воде обнаружили полисульфиды (метилгексилдисульфид, диметилтрисульфид, диметилтетрасульфид и др.), циклические метиленполисульфиды (тиепаны) и элементарную серу (S_6 - S_8).

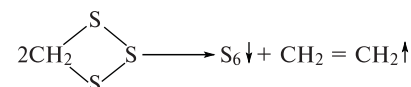


По литературным данным, прочность $\text{S}-\text{S}$ связи в полисульфидах снижается от S^1 к S^2-S^3 , поэтому связь $\text{S}-\text{S}$ менее прочна, чем $\text{S}-\text{R}$. Это означает, что в природных условиях в воде полисульфиды разлага-

ются на более простые соединения (углеводороды, элементарную серу):



Тиепаны (циклические полисульфиды) тоже разлагаются под действием катализаторов:

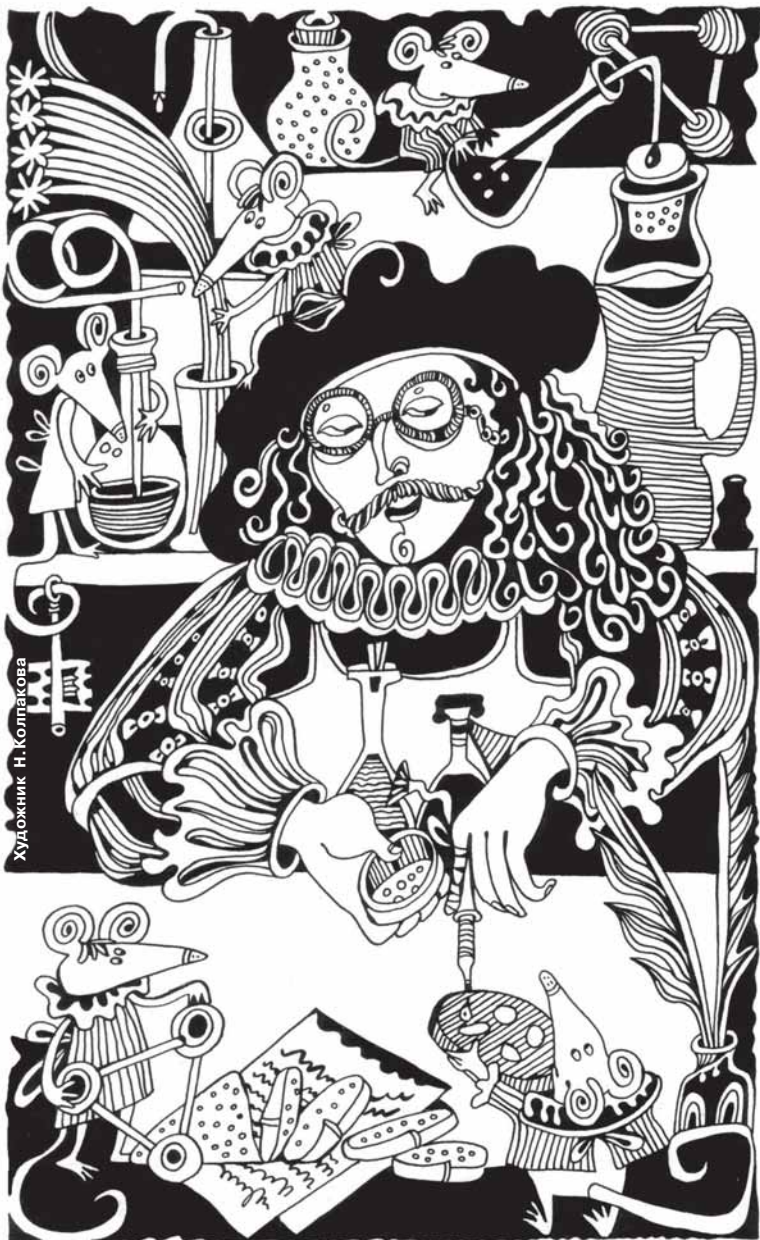


Вы спросите, откуда катализаторы? А соединения железа, которые в избытке содержатся в битумных пластах? Они и работают катализатором.

Получается, что вода, проходя через битумные слои, вымывает сульфидные соединения и при помощи катализаторов преобразует их в сероорганические соединения, которые при разложении и выделяют углеводороды. Вот почему мы находим в сероводородной воде этилен и другие продукты.

Без сомнения, пифия предсказывала из-за действия этилена, образующегося в битумных пластах горы Парнас и проникающего через разломы в храм. А ответственны за это сульфидные соединения.





Художник Н. Колпакова

Доктор химических наук
Н.Е.Аблесимов,
 Ablesimov1@yandex.ru



СЛОВАРЬ НАУКИ

тельного, металлургического и энергетического оборудования; кислотоупорные плитки и фасонные детали для химической промышленности; футеровку шаровых мельниц, облицовочные материалы и другие изделия, работающие в условиях воздействия кислот, щелочей или абразивных сыпучих материалов и пульпы, а также базальтовое (каменное) волокно.

Пегниохимия. Химики тоже шутят, а что остается делать, если в лаборатории горячее и холодное стекло выглядят одинаково! Социологи провели опрос населения. Всем респондентам задавали два вопроса: 1) как вы относитесь к химическим удобрениям? 2) какая у вас в школе оценка по химии? Оказалось: 1) 90% россиян категорически против химических удобрений; 2) остальные 10% имели по химии оценку «5». Институт пегниохимии РАН, может быть, и появится, когда мы поймем единство природы и тупик бесконечного деления знания, и посмеемся над искусством разделять и не властвовать.

К области пегниохимии, несомненно, принадлежит и химический фольклор.

Крутит и вертит мешалку мотор.
 В колбе трехгорлой бордовый раствор.
 Варится, киснет ацетофенон.
 Скоро дойдет до кондиции он.
 Только я начал бензол отгонять –
 Колба рванула... Кусков не собрать.
 Вспыхнул бензол, загорелся халат.
 Что-то заметил сосед невпопад.

Пищевая химия. Ее цель — создание качественных продуктов питания и методов анализа в химии пищевых производств. Это один из самых древних экспериментальных разделов химии со времен появления дрожжевого хлеба. Химия пищевых добавок контролирует их ввод в продукты питания для улучшения технологии производства, а также структуры и органолептические свойства продуктов, увеличение сроков хранения, повышение биологической ценности. К числу таких добавок принадлежат консерванты, антиоксиданты, окислители, эмульгаторы, стабилизаторы, красители, вкусовые вещества и ароматизаторы, интенсификаторы вкуса и запаха, витамины, микроэлементы, аминокислоты, пряности. Создание искусственной пищи — тоже предмет пищевой химии. Это продукты, которые делают из белков, аминокислот, липидов и углеводов, предварительно выделенных из природного сырья или полученных направленным синтезом из минерального сырья. Пищевые добавки, а также витамины, минеральные кислоты, микроэлементы и прочие вещества придают конечному продукту не только питательность, но и цвет, запах и нужную структуру. В качестве исходных компонентов используют вторичное сырье мясной и молочной промышленности, семена, зеленую массу растений, гидробионты, биомассу микроорганизмов, например дрожжей. Из них выделяют высокомолекулярные вещества (белки, полисахариды) и низкомолекулярные (липиды, сахара, аминокислоты и другие). Низкомолекулярные пищевые вещества получают также микробиологическим синтезом из сахарозы, уксусной кислоты, метанола, углеводов, ферментативным синтезом из предшественников и органическим синтезом (включая асим-

Сколько химий на свете?

Патохимия изучает химические механизмы патологических процессов. Например, проблема отторжения органов при пересадке — во многом проблема патохимии.

Петрохимия изучает распределение химических элементов в горных породах и породообразующих минералах.

Петрургия — производство стеклокристаллических материалов и изделий из расплавов горных пород (например, базальтов и диабазов) и промышленных отходов (например, шлака и золы) методом литья. Петрургические материалы предпочтительнее металлургических, так как устойчивы в окислительной атмосфере Земли и предполагают прямое использование сырья без выделения чистых компонентов. Петрургическое производство вырабатывает трубы, плиты, лотки для защиты рабочих поверхностей бункеров, желобов, узлов горно-обога-

Окончание, начало в номере 5

метрический синтез для оптически активных соединений). Различают синтетическую пищу, получаемую из синтезируемых веществ, например диеты для лечебного питания, комбинированные продукты из натуральных продуктов с искусственными пищевыми добавками, такие, как колбасно-сосисочные изделия, фарш, паштеты, и аналоги пищевых продуктов, имитирующие какие-либо натуральные продукты, — скажем, черную икру.

Плазмохимия изучает химические процессы в низкотемпературной плазме. Низкотемпературной принято считать плазму с температурой 10^3 — 10^5 К и степенью ионизации 10^{-6} — 10^{-1} , получаемую в электродуговых, высокочастотных и СВЧ газовых разрядах, в ударных трубах, установках адиабатического сжатия и другими способами. В плазмохимии важно разделение низкотемпературной плазмы на квазиравновесную, которая существует при давлениях порядка атмосферного и выше, и неравновесную, которая получается при давлении менее 30 кПа и в которой температура свободных электронов значительно превышает температуру молекул и ионов. Это разделение связано с тем, что кинетические закономерности квазиравновесных процессов определяются только высокой температурой взаимодействующих частиц, тогда как специфика неравновесных процессов обусловлена большим вкладом химических реакций, инициируемых «горячими» электронами. Примером плазмохимической технологии служит: синтез ацетилена из природного газа (электродуговая печь, 1600°C): $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$.

Прикладная химия. За этим нейтральным словом скрывается самая зловещая химия — химия для войны. Обслуживает в основном нужды военно-промышленного комплекса.

Радиохимия изучает поведение радиоактивных элементов, методы их выделения и концентрирования. Это научная основа получения высокоактивных материалов и регенерации ядерного горючего, разработки методов применения радионуклидов.

Радиационная химия — см. химия высоких энергий.

Сонохимия изучает химические реакции при воздействии ультразвука; это разновидность механохимии, проявляющаяся в жидкости: упругими волнами воздействуют на вещества, чтобы изменить их структуру и свойства. Главный инструмент сонохимии — кавитация, образование в жидкой среде массы пульсирующих пузырьков. Давление в них возрастает до 800 МПа, температура (по теоретическим оценкам) — до 7400 К, образуются электрические разряды, проходит ионизация, возникает явление сонолюминисценции — звук превращается в свет. Оценки показывают, что при сонолюминисценции происходит концентрация энергии в триллион раз, то есть на 12 порядков! Отсюда берет начало одна из заманчивых возможностей ультразвука в жидкости — «пузырьковый термояд».

Спиновая химия — см. магнетохимия.

Стереохимия изучает пространственное строение молекул и его влияние либо на химические свойства (статическая стереохимия), либо на скорость и направление реакций (динамическая стереохимия).

Судебная химия — часть прикладной, преимущественно аналитической химии в широком смысле слова. Это почти необъятная область по изобилию и разнообразию решаемых ею задач, ибо всякое химическое исследование, в сущности, может быть способом судебно-химической экспертизы. Она включает в себя исследование воздуха, воды, почвы, пищевых и вкусовых припасов, предметов потребления, человеческих секретов и экскретов, подозрительных кровяных и семенных пятен, различных технических препаратов, рукописных и напечатанных документов, сырых и обработанных лекарственных веществ. Но и при узком толковании, когда под судебной химией подразумевают

ту часть аналитической химии, которая специально занимается открытием ядов при умышленных и неумышленных отравлениях, область судебной химии остается весьма обширной, так как само понятие «яд» представляется чрезвычайно растяжимым. Очевидна связь судебной химии не только с токсикологией и фармакологией, но и с терапией и физиологией. Для окончательного решения вопросов, возникающих при судебно-химических исследованиях о предполагаемых отравлениях, нельзя ограничиваться указаниями на присутствие или отсутствие тех или других ядов, но необходимо установить или исключить зависимость или даже причинную связь между найденным ядом и результатами, отмеченными при вскрытии трупа, выяснить — поскольку результаты могут обуславливаться изменениями, наступившими после смерти; необходимо, наконец, решить крайне важный вопрос о том, может ли обнаруженный яд или выделенное ядовитое вещество вызывать именно те симптомы, что наблюдали при жизни. Здесь врач и химик дополняют друг друга.

Супрамолекулярная химия означает химию, описывающую сложные образования, которые представляют собой результат ассоциации двух (или более) химических частиц, связанных вместе межмолекулярными силами. Ее главные объекты — супрамолекулярные устройства и ансамбли. Устройства — это структурно организованные системы, молекулярные компоненты которых обладают определенными электро-, ионо-, фото-, термохимическими и другими свойствами. Клатратная химия — самая передовая часть супрамолекулярной химии.

Термохимия изучает тепловые явления, сопровождающие химические реакции. Термохимические данные (значения теплоты образования и сгорания химических соединений, тепловых эффектов реакций) используют в химической технологии, при расчетах тепловых балансов процессов. Они же служат расчетной основой химической термодинамики.

Техническая химия. Сюда можно отнести текстильную химию, химию обработки материалов, химию стекла (а это оптическая промышленность — «глаза» микроскопистов, военных и астрономов), химические аспекты экономики. Элементы технической химии можно найти в XV—XVII веках. В середине XV века была разработана технология воздуходушных горнов. Нужды военной промышленности стимулировали работы по улучшению технологии производства пороха. Выходили фундаментальные труды по производству металлов и различных материалов, используемых в строительстве, при изготовлении стекла, крашении тканей, для сохранения пищевых продуктов, выделки кож. С расширением потребления спиртных напитков совершенствовались методы перегонки, конструировались новые перегонные аппараты. Появились многочисленные производственные лаборатории, прежде всего металлургические. Среди химиков-технологов того времени можно упомянуть Ванноччо Бирингуччо (1480—1539), чей классический труд «О пиротехнике» был напечатан в Венеции в 1540 году и содержал десять книг. В них шла речь о рудниках, испытании минералов, приготовлении металлов, перегонке, военном искусстве и фейерверках. Другой известный трактат, «О горном деле и металлургии», написал Георг Агрикола (1494—1555).

Топохимия изучает твердофазные реакции, протекающие в определенных участках твердого тела. Путь топохимии проходит от обжига минерального сырья до молекулярно-лучевой эпитаксии (ориентированного роста одного кристалла на поверхности другого), которую активно применяют в микроэлектронике. Ориентированный рост кристалла внутри объема другого называют эндотаксией. Эндотаксия наблюдается, например, при кристаллизации, коррозии.

Углекислотная химия изучает происхождение, состав, строение, свойства твердых горючих ископаемых, а также методы их переработки. Основная задача углекислотной химии — разработка техноло-

гий получения из угля, продуктов его переработки и другого углеродсодержащего сырья новых углеродных материалов и адсорбентов.

Фармакохимия (фармацея) изучает приготовление лекарственных веществ, действующих на организм человека и животных. Проверка их безопасности тоже входит в число задач фармакохимии. Из 400 химических соединений, предлагаемых в качестве лекарств, после испытаний принимается только одно!

Фемтохимия — возможность наблюдать за протеканием элементарных химических реакций в фемтосекундном временном диапазоне (10^{-15} — 10^{-12} с). Эти времена гораздо меньше периода колебаний атомов в молекулах (10^{-13} — 10^{-11} с). Благодаря такому соотношению времен фемтохимия «видит» саму химическую реакцию — как перемещаются во времени и в пространстве атомы, когда молекулы-реагенты преобразуются в молекулы продуктов. Это прямой путь исследования механизмов химических реакций, а значит, и способ управления реакциями. Успехи, достигнутые при использовании фемтосекундных импульсов, привели к открытию другой науки — фемтобиологии.

Физическая химия — наука об общих законах, определяющих строение и химические превращения веществ при изменяющихся внешних условиях. Говорят, что химики работают чистыми методами с грязными веществами, физики — грязными методами с чистыми веществами, ну а физические химики — грязными методами с грязными веществами, то есть исследуют химические явления физическими методами. Вначале это было весовой и объемный анализы, ощущение вкуса и запаха, измерение тепла и цвета. Потом пришли Р.В.Бунзен и Г.Кирхгоф со спектральным анализом, и пошло-поехало. Достижением на рубеже веков стало осознание того факта, что мир веществ скорее неравновесен, чем равновесен. Кроме того, в физхимии сплошь и рядом нарушаются законы арифметики. Вот типичный пример: $50 \text{ мл } \text{H}_2\text{O} + 50 \text{ мл } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 96 \text{ мл водки} + \text{тепло}$.

Физическая органическая химия уделяет особое внимание исследованию механизмов органических реакций, а также количественной взаимосвязи между химическим строением органических соединений, их свойствами и реакционной способностью. Одно из достижений — открытие и доведение до практического использования стабильных радикалов, которые нашли применение в различных областях науки и техники в качестве спиновых меток, у которых неспаренный электрон служит источником сигнала электронного парамагнитного резонанса, ЭПР.

Фитохимия. Ее забота — создание высокоэффективных лекарственных препаратов на основе веществ растительного происхождения. Другое направление — экологически чистые средства защиты растений. Путь лекарства начинается в лаборатории либо химика-органика, либо фитохимика. Первый создает пока еще не исследованные соединения, второй выделяет вещества из растений. Затем созданные или выделенные вещества передают фармакологу. Он определяет, обладают ли эти вещества нужным эффектом. Чтобы найти активное соединение, применяют два метода. Первый — скрининг, то есть просеивание — перебор имеющихся веществ без предположения о том, с какой именно структурой нужно вещество. Впервые скрининг применил в начале XX столетия П.Эрлих для получения противосифилитических средств на основе органических соединений мышьяка. Второй — направленный синтез: исследователь постепенно накапливает материал, показывающий, какие химические радикалы или иные структуры ответственны за тот или иной вид действия. Природные молекулы растительного происхождения служат моделями для синтеза полезных соединений. Пример такого соединения — салициловая кислота, выделенная из коры ивы. На ее основе было создано такое популярное лекарство, как ас-

пирин (ацетилсалициловая кислота). В настоящее время, несмотря на огромные успехи химиков-синтетиков, из растений получают более трети лекарственных препаратов. Структура многих из них настолько сложна (винбластин, сердечные гликозиды, кокаин, резерпин, хинин, колхицин, пилокарпин), что растения еще долго будут их единственным источником.

Фотохимия изучает реакции, возбуждаемые светом. Практическая фотохимия — фотография, изготовление печатных форм и микросхем методами фотолитографии, фотохимический синтез (например, капролактама). Самый значимый для Земли природный фотохимический процесс — фотосинтез, превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами энергии солнечного света в энергию химических связей органических веществ.

Химическая технология — это наука о методах и средствах рациональной химической переработки сырья, полуфабрикатов и промышленных отходов. Неорганическая химическая технология включает переработку минерального сырья (кроме металлических руд), получение кислот, щелочей, минеральных удобрений. Органическая химическая технология — переработку нефти, угля, природного газа и других горючих ископаемых, получение синтетических полимеров, красителей, лекарственных средств и других веществ.

Химическая физика изучает электронную структуру молекул и твердых тел, молекулярные спектры, элементарные акты химических реакций, процессы горения и взрыва. Сформировалась в 20-х годах XX века в связи с развитием квантовой механики и использованием ее представлений в химии. Граница между химической физикой и физической химией условна, а термин ввел немецкий химик А.Эйкен в 1930 году. Одно из достижений химической физики — теория разветвленных цепных реакций.

Химическое вооружение — боевые отравляющие вещества, средства их применения (ракеты, снаряды, мины, авиационные бомбы и прочие), нейтрализации и защиты. Применение химического оружия запрещено Женевским протоколом 1925 года, который ратифицировали свыше 100 государств. Однако его разработка, производство и накопление в некоторых странах продолжают по сих пор.

Химия высоких энергий изучает химические реакции и превращения, происходящие в веществе под воздействием нетепловой энергии. Носители нетепловой энергии, воздействующей на вещество, — ускоренные электроны и ионы, быстрые и медленные нейтроны, альфа- и бета-частицы, позитроны, мюоны, пионы, атомы и молекулы при сверхзвуковых скоростях, кванты электромагнитного излучения, а также импульсные электрические, магнитные и акустические поля. Процессы химии высоких энергий различают по временным стадиям на физические, протекающие за фемтосекунды и менее, причем в течение этого времени нетепловая энергия распределяется в среде неравномерно и образуется «горячее пятно», физико-химические, в течение которых проявляются неравновесность и негомогенность в «горячем пятне», и, наконец, химические, в которых превращения вещества подчиняются законам общей химии. В результате образуются такие ионы и возбужденные состояния атомов и молекул, которые при комнатной температуре не могут возникнуть за счет равновесных процессов.

Химия высокомолекулярных соединений — раздел органической химии, объектами исследования которой служат макромолекулы синтетического и природного происхождения, состоящие из повторяющихся мономерных звеньев или молекулярных группировок, соединенных химическими связями и содержащих в главной цепи атомы углерода, а также кисло-

рода, азота и серы. На основе высокомолекулярных соединений (полимеров) разрабатываются многочисленные материалы, в том числе интеллектуальные структуры, с функциональными ингредиентами, что существенно расширяет область их применения. Самая простая макромолекула – это полиэтилен: $\dots-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots$

Химия катализа изучает вещества, изменяющие скорость химических реакций. Катализатор не находится в стехиометрических отношениях с продуктами и регенерируется после каждого цикла превращения реагентов в продукты. Несмотря на появление новых способов активации молекул (плазмохимия, радиационное и лазерное воздействие и другие), катализ — основа химических производств (относительная доля каталитических процессов составляет 80—90 %).

«**Химия**», на которую можно отправить. В 1963 году ЦК КПСС принял курс на химизацию народного хозяйства. Стал популярным лозунг: «Коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны, плюс химизация народного хозяйства». На фронте химизации ударный корпус составили условно-досрочно освобожденные заключенные. В этой связи в народе называли «химией» условно-досрочное освобождение, условное осуждение с обязательным привлечением к труду. Включает этапирование в спецкомендатуру, где заключенный обязан проживать в спецобщезжитии и работать на указанном предприятии. Новый гуманный Уголовный кодекс предусматривает альтернативные виды наказания за незначительные преступления: штрафы, общественные работы по месту жительства.

Химия силикатов — солей кремниевых кислот. Роль катионов в силикатах играют элементы второго, третьего и четвертого периодов таблицы Д.И.Менделеева. В природе силикаты представлены в виде минералов, входят в состав большинства горных пород, слагающих основную часть земной коры. Тесно примыкает керамика, изделия и материалы, получаемые спеканием глины и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов и других неорганических соединений.

Химия природных соединений изучает методы получения, строение и свойства природных биологических соединений класса углеводов, а также их синтетических аналогов. Например, аромат кофе содержит до 500 различных компонентов. Химия чая — это также химия природных соединений. Работы немецкого химика А.Байера, изучавшего строение и синтез индиговых производных (индол и синтез природного красителя синего индиго — это цвет классических джинсов), привели к созданию химии синтетических красителей и к Нобелевской премии 1905 года «за заслуги в развитии органической химии и химической промышленности благодаря работам по органическим красителям и гидроароматическим соединениям». Это было началом огромной отрасли производства анилиновых красителей.

Химия твердого тела изучает реакции, в которых участвует одно или несколько веществ в твердом состоянии. Находит применение в микроэлектронике, синтезе новых материалов (керметов, сверхпроводников). Один из ярких примеров — самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Современное развитие метода СВС позволило разработать технологии получения сверхтвердых и тугоплавких материалов, таких, как нитрид титана, карбид бора, диборид титана, карбид титана, а также оксидных материалов для футеровки печей (оксид циркония) и даже высокотемпературных сверхпроводников.

Химия элементоорганических соединений — наука о строении и превращениях соединений, содержащих химические связи «элемент—углерод», где «элемент» — любой из элемен-



тов Периодической таблицы, за исключением H, O, S, Cl, Br. Основные классы элементоорганических соединений — металлоорганические, кремнийорганические, борорганические, фосфорорганические, фторорганические соединения. Металлоорганические соединения (МОС) содержат в молекуле связь «металл—углерод» (M—C). Цианиды, карбиды, а в некоторых случаях и карбонилы металлов, также имеющие связь M—C, считают неорганическими соединениями. К МОС иногда относят органические соединения B, Al, Si и некоторых неметаллов. Гем — самое известное и полезное природное металлоорганическое соединение — переносчик кислорода в человеческом организме.

В химии живых организмов роль элементоорганических соединений еще не совсем ясна, тем не менее можно с уверенностью сказать, что соединения кремния, фосфора и других элементов играют важную роль в жизнедеятельности живых организмов, стоящих на высоком уровне эволюционного развития, в частности человека.

Исследователи работают над синтезом полимеров с 45 элементами Периодической системы. Оказалось, что B, Al, Si, Ti, Sn, Pb, P, As, Sb, Fe в сочетании с кислородом и азотом способны образовывать неорганические цепи полимерных молекул с боковыми органическими и органосилоксановыми группами.

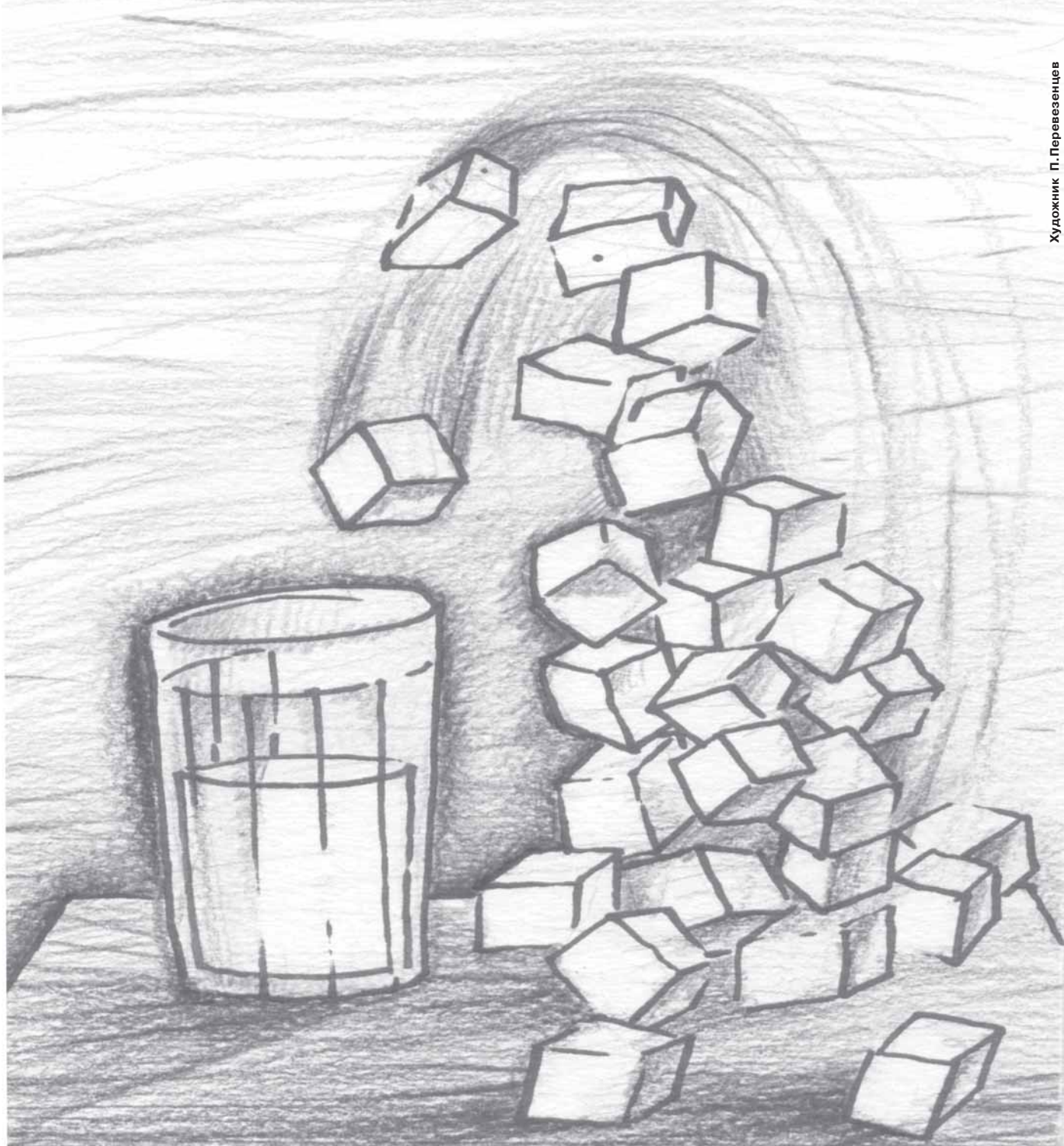
Прикладные аспекты химии элементоорганических соединений направлены на создание новых веществ и материалов для медицины (лекарственные препараты, материалы для протезирования, шовные нити), радиоэлектроники (фото- и светочувствительные материалы, полупроводники, ферромагнетики), сельского хозяйства (стимуляторы роста растений, пестициды, гербициды) и других отраслей промышленности (катализаторы, регуляторы горения моторных топлив).

Цитохимия изучает химическими методами строение и функции клеток, внутриклеточных структур и продуктов их жизнедеятельности.

Электрохимия изучает свойства систем, содержащих подвижные ионы, а также явления, возникающие на границе двух фаз вследствие переноса заряженных частиц. Это нужно для электролиза, гальванотехники, защиты металлов от коррозии и создания химических источников тока. Электрические аккумуляторы, химические источники тока многократного действия — бытовое воплощение электрохимии.

Ядерная химия — пограничный раздел между ядерной физикой, радиохимией и химической физикой. Изучает взаимосвязь между превращениями атомных ядер и строением электронных оболочек атомов и молекул. Иногда ядерную химию неправильно отождествляют с радиохимией. В ней можно выделить исследование ядерных реакций и химических последствий ядерных превращений, химию «новых атомов» — позитроний (Ps), мюний (Mu), поиск новых элементов и радионуклидов, новых видов радиоактивного распада.





Пейте, люди, молоко...

**В.Б.Романихин,
М.Б.Кузьмин**

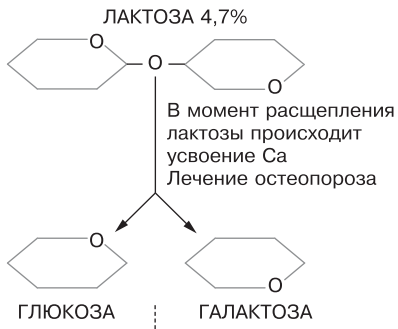
Природа — лучший лекарь, и этому старому тезису есть много подтверждений. Возьмем, к примеру, обычное коровье молоко. В нем содержится уникальное вещество, нигде более в природе не встречающееся, — лактоза, или молочный сахар. Это сложный сахар, дисахарид, который фермент лактаза расщеп-

ляет в кишечнике на простые сахара: глюкозу и галактозу (рис. 1), а они уже усваиваются организмом. Однако значительная часть взрослого населения молоко пить не может — с возрастом пропадает нужный фермент.

Лактоза играет очень важную роль в нашей жизни. Начнем с того, что это основной углевод детского питания, который помимо энергетической функции выполняет и другие: стимулирует в кишечнике рост полезных бактерий — бифидобактерий, лактобацилл, бакте-

роидов, усиливает синтез витаминов и всасывание кальция, магния, марганца.

Когда ребенок подрастает, то, как правило, к четырем-пяти годам у него снижается активность фермента лактазы, ответственного за расщепление молочного сахара, и после этого ему полезнее пить кисломолочные продукты. Молоко уже не переваривается и вызывает весь спектр неприятных симптомов — от вздутия живота и диареи до тошноты. Интересно, что это происходит далеко не у всех: процесс исчезновения лактазы зап-



- 1. Обеспечение энергетических потребностей организма.
- 1. Питание головного мозга.
- 2. Способствует регенерации межсуставной жидкости (т.е. восстанавливает смазку суставов), функция "Инолтры". Лечение артроза

1 Расщепление лактозы

рограммирован генетически, а значит, зависит от национальности. В России непереносимость лактозы встречается у 10—75% взрослых людей. Вообще, это характерная черта представителей коренного населения севера (у 90% детей старше четырех лет — наших ненцев, манси, саами, а также эскимосов Канады, молочный сахар уже не усваивается), Азии, Африки. Игнорировать этот факт нельзя, поскольку последствия могут быть серьезными. Наиболее известный пример — включение в 1972—1974 годах сухого молока в международную продовольственную помощь для пострадавших от засухи в регионе Сахеля (страны Африки, северная граница которых проходит в Сахаре). Продукты вызывали у годовалых детей кишечные расстройства, серьезно усугубивших их состояние.

Вопрос первичной непереносимости лактозы в свое время изучили довольно подробно. В 1952 году ученые даже составили мировую карту употребления молока. От этого напрямую зависит, как складываются этнические традиции молочного животноводства у того или иного народа.

Несмотря на трудности с перевариванием, молоко — очень важный продукт не только для детей, но и для взрослых. Например, есть данные, что лактоза как-то образом способствует усвоению кальция, а кальций взрослым нужен не меньше, чем детям, поскольку это единственная профилактика остеопороза.

Кроме того, галактоза, которая образуется при расщеплении лактозы, имеет большое значение в питании головного мозга и благотворно влияет на развитие нервных тканей. Еще она способствует восстановлению межсуставной жидкости, необходимой для защиты хрящевых суставов (главным образом тазобедренных, несущих наибольшую нагрузку). Фактически регулярное потребление

молока оказывает такое же действие, как и известный дорогой препарат «Инолтра», который также регенерирует межсуставную жидкость (о результатах клинических испытаний, подтверждающих это, мы расскажем позже).

Как же быть с тем, что значительная часть взрослых людей не способна усвоить эту самую лактозу, то есть расщепить ее на глюкозу и галактозу? Многие производители молока начали уменьшать содержание лактозы либо вообще исключать ее из молока (рис. 2). Такое молоко выпускают завод «Пискаревский» в Санкт-Петербурге (1,9% лактозы вместо обычных 4,7%) и фирма «Валио» (1% лактозы).

Но производители молока пошли по неверному пути! Молоко без лактозы — выхолощенный продукт, потерявший многие свои целебные свойства. Надо не избавляться от лактозы, а беречь ее как зеницу ока. Нужно только добиться расщепления ее в организме на глюкозу и галактозу.

Как расщепляются сахара?

Рецепторы вкуса улавливают поступление сладкого вещества в организм, от них сигнал идет в кору головного мозга, а он, в свою очередь, дает команду на выработку соответствующего фермента.

Однако лактоза — это хоть и сахар, но малосладкий (рис. 3): она в шесть-семь раз менее сладкая, чем, например, сахар-рафинад. И в молоке, как уже сказано, ее всего около 4,7%. Поэтому рецепторы не могут уловить сладость, а значит, дать сигнал на выработку нужных ферментов. Расщепить и усвоить



2 Низколактозное молоко завода «Пискаревский» и фирмы «Валио»



тущих суставов. А как быть взрослым и пожилым людям, которым тоже необходим кальций для костей и смазка для суставов? Выход есть, его предложили исследователи из Санкт-Петербурга.

Повысить чувствительность рецепторов к сладкому у взрослых мы не можем. Но зато мы можем повысить сладость самого молока, чтобы запустился механизм выделения ферментов. Каких и как они могут расщеплять лактозу, мы расскажем ниже.

Подсластителей известно много: сахар, мед, глюкоза, фруктоза, сахарин, сорбит, ксилит, аспартам... Подойдет любое сладкое вещество — сироп, джем и т. д. Много сладости не нужно, достаточно всего 0,5—1,5% по весу в пересчете на сахар-рафинад, сладость которого принята за единицу, — это

Увеличение сладости сахаров			
→			
ЛАКТОЗА	ГЛЮКОЗА	САХАРОЗА	ФРУКТОЗА
	В 3-4 раза слаще лактозы	В 6-7 раз слаще лактозы	В 1,7 раз слаще сахарозы, в 10 раз слаще лактозы

3 Сладость различных сахаров

примерно одна чайная ложка на 1 литр. При таком количестве мы даже не заметим, что молоко стало сладким на вкус, однако этого будет достаточно, чтобы запустить нужный процесс.

Как обмануть организм

Итак, молоко стало слаще, рецепторы это уловили — запустился механизм выработки ферментов, расщепляющих сахара. Причем нужна не обязательно лактаза (с ней действительно могут быть проблемы), годятся и другие ферменты, расщепляющие сахара, в том числе дисахариды, а значит, и лактозу. Известно, что пищеварительные ферменты имеют очень низкую субстратную специфичность. Иначе говоря, они «всеядны». Это означает, что молочный сахар может расщепить не только лактаза (β-галактозидаза), но и фермент, который расщепляет, например, сахарозу (сахар-рафинад), а именно α-глюкозидаза.

Фактически всегда, на любой сигнал рецепторов о поступлении в организм сладкого, выделяется целый букет ферментов, которые в силу своего многообразия и «всеядности» расщепляют любые сложные сахара, включая и лактозу.

Рассмотрим подробнее биохимический механизм (рис. 4). Сахарозу можно расщепить двумя типами ферментов: β-фруктофуранозидазами, которые атакуют сахарозу со стороны фруктозы (назовем их условно фермент А), и α-глюкозидазами, которые атакуют молекулу сахарозы со стороны глюкозы

(фермент В). Молочный сахар тоже можно расщепить как со стороны галактозы, так и со стороны глюкозы (ферменты С и В соответственно). Если в организме взрослого человека больше не вырабатывается лактаза (фермент С), то молочный сахар не расщепляется со стороны галактозы. Однако остается возможность расщепить лактозу со стороны глюкозы (фермент В).

Где взять этот фермент? Заставить выделяться в ответ на поступление в организм сахарозы. Что и происходит, когда мы подслащиваем молоко. Здесь уместно вспомнить, что именно поэтому практически ни у кого нет проблем с переносимостью сгущенного молока и мороженого.

Можно также ответить на вопрос, почему хорошо переносится низколактозное молоко, выпускаемое ЗАО «Санкт-Петербургский молочный завод «Пискаревский». Оно слаще, чем нормальное молоко. Ведь часть лактозы в этом молоке искусственно уже расщепили на глюкозу и галактозу, а глюкоза намного слаще лактозы.

Не еда, а лекарство

В течение нескольких лет мы проводили испытания на базе клинической больницы им. Петра Великого в Санкт-Петербурге. Это было удобно, поскольку, во-первых, контингент постоянно менялся и нам удавалось подобрать подходящий возраст. Во-вторых, человек, находящийся в стационаре две-три недели, постоянно был под наблюдением, и мы всегда могли узнать о реакции его организма на тот или иной молочный продукт. Конечно, испытания проводили не на тяжелых больных, а на тех, кто ожидал выписки или находился в отделениях общей

терапии. Попутно подобные испытания проводили на работе с коллегами, а также с родными и близкими. В общей сложности в клинических испытаниях участвовали более 100 человек. Результаты оказались схожими во всех случаях.

Испытуемых разделили на две возрастные группы: 20—30 лет и 55—65 лет. Все они очень плохо переносили обычное нормализованное молоко. Как правило, даже один стакан молока вызывал у них расстройство кишечника. Больным предлагали 0,5—0,7 литра подслащенного молока за один-два приема.

Когда молоко подслащивали немного (1—1,5% по весу), то переносимость молока улучшалась и чем слаще было молоко, тем лучше была переносимость (табл. 1).

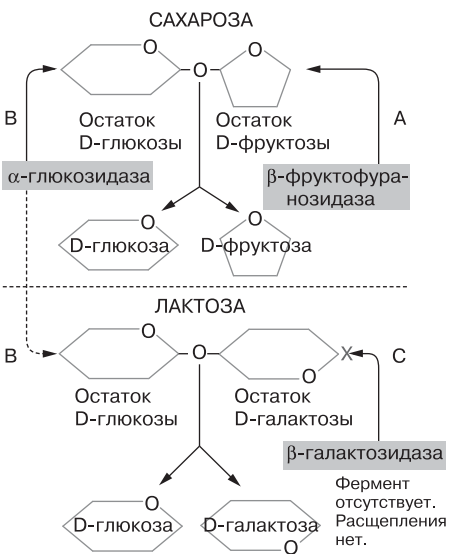
Были и такие испытуемые, у которых даже самый сладкий молочный продукт вызывал расстройство кишечника и даже недомогание. Это объясняется аллергической реакцией на молоко, которая встречается в 4—5% всех случаев непереносимости.

Во всех остальных случаях испытуемые, ранее не переносившие молоко, стали регулярно включать его в свой рацион не только без боязни каких-либо побочных последствий, но и с заметным улучшением общего состояния. Ведь если молоко усваивается, значит, организм помимо лактозы использует и все остальные полезные компоненты, содержащиеся в нем: белки, жиры, минеральные соли. А в белках молока — весь набор аминокислот, необходимых человеку, в том числе незаменимых.

Самое интересное, что из молока удалось сделать не просто полезный продукт, а лекарство. Дело в том, что сладость молока можно повысить, и увеличив в нем количество самой лактозы. Она хоть и малосладкая, но все же сахар. Получится так называемое высоколактозное молоко. Например, молоко с 12% лактозы такое же сладкое, как если добавить в него 1,0–1,5% сахара-рафинада.

Лечебные и профилактические свойства такого молока во много раз сильнее, чем у обычного: чем больше лактозы, тем дольше ее расщепление, а значит, тем больше организм усваивает кальция. И с другой стороны, чем больше лактозы — тем больше образуется и галактозы, а значит, эффективнее смазываются суставы.

Мы приготовили высоколактозное молоко и тоже провели его клиническое испытание. Для этого взяли пять групп по 12 человек в каждой, в возрасте от 45 до 70 лет, страдающих болями в тазобедренных, коленных или голеностопных суставах. Всем испытуемым врачи назначали соответствующие препараты, в том числе «Инолтру» и ее аналоги, ос-



4 Так можно расщепить лактозу с помощью других ферментов

Таблица 1

Процент испытуемых, которые смогли пить подслащенное молоко

Вид подсластителя	Возраст, годы	1% сладкого вещества	2% сладкого вещества	5% сладкого вещества
Сахар-рафинад	20-30	60	-	96
	55-65	48	60	80
Мед	20-30	-	84	94
	55-65	46	66	82
Лактоза (в виде сухого молока)	20-30	64	78	-
	55-65	44	62	-
Аспартам	20-30	-	70	-
	55-65	-	58	-

Таблица 2

Результаты лечения высоколактозным молоком

Группа	Лечебное средство	Количество испытуемых	Количество людей, почувствовавших себя лучше		
			через 3 мес.	через 6 мес.	через 9 мес.
Группа 1	Нормализованное молоко (4,7% лактозы)	12	1	3	5
Группа 2	Высоколактозное молоко (12% лактозы)	12	4	8	9
Группа 3	Высоколактозное молоко (35% лактозы)	12	6	9	10
Группа 4	Высоколактозное мороженое (12% лактозы)	12	4	8	9
Группа 5	Препарат «Инолтра»	12	7	9	10

новное действие которых — регенерация хряща и восстановление смазки суставов. Первая группа ежедневно три раза в день принимала обычное нормализованное молоко (4,7% лактозы) по 250—300 граммов за прием, вторая группа пила столько же высоколактозного молока (12% лактозы), третья — по

100—150 граммов три раза в день высоколактозного молока (35% лактозы), четвертая употребляла три раза в день высоколактозное мороженое (12% лактозы), а пятая группа принимала, как положено по инструкции, «Инолтру».

Результаты отслеживали девять месяцев и оценивали по субъективному

ЗДОРОВЬЕ

состоянию испытуемых (табл. 2), в частности по уменьшению болей и улучшению подвижности суставов. Оказалось, что высоколактозное молоко обладает не меньшим лечебным эффектом, чем препарат «Инолтра».

Из высоколактозного молока можно приготовить целый ряд продуктов, в том числе кисломолочных. Много лактозы содержится в сыворотке и обрате (обезжиренном молоке), поэтому и они подойдут в дело. Чтобы было вкуснее (и слаще) в высоколактозный продукт можно добавить сироп, сахар и прочее — здесь простор для фантазии неограничен. Как пишут газеты, компания «Валио» производит до 80 различных молочных продуктов из низколактозного молока. Наверное, из высоколактозного можно сделать не меньше, к тому же с лечебными и профилактическими свойствами. А пока таких продуктов нет — просто пейте молоко!



**МОСКОВСКИЙ
ДОМ
КНИГИ
рекомендует**

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

Московский Дом Книги
СЕТЬ МАГАЗИНОВ

Шарон Уолкер
Биотехнология
без тайн
М.: Эксмо, 2008



Эта книга предназначена тем, кто хочет познакомиться с основами биотехнологии, но не собирается заниматься этим профессионально. Читатели узнают из нее о лечении рака и клонировании, создании генетически модифицированных сельскохозяйственных растений и современных лекарственных препаратов, расшифровке генома человека и передаче информации в клетке. Подробные иллюстрации позволяют лучше понять эти сложные вопросы, а задания для самопроверки помогут читателю убедиться, что материал усвоен.

Яков Перельман
Большая книга
занимательных
наук
М.: АСТ, 2009



«Большая книга занимательных наук» — это уникальный сборник книг Я.И.Перельмана, в котором собраны классические пособия по алгебре, геометрии и физике. В нем вы найдете занимательные задачи, опыты и головоломки. Увлекательные физические викторины научат логически рассуждать и нестандартно мыслить. А любопытные примеры из практики вызовут интерес у любого читателя.





Художник В. Камеев

Жидкий хлеб

Кандидат биологических наук
С.В.Коваль

42

Брага, квас, медок, пиво, вино, кумыс — эти и многие другие напитки получаются после брожения. Когда, как и почему они возникли?

Многие напитки человечество изобрело в незапамятные времена — еще в неолите, который продолжался от 8000 до 4500 лет до н. э. Их появление стало возможным после того, как молодое сельское хозяйство потеснило охоту и стало главным источником существования людей. Они научились делать небольшие запасы: урожай лежал в закромах, в хлеву стоял скот. Судя по найденным горшкам и очагам, люди того времени умели выпекать лепешки из размолотого зерна, жарили и варили мясо.



Запасы молока, винограда, жидкой каши, иногда застывали и прокисали. Возникали новые продукты с необычным, но порой приятным вкусом. Например, молочная простокваша, вино или квашенные овощи (капуста). Предшественником интересующих нас напитков стала тюря – жидкое холодное блюдо из накрошенного в воду хлеба с добавлением зелени (лука, хрена или редьки). Когда тюря прокишала, то получалась брага, которая сейчас стала промежуточным этапом приготовления водки. Кстати, само слово «брага» (brugga — варить пиво) пришло к нам из Скандинавии в самом начале XVII века. До сих пор в русских деревнях ставят брагу из хлеба, дрожжей и сахара, которую называют домашним, или корчажным, пивом. Технология приготовления браги менялась на протяжении веков, и единого рецепта приготовления никогда не было.

В древности, до нашей эры, не знали настоящего пива, сваренного на хмеле. Просто при переводе древних надписей на европейские языки напитки неудачно были названы словом «пиво». В разных славянских языках оно созвучно со словом «пить», что обозначало любой напиток.

Разные народы делали сброженные напитки из того сырья, которое было под рукой. Египет и Месопотамия были зоной ячменя и браги, а Средиземноморье (Палестина, Крит, Греция) — винограда и вина. В Египте похожий на пиво ячменный напиток готовили уже в 2800 году до н. э., тогда и появилось выражение «пиво — это жидкий хлеб». Собственно, брага (пиво), лук и хлеб были основной едой древних египтян. Даже древнеегипетский иероглиф, означающий трапезу, буквально читается как «хлеб и пиво».

В другой древнейшей цивилизации — Шумере (южная часть Междуречья Тигра и Евфрата) хмельные напитки начали готовить также в III тысячелетии до н.э. Шумеры расходовали на приготовление напитков половину урожая ячменя. Оно и понятно: при тогдашней антисанитарии было смертельно опасно пить некипяченую воду из канала или реки. Ученые воссоздали шумерский напиток по древнему рецепту и пришли к выводу, что это было не пиво, а квас — вкусный и чуть хмельной. А в Вавилоне, сменившем шумерскую цивилизацию, правила изготовления и продажи пива были записаны в своде законов царя Хаммурапи (1792—1750 гг. до н.э.).

Греки и римляне знали ячменную брагу, называли ее «германским вином», но предпочитали ей виноградное вино, разведенное водой. В Африке к югу от Эфиопии ячмень не выращивали, и там готовили более крепкое пиво из проса или сорго. В древней Индии так же, как и в Африке, пиво варили из сорго. В Восточной и Юго-Восточной Азии с IV тысячелетия до н. э. главной зерновой культурой был рис, потому и хмельное питье там готовили из риса. Венецианец Марко Поло в конце XIII века отмечал, что китайцы «из риса же с пряностями выделяют питье чистое; пьянеешь от него, как от вина». В доколумбовой Америке хмельные напитки делали из кукурузного зерна и кукурузного солода, но известно, что ацтеки также готовили напиток из перебродившего сока кактуса — агавы.

Древние люди поступали следующим образом: ячменный хлеб крошили в воду и ставили в теплое место. Если долго заквашивать богатые углеводами продукты, то в них накапливается спирт и тюря превращается в брагу, которая была самым древним хмельным напитком, содержащим от 2 до 7% спирта. Через два-три дня смесь процеживали, и напиток был готов.

Брожение вызывали микроорганизмы спиртового и молочнокислого брожения, попавшие в тюрю с пылью. Очень рано жители Древнего Египта стали добавлять в качестве дрожжевой закваски прокисшее тесто или отстой из кувшинов, в которых бродит молодое вино.

Существует много видов дрожжей, и работают они по-разному. Клетки винных дрожжей легко превращают сахар в спирт и углекислый газ, однако плохо расщепляют крахмал на саха-

ра. Квасные дрожжи и бактерии молочнокислого брожения образуют небольшое количество спирта, но зато много органических кислот — поэтому квас имеет кислый вкус. Пивные дрожжи расщепляют крахмал удовлетворительно, на троечку, а самое главное — кроме спирта и углекислого газа они производят ароматические вещества, придающие пиву неповторимый вкус. Понятно, что особенности продукта зависят от типа дрожжей, который люди выбирали в зависимости от национальных вкусов. Так на древних кухнях потихоньку отбирали наиболее подходящие генотипы полезных грибов.

При правильно подобранной температуре дрожжи быстро размножаются и подавляют рост возбудителей кишечных инфекций, гниения, маслянокислого брожения. По вкусу такой напиток мало походил на современное пиво, мы скорее назвали бы его квасом или бражкой. В случае преобладания молочнокислого брожения получится квас, спиртового — брага.

Почему самые разные народы пристрастились к напиткам, возникающим в результате брожения? В жарком климате Востока и Египта человек для утоления жажды должен выпивать большое количество жидкости. Брать воду из открытых источников близ поселений и городов было опасно. Это сейчас нам кажется, что в те далекие времена экологическая ситуация была идеальной. Действительно, свинца и нефти в воде тогда не было, но что касается микробиологии... Я ни за что не стал бы пить тогдашнюю сырую воду. Готовя брагу, люди заваривали хлебный (мучной) затор горячей водой, а значит, уничтожали при этом болезнетворные микробы. Кроме того, в процессе брожения вина или браги подавлялся рост посторонней микрофлоры. Вот так люди Средиземноморья стали утолять жажду не грязной водой, а вином. Шумеры, египтяне и германцы пили брагу, точно зная, что это не грозит им дизентерией или заражением глистами.

Брага и вино (у кочевников кумыс) не только утоляли жажду, но и вызывали опьянение, которое древний человек считал священным безумием, необходимым для беседы с богами. Охотничьи народы с той же целью употребляли отвар мухоморов. Участие в таких «мероприятиях» в древнем мире было столь же обязательным, как выход на демонстрацию в советское время. У славян и германцев все значительные события (календарный праздник, завершение строительства, свадьба или похороны) обязательно сопровождалось пьянством до упаду, что называется, до поросычьего визга. После этого молодые парни многие месяцы вспоминали застолие и хвастались, кто сколько сумел выпить.

Понятно, что многие спивались. Но в любой общине люди генетически неоднородны. Кто-то в пьяном состоянии испытывает величайшее наслаждение, ему хочется еще и еще. А другому сразу становится плохо и... никаких приятных воспоминаний. Представители первой группы будут постепенно вымирать, исчезать из общества. А вторые продолжают размножаться и заполнять общество устойчивым к алкоголю генофондом. Так происходил естественный отбор на устойчивость к алкогольному соблазну.

Пьянство было возможно только у тех народов, которые имели свободный доступ к сахаристым или крахмалистым продуктам, пригодным для брожения. Это необязательно дол-

жны быть продукты земледелия. Хмельные напитки, и даже очень крепкие, кочевые скотоводы готовили на основе коровьего или кобыльего молока. Не делали хмельных напитков и не были знакомы с пьянством те народы, которые занимались в основном охотой, рыбной ловлей, разведением коз и овец.

Мед

При заквашивании винного сока, кобыльего молока или разведенного водой меда дрожжи легко сбраживают сахаристые вещества, которые находятся в растворе. Чем больше сахара в сусле, тем быстрее идет брожение и тем крепче получится напиток. Так готовили ставленный мед, который, наряду с квасом, пили за столом у Владимира Красное Солнышко. Крепость медов была разная – готовили и слабоалкогольные, и крепкие хмельные меды. Меды имели приятный вкус, аромат и много полезных свойств. Они не шли ни в какое сравнение с вытеснившей их водкой.

Приведу старинный рецепт ставленого меда. Спелую малину заливают кипяченой водой и оставляют на день или два, пока вкус и краска не перейдут в воду. Настой сливают и добавляют к нему чистого пчелиного меда (2 части на 3 части воды). Затем бросают туда кусочек пожаренного ржаного хлеба, на который намазаны дрожжи. Когда начнется брожение, хлеб вынимают и дают побродить смеси еще четыре или пять дней. Для вкуса можно добавить гвоздику, кардамон и корицу. Примерно через восемь дней готовый напиток сливают с осадка и сосуд ставят в холодное место.

Пиво

В зрелом зерне или печеном хлебе почти все углеводы находятся в виде крахмала. Поэтому вместо зерна или хлеба для приготовления пива (а иногда и кваса) очень рано стали использовать солод, в котором крахмал уже гидролизован. Как это происходит? Когда зерно прорастает, в его зародыше вырабатываются гормоны гиббереллины. Они включают синтез ферментов α - и β -амилазы, расщепляющих крахмал до сахара. Пожуйте проросшее зерно пшеницы, и вы убедитесь, что оно сладкое. Одновременно в зерне образуются ферменты протеазы, расщепляющие белки на аминокислоты, эстеразы, гидролизующие эфирные связи, и многие другие. Начинается разложение всех запасных веществ «на кирпичики».

Если зародыш зерна гибнет, то гиббереллины не образуются, а значит, не поступает команда на синтез амилазы, и крахмал не гидролизует. Но если замочить невсхожее зерно в растворе гиббереллина (10 мг/л), то все процессы гидролиза пойдут своим чередом.

Для того чтобы получить солод, зерно проращивают до момента, когда корешки сцепляются между собой по 4—8 проростков, а зерна утрачивают мучной вкус. Потом солод сушат, ростки и корешки удаляют (они могут повторно поглощать влагу). Если зерна недостаточно проросли, то амилазы не успеют «обработать» весь крахмал. Наоборот, в переросшем солоде большой росток успеет потратить на свой рост значительную часть сахара. И то и другое снижает такой важный показатель, как «экстрактивность солода». В хорошем солоде 80% общей массы при заваривании кипятком перейдет в раствор.

Когда солод добавляют в хлебную тьюру или в мучной затвор, амилазы расщепляют их крахмал. Количество доступного дрожжам сахара увеличивается, а в конечном продукте образуется больше спирта и кислот. Современное пиво ставят на солоде с добавкой непорощенного зерна (от 15 до 50% массы ячменного солода). Для лучшей экстракции затвор заливают горячей водой, выдерживают какое-то время для гидролиза крахмала и белков, затем кипятят. Потому мы и говорим, что пиво варят. В охлажденный затвор добавляют дрожжи, а дальше начинается таинство брожения.

К великому переселению народов (IV—VII вв. н. э.) были известны все способы приготовления сброженных напитков: простым сбраживанием сахаристых продуктов (винограда, меда, абрикосов, молока); с использованием закисшей тьюры или теста; с помощью одного солода злаков; из смеси солода с непорощенными зернами.

В I веке н. э. ирландцы для вкуса заваривали ячменный солод с цветками вереска, рактником, полынью, ягодами лавра и плюща. Германцы для придания пиву горечи применяли разные травы и пряности. В раннем Средневековье население Европы варило пиво с черникой, можжевельником, смородиной. Именно такое пиво пили король Артур и рыцари Круглого стола. Травяные добавки использовали и позднее наряду с хмелем.

Только в 786 году начали заваривать солодовое сусло с добавлением женских соцветий хмеля. Этот момент можно считать рождением настоящего пива (ячменный солод + хмель + дрожжи). Хмель придает характерный горьковатый привкус и аромат, увеличивает стойкость пива при хранении, способствует осветлению и образованию пены. В 1290 году в Нюрнберге специальным актом было предписано употреблять для изготовления пива только ячмень. Пшеница, рожь и овес были запрещены. Герой романа Вальтера Скотта рыцарь Айвенго утолял жажду уже настоящим хмелевым пивом.

Рецепты современных сортов пива достаточно сложны, и для его приготовления требуется большое мастерство. По этой причине я их здесь не привожу. Не могу не отметить, что современное пиво довольно калорийно. В зависимости от сорта оно содержит 4—10% растворимых веществ, главным образом углеводов, небольшое количество аминокислот и другие продукты расщепления белка, а также минеральные вещества. В одном литре современного пива содержится 20—60 мкг тиамина (B_1), около 200—1000 мкг рибофлавина (B_2), 2,5—10 мкг биотина (H), 400—900 мкг пиридоксина (B_6), 500—1000 мкг никотиновой (PP) и 400—800 мкг пантотеновой кислот (B_5). Не меньше витаминов и в квасе. Еще более питательны и богаты витаминами молочный кумыс и молодое виноградное вино.

Квас

Поговорим подробнее о квасе, тем более что он был главным напитком наших предков славян на протяжении почти двух тысячелетий. В отличие от пива, квасной затвор не заваривают. Более того, в домашних условиях мы часто ставим квас совсем без солода, но с большим количеством сахара. И все-таки лучший квас получается на солоде — желателен ржаном (см. «Химию и жизнь», 2008, № 4).

Основы рецептов хороших квасов состоит в том, что из воды, муки и солода вначале готовят жидкое тесто — затвор, который подвергают ферментации. Затем ферментированный затвор вновь разводят водой, к нему добавляют дрожжи, сахар, вкусовые и ароматические добавки, и он бродит с участием молочнокислых бактерий и дрожжей. Чаще всего вкусовой добавкой служат соки различных фруктов, ягоды или ароматические травы. Так можно сделать какой угодно квас: брусничный, вишневый, малиновый, лимонный, смородиновый, изюмный, яблочный, грушевый, имбирный, мятный.

Мастерские по изготовлению кваса (квасоварни) устраивали при больницах, солдатских казармах и тюрьмах. Для квасов использовали ржаную, гречневую муку, а также ароматные травы, мед, хрен. Разных сортов кваса, как и пива, существует великое множество. До революции в Москве продавали квас «Кислые щи» — он был такой газированный, что его закупоривали только в бутылки от шампанского. Любую другую бутылку он разрывал. Рецепт его был достаточно сложен, и приготовить «Кислые щи» мог только настоящий мастер. С той поры живет в русском языке выражение: «Профессор кислых щей».

Квас хорошо влияет на пищеварение, что объясняется при-

существованием молочнокислых бактерий. Фактически квас действует так же, как и кисломолочные продукты: простокваша, кефир, ряженка, варенец и др. Хлебный квас питателен, в нем содержатся легко усваиваемые сахара. Богат квас витаминами и другими веществами.

Почти все русские национальные напитки (квасы, меды, молочная сыворотка с изюмом) оригинальны, их нет ни в одной другой национальной кухне. С древнейших времен квас — национальный напиток славян. Ни Западная Европа, ни Восток квас не пьют. В последнее время и у нас его стали заменять на американские эрзацы: кока-колу, пепси и фанту. Точно так же уже давно не варят на Руси и медов. А жаль!

Немного о растительном сырье

Качество пива и кваса в первую очередь зависит от характеристик зерна — количества в нем крахмала и белка, всхожести, пленчатости. В Шумере и Древнем Египте на кашу, хлеб и брагу шло одно и то же зерно. Для приготовления каши количество экстрактивных веществ роли не играет — все равно вода выкипит, и они останутся в каше. А вот для пива и кваса, напротив, необходима сильная экстракция веществ.

Отсюда возникли новые требования к зерну. Селекция зерновых культур и сортов пошла в новом направлении — на создание генотипов пивоваренного назначения. Кроме высокой экстрактивности от таких сортов требуется высокое содержание крахмала (до 65%), низкий белок (8—12%), малая пленчатость (9—10% от массы зерна) и высокая всхожесть (90—95%) зерна. Избыток белка будет мешать разрыхлению эндосперма и извлечению экстрактивных веществ, да и пиво получится мутное. Высокая пленчатость уменьшает долю запасных веществ в общем весе зерна, снижает его экстрактивность и портит качество пива. Поработали селекционеры и над хмелем. В наше время существует около 100 сортов, некоторые из которых накапливают главным образом ароматические, а другие — горькие вещества.

Повышаем градус

Наряду с ячменным пивом в Европе пили и другие алкогольные напитки. На севере Франции, где виноград растет плохо, зато много яблоневых садов, уже в XI веке готовили яблочный сидр — напиток крепостью 4—6 градусов. В средне-



ЧТО МЫ ПЬЕМ

вековой Европе пиво и сидр потребляли в громадных количествах. Для их хранения было налажено массовое производство бочек. В городах того времени мастера-бочары пользовались не меньшим уважением, чем пивовары.

Избыточное производство пива — необходимый этап для перехода к изготовлению самогона. Но для этого еще требовалось изобрести процесс дистилляции — разделения взаимно растворимых жидкостей по температуре их кипения. Считается, что перегонный аппарат создали алхимики, пытаясь отыскать философский камень. Однако некоторые историки думают, что перегонку жидкостей открыли арабы, а от них это устройство узнали рыцари во время крестовых походов.

Со временем в Нормандии научились перегонять сидр и получать яблочный самогон под названием кальвадос. В Европе самогон известен с XII века, а с XIV века его стали называть бренди. Сегодня так именуют только коньяки. Известно множество видов продуктов высокоградусной перегонки: чистый хлебный (водка), картофельный (шнапс), яблочный (кальвадос), сливовый (сливовица), виноградный, выдержанный в дубовых бочках (коньяк), пшеничный, перегнанный с можжевельником (джин), зерновой, выдержанный в дубовых бочках (виски). Русская водка получила распространение с XV века. Ее вкусовые качества выгодно отличались от зарубежных аналогов — американского виски, японской sake, немецкого шнапса и грузинской чачи, поскольку в водке гораздо меньше сивушных масел. Но основа всех этих крепких напитков — все та же древняя брага, известная человеку со времен неолита.



**МОСКОВСКИЙ
ДОМ
КНИГИ
рекомендует**

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

Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ

**С. А. Кащенко,
В. В. Майоров**
Модели
волновой
памяти
М.: URSS,
2009



В книге рассматриваются модели нейронной среды, описываемой системой уравнений с запаздыванием. Каждый элемент среды (нейрон) — автогенератор, который в автономном режиме производит кратковременные импульсы. Решается задача о выборе весов взаимодействия с целью получения ат-

тракторов, обладающих наперед заданной структурой. Такие аттракторы интерпретируются как образы, закодированные в виде автоволн (волновая память). Решается задача об идентификации аттракторов (задача сличения образов). Система уравнений нейронной сети получена из биологических предположений. В книге приводится физиологический факт, который следует из теории: объем кратковременной памяти человека коррелирует с размерностью (сложностью) сигнала ЭЭГ. Предлагается также метод идентификации зрительных стимулов по вызванным потенциалам (вынужденным электрическим колебаниям первичной зрительной коры).

Галактика в капле молока

Кандидат технических наук
В.И.Миркин



1
Галактики молочной капли

фото автора

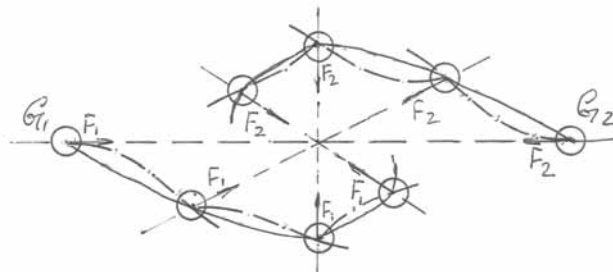
Проведем несложный эксперимент: нальем воду в плошку. Помешаем в одну сторону, чтобы создать водоворот, добавим в него раствор марганцовки, молоко или растертую зубную пасту и сделаем несколько фотографий (фото 1). Полученные картинки не всякий астрофизик отличит от фотографий галактик на разных стадиях их развития.

Эта аналогия не так уж наивна. Представим себе, что Земля и Юпитер соединены резинкой. Если в начальный момент времени она будет прямой, то через 12 земных лет (когда Юпитер совершит один оборот) резинка перекрутится и станет спиралью, причем между обеими орбитами с радиусами соответственно в 1 и 5,2 астрономических единицы уложится, согласно законам Кеплера, 12 ее витков. В галактических спиральных рукавах между орбитами в одну и пять условных единиц от центра укладывается от 6 до 8 витков спирали. Это нарушение закона Кеплера приписали действию темной материи.

Если же теперь взять фотографию водоворотов, то можно увидеть, что на таком же относительном изменении радиуса укладывается еще меньше витков спирали. Так движется по кругу вода, которая увлекает в свое движение любой попавший в водоворот предмет. Только в центре будет отличие, поскольку в водовороте вода быстро уходит вниз.

Выявляется закономерность: чем меньше плотность субстанции, тем больше скорость окраинных объектов и тем туже закручиваются спирали. Что за субстанция увлекает капли молока, понятно. А что увлекает звезды, заставляя их объединяться в спиральные рукава? Стандартный ответ — гравитация. Но попробуем взглянуть на проблему по-другому.

Итак, в определенной близости друг от друга появились два или более объектов, способных гравитационно взаимодействовать между собой. Объекты (малые галактики) G_1 и G_2 начали ли-



Так будут двигаться в электрическом поле притягивающиеся друг к другу массы. Если они не монолитны, а состоят из множества звезд, то в конце концов получится рукава галактик



фото ESO

2
Так галактика M38, расположенная в южном созвездии Гидры, выглядит в инфракрасном диапазоне



фото ESO

3
Многорукавная галактика NGC 1232 в созвездии Эридана. Чтобы лучше выявить яркие области звездообразования, астрономы сделали два изображения, в ультрафиолете и в синих лучах, а потом вычли одно из другого

нейно притягиваться друг к другу по направлению сил F (см. рис.). Что может их сбить с этого прямолинейного пути и заставить закручивать спираль? Такое действие оказывает электрическое поле на движущийся в нем заряд, и называется это действие силой Лоренца. Если направление поля будет от нас, то в соответствии с правилом буравчика вместо прямолинейного движения по пунктирным линиям объекты G должны бы двигаться по кривым, обозначенным штрих-пунктирными линиями. Но поскольку в новых положениях они сблизилась, силы притяжения стали больше, а

их направление изменилось, то последующие участки штрих-пунктирных кривых пойдут ближе к центру. Таким образом, реальная траектория будет спиральной кривой, идущей к центру, как сплошная линия на рисунке. Если же направление движения будет на нас, то траектории G будут закручиваться не против часовой стрелки, а по ней.

Откуда в межгалактическом пространстве может взяться электрический заряд? Тут надо вспомнить об идее эфира из электрически заряженных частиц (см. «Химию и жизнь», 2008, № 5). С помощью этой идеи удастся неплохо объяснить разнообразие форм галактик.

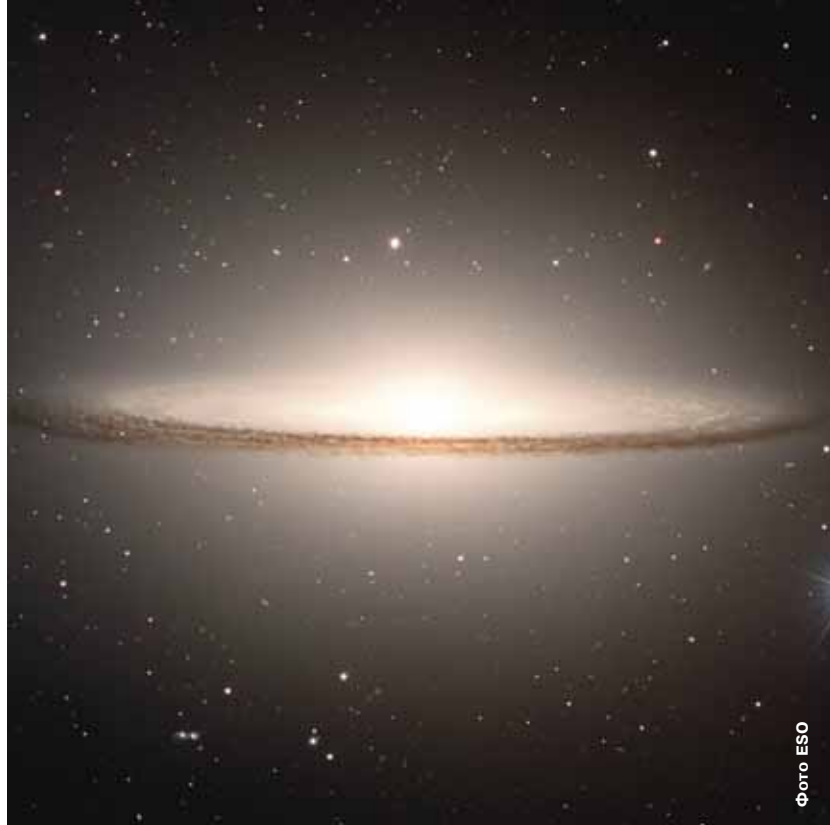
При движении звезд и их скоплений сами частицы такого эфира должны вовлекаться в спиральное движение, создавая совместно с частицами вещества объемный вихрь (наподобие водоворота в воде). Если изначально слетающиеся массы находились на одной линии, то со временем они создадут (фото 2) вращающееся поле с двумя втягивающимися хвостами (если их массы не очень сильно различаются вначале) или с одним хвостом (если одна из масс значительно больше другой). В том случае, когда изначально слетающихся масс много, возникнет многорукавная галактика (фото 3). Но часто рукава галактик разлетаются — галактика раскручивается, или одновременно можно обнаружить слетающиеся и разлетающиеся рукава.

Вернемся к аналогии с водоворотом. Когда возникает поток, стремящийся внутрь, то внутри увеличивается давление. Обычно водовороты снимают это давление тем, что вода уходит вниз и на ее поверхности не возникает бугор. В межзвездном пространстве так не получится, концентрации эфира в центре станут за неимением выхода увеличиваться, и это будет до тех пор, пока не возникнет обратная волна. Она тоже будет распространяться по спирали, а возможен и выброс вещества.

Область такого сжатия, по-видимому, наблюдается в центре галактики M104 (фото 4). У галактик, еще не закончивших процесс сжатия, рукава слетаются. Там, где сжатие достигло критического значения, имеются две встречные системы вращения звезд и газа (фото 5). Если сжатие уже не происходит, то остаются только разлетающиеся рукава (наш Млечный Путь). Есть особые галактики (фото 6), с рукавами, расходящимися в разных направлениях. Видимо, здесь мы видим не только обращенную к нам, но и обратную сторону этого звездного образования. Моделирование на компьютере столкновения двух галактик (таково было предположение) с данными последствиями показало: его условия столь уникальны, что вряд ли допускают повторения. Однако уже известно несколько галактик с таким специфическим строением рукавов.

Звезды в галактическом диске ничем не связаны между собой, кроме сил тяготения (так считает наука). Давайте проанализируем некоторые опытные данные, исходя из этого положения и предложенной модели. Следующий абзац представляет собой цитату из учебного пособия:

«Почти все звезды галактического диска то попадают внутрь спиральных ветвей, то выходят из них. Когда звезды проходят сквозь рукав галактики, они замедляются, несколько увеличивая среднюю плотность рукава. Подобные «волны», состоящие из медленно едущих машин, можно увидеть на переполненных дорогах. В результате возникающей неоднородности гравитационного потенциала (10— 20%) «догоняющий» межзвездный



4
Галактика M104, она же Сомbrero

газ разгоняется до сверхзвуковых скоростей и тормозится о «набегающий», образуя ударную волну со значительно повышенной, по сравнению со средней, плотностью».

Можно, конечно, поверить, что в диске образуются волны плотности звездного газа (то есть сами по себе, без эфира, хотя и в эфире все будет то же самое), но есть странное, с моей точки зрения, обстоятельство: поведение звезд, которые то выходят из рукавов, то входят в них. Нас сейчас не интересует, имеем ли мы основание утверждать, что звезды ведут себя именно так, астрономы ведь слишком мало времени их наблюдают. Однако можно утверждать, что есть звезды, движущиеся к рукаву, а есть — от него. Сжатие машин на дороге возникает по какой-либо причине: например, все тормозят, когда наезжают на лежащего полицейского. А почему тормозят звезды, подлетая к наиболее плотной части рукава? Там же максимум гравитации. По крайней мере, если они еще не вошли в плотные слои «атмосферы», должно быть ускорение. Похоже на то, как катер обгоняет большой теплоход с создаваемыми им волнами: сначала катер замедляется, поднимаясь к центру волны, а перевалив ее, ускоряется по склону. Другими словами, то, что описа-

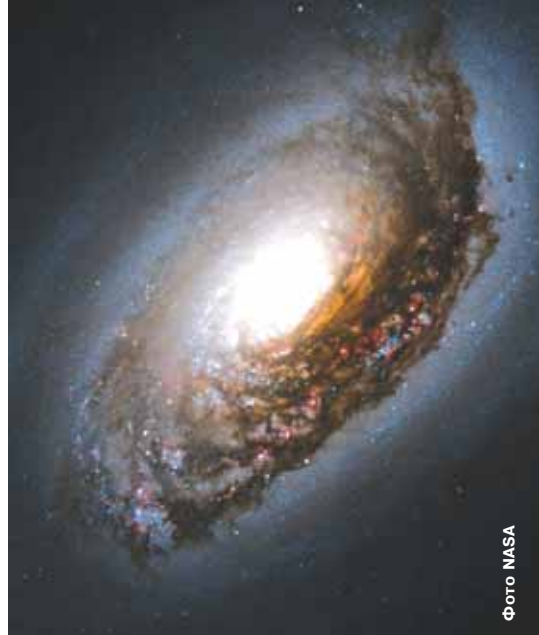
Судьба малых галактик

Как сообщает агентство «АльфаГалилео» от 17 апреля 2009 года, во время Европейской недели астрономии и наук о космосе, прошедшей в Хартфордширском университете (Великобритания), группа астрономов из Германии, Австрии и Австралии в очередной раз подвергла сомнению ньютоновскую теорию гравитации. Поводом послужили наблюдения малых галактик — спутников Млечного Пути.

Стандартная космологическая модель предсказывает, что таких спутников должно быть сотни. Однако до сих пор найдено лишь 30, причем одиннадцать самых ярких из них лежат примерно в одной и той же плоскости и вращаются в одну и ту же сторону, подобно планетам в Солнечной системе. (Или, как сказал бы автор предыдущей статьи, подобно щепкам, попавшим в водоворот.) Ученые предположили, что карликовые галактики — это осколки какого-то древнего столкновения. Однако на этом странности не закончились: звезды в галактиках-спутниках движутся гораздо быстрее, чем положено по зако-

но в эксперименте, больше похоже на преодоление волны эфира, чем на действие трения или гравитации.

Во всяком случае, все приведенные аналогии, начиная с водоворота из молока, дают возможность задуматься о том, насколько правильно мы понимаем окружающий нас мир.



5
Галактика NGC 4826, она же Черный Глаз



6
Галактика NGC 4622 — первая обнаруженная орбитальным телескопом Хаббл галактика, у которой рукава закручены против направления вращения галактики

ну тяготения. Обычно этот эффект списывают на темную материю. Но ее-то и не должно быть в галактиках-осколках. Получается, что надо модифицировать закон Ньютона. «Если мы так сделаем, то объясним данные без привлечения темной материи», — заявляет участник работы доктор Мануэль Метц.

Эта новость — лишь одно из многих сообщений, свидетельствующих о том, что свежие данные о поведении Вселенной требуют выработать новые подходы. Или браться за рассмотрение старых, но уже на новом витке диалектической спирали.

С.Анофелес

Инопланетные новости



Поиск инопланетной жизни привлекает не только широкую публику, но и ученых; главный его приоритет — жизнь земного типа, с которой можно было бы наладить культурный, а то и торговый обмен. Впрочем, найти чуждую нам жизнь, зародившуюся где-нибудь в озерах холодного этана, вспоенную метановыми дождями, было бы не менее интересно. За последние несколько лет благодаря появлению новых приборов и новых методик расчета астрономы добились таких успехов, что уже вполне серьезно можно надеяться: в течение десяти лет мы найдем внеземную жизнь. Подробный разговор про космические чудеса, экзопланеты и другие необходимые условия для жизни астрономы вели в конце апреля 2009 года на Европейской неделе астрономии и наук о космосе в Хартфордширском университете. Вот несколько тем, которые там были обсуждены.

Биохимия Вселенной

Всем известно, что для земной жизни нужна вода. Оказывается, это вещество было во Вселенной всегда: доктор Джон Мак-Кин из Нидерландского института радиоастрономии нашел ее не где-нибудь, а в джетах — потоках вещества, которое с огромной скоростью вылетает из того, что хочется назвать полюсами черной дыры. В данном случае это была сверхмассивная дыра в центре далекой галактики MG J0414+0534, свет от которой шел до нас 11,1 миллиарда лет. Мы видим ее такой, какой она была вскоре после возникновения Вселенной. Плотность воды в джете оказалась столь велика, что ее молекулы сформировали мазер — аналогичный лазеру усилитель лучей микроволнового диапазона. Яркость далекого мазера в десять тысяч раз превосходит яркость Солнца, и, по мнению авторов открытия, такие облака воды должны быть совсем не редкостью. «Сейчас получается, что шанс встретить такое явление — один на миллион. Но я не верю, будто мы такие счастливики: наверняка последующие наблюдения покажут, что эта вероятность гораздо выше», — говорит доктор Мак-Кин.

Сложные органические соединения в межзвездном газе нашли ученые из ФРГ (Институт радиоастрономии им. Макса Планка и Кёльнский университет) и США (Корнелловский университет). Они изучали спектры излучения молекул, составляющих плотное облако горячего газа в области образования звезд, которая расположена вблизи центра нашей Галактики. И впервые нашли этиловый формиат C_2H_5OCHO , а также, что особенно важно, содер-

жащее азот соединение n-пропил цианид C_3H_7CN . До сих пор в межзвездном пространстве находили менее сложные многоатомные молекулы: синильную кислоту HCN , гликолевый альдегид CH_2OHCHO , метанол CH_3OH или ацетилен C_2H_2 .

Чтобы понять, откуда могут взяться крупные органические молекулы в такой малоплотной среде, как космическое пространство, ученые построили математическую модель и выяснили, что реакции синтеза должны идти на поверхности частиц покрытой льдом пыли, причем сложные молекулы собираются не из отдельных атомов, а из готовых функциональных групп. А раз так, то ничто не мешает собраться аналогичным по сложности аминокислотам.

Радиоастрономы уже пытались найти в космосе простейшую из них — глицин NH_2CH_2COOH , правда, безуспешно. Открытие сложного цианида подсказывает: мельчайшие кирпичики жизни в космосе наверняка есть, надо лишь внимательнее смотреть на спектры, ведь чем сложнее молекула, тем хуже она светит. Говорят, что строящийся в пустыне Атакама радиотелескоп будет очень чувствителен и с легкостью различит искомые спектры среди множества линий.

Потерянные планеты

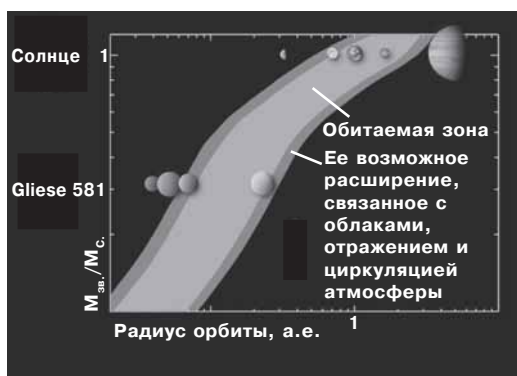
Подавляющее большинство найденных экзопланет — горячие либо холодные юпитеры и нептун, то есть газовые и ледяные гиганты. Редко-редко улыбнется удача, и охотник за планетами встретит какую-нибудь сверхземлю — каменную планету массой всего в несколько раз больше, чем у Земли. Однако похоже, что и многие

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

из них никакие не земли, а остатки тех же непутонов, потерявших свои атмосферы, ледяные щиты и океаны.

Как и все в мире, планетные системы подчиняются определенным закономерностям. А выявить эти закономерности можно, накопив статистику. Сейчас известно более 270 планетных систем. И у четверти с лишним из них имеются планеты, радиус орбиты которых не превышает 0,2 астрономические единицы (расстояние от Солнца до Земли). Закономерность же состоит в том, что подавляющее большинство этих планет имеет радиус орбиты в пределах 0,015—0,06 а. е., а ближе ни одной планеты не найдено. И чем старше звезда, тем дальше от нее расположена ближайшая планета. Расчет, проведенный учеными из Аризонского университета, показал, что когда-то были планеты и с меньшими радиусами орбит, просто они упали в звезду. Эту гипотезу легко проверить. Со временем скорость вращения звезды вокруг своей оси уменьшается. Однако при падении в нее планеты эта скорость резко возрастает. Например, Юпитер, упав в Солнце, уменьшил бы время обращения светила с 30 до 7 дней. И такие аномально быстро (для своего возраста) вращающиеся красные гиганты действительно есть. Другая примета — повышенное содержание металлов в звезде.

А что будет с теми планетами, которые сейчас опасно близки к своим звездам? Если это газовый или ледяной гигант, то он с большой вероятностью потеряет всю свою атмосферу, и вот почему. Вокруг звезды существует так называемая полость Роша, попав внутрь которой небесное тело должно развалиться из-за приливных сил. При этом именно газовую оболочку приливные силы унесут в первую очередь. В результате уменьшится масса планеты и соответственно радиус Роша, и оставшееся каменное ядро сможет еще долгие миллионы, а то и миллиарды лет крутиться поблизости от своего солнца. Возможно, такая судьба постигла открытую в 2009 году CoRoT-Exo-7b — самую маленькую среди известных экзопланет с радиусом в 1,7 раз больше земного,



Так расположена зона жизни в зависимости от массы звезды по расчетам Франка Селси из университета Бордо

но в 5 с лишним раз тяжелее Земли. Эта, несомненно, каменная планета, вращается на расстоянии 0,017 а. е. от звезды. Как говорит доктор Гельмут Ламмер из Института космических исследований Австрийской академии наук, юпитеры теряют свою атмосферу, подойдя к звезде на 0,015 а. е., а нептуну — на 0,045 а. е.

Наличие множества планет, вращающихся почти вплотную к звезде, подсказывает, что огненная стихия не очень-то способна их уничтожить. Более того, есть планеты, которые благополучно прошли самую настоящую преисподнюю. Их обнаружил доктор Джей Фаризи с коллегам из Лестерского университета, которые изучали белых карликов — они получаются после взрыва подобных Солнцу звезд. Размером карлик с Землю, а светит сильно. Как же можно заметить у такого объекта планеты? Доктор Фаризи обратил внимание, что спектр некоторых карликов не совсем таков, как следовало из теории. Причина — падение пыли. А пыль может получиться от того, что какой-то астероид подлетел слишком близко к звезде и разрушился. Это может случиться, если его орбита искривится из-за взаимодействия с планетой. Значит, даже после взрыва у звезды могут остаться планеты, правда, вряд ли на них сохранится жизнь. Таких карликов с планетами предположительно один—три на сотню.

Зона жизни

Живые существа, похожие на земные, могут существовать только на планете, попавшей в «зону жизни», — на таком расстоянии от звезды, где существует жидкая вода. И такие планеты найти удалось.

Две из них обращаются вокруг красного карлика Gliese 581, что в созвездии Весов на расстоянии 20,5 световых лет от Земли. У этой звезды самая большая экзопланетная система из ныне известных — в апреле 2009 года группа астрономов, возглавляемая главным охотником за планетами, Мишелем Майером из Женевской обсерватории, нашла там четвертую планету с массой всего в 1,9 раз больше

земной (легчайшая из ныне найденных экзопланет.) Она вращается почти вплотную к звезде (видимо, это тоже ядро какого-нибудь нептуну), и жизни на ней нет. Зато открытие новой планеты заставило пересчитать орбиты трех ранее найденных. И оказалось, что две из них расположены в зоне жизни (см. рис.). Это Gliese 581c и Gliese 581d (соответственно 0,3 и 0,4 массы Нептуна). На первой из них, если ее атмосфера схожа с земной, температура поверхности оказывается в пределах от 0 до 40°C. Наличие сразу двух планет в зоне жизни может породить два очень интересных мира, возможное взаимодействие которых наверняка вдохновит фантастов. А можно ли найти следы этой жизни, не отправляя экспедицию за десятками световых лет?

Хиральность и инопланетяне

Есть много способов найти следы жизни. Можно искать истлевшие кости или черепки горшков. Можно искать органику в образцах почвы. Можно искать радиосигналы в космосе. Давний автор «Химии и жизни» Г.А.Скоробогатов предлагал искать распределение каких-нибудь характеристик планеты по степенному закону — он соответствует искусственным объектам, в то время как все природные распределены по экспоненциальному (см. «Химию и жизнь», 1982, № 12).

Ученые из американского Национального института стандартов и технологии во главе с Томом Гермером («Proceedings of the National Academy of Sciences», 20 апреля 2009) решили искать жизнь по проявлениям хиральности. Ход их рассуждений таков.

В неживой среде все оптические изомеры должны присутствовать в равном количестве. При наличии жизни это правило будет нарушаться, ведь жизнь означает самокопирование во многих экземплярах. Значит, в копиях присутствуют только те оптические изомеры, которые имеются в оригинале. По мере развития жизни эти изомеры и будут доминировать на



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

планете. В частности, на нашей планете доминируют левовращающие аминокислоты. При отражении света хиральные молекулы дают соответствующим образом поляризованный луч. Если их много, это скажется на спектре излучения планеты в целом.

Макет прибора для изучения поляризации спектра отражения американские ученые построили и испытали его на растениях и микроскопических водорослях. Теория была подтверждена практикой — от них отражался поляризованный свет, который ни с чем нельзя было спутать. Далее при финансировании Научного института космических телескопов (STSI) и Европейского космического агентства планируется построить детектор, предназначенный для изучения небольших водоемов, а потом и крупных областей Земли. В случае успеха можно будет создать приставку для орбитального телескопа, предназначенную для поиска космических источников поляризованного света.

И если такой источник удастся найти, да еще в районе звезды, обладающей планетами, да еще земного типа, то вопрос «одиноки ли мы во Вселенной?» потеряет свою актуальность. А вопрос о том, какая она, эта инопланетная жизнь, напротив, обретет научно-практическую значимость.

Нельзя сказать, что американские исследователи придумали нечто принципиально новое. Изучать инопланетные спектры и искать их подобие в спектрах земных растений начал советский астроботаник — академик АН Казахской ССР Г.А.Тихов. Делал он это вскоре после войны по данным аэрофотосъемки и построил стройную гипотезу о ходе сезонных изменений растительного покрова на Марсе. Эта гипотеза считается отвергнутой, поскольку, согласно нынешним воззрениям, Марс меняет цвет своей поверхности из-за перемещения влаги в атмосферу, зато в результате этих работ были получены ценные данные для планирования сельского хозяйства. Возможно, новое применение давних идей Тихова поможет найти следы жизни на дальних мирах.

С.Анофелес

Менделѣевія

Часть третья

Доктор химических наук

Е.В.Бабаев, МГУ им. М.В.Ломоносова

Продолжая публикацию серии материалов о семье великого химика (см. «Химию и жизнь», 2009, № 2, 4), остановимся подробнее на жизни Менделеевых после их возвращения из Саратова в Тобольск, а также сибирских предках великого химика. Как и прежде, мы сосредоточимся на малоизвестных фактах и взаимосвязях, которые не всегда попадали в поле зрения биографов Д.И.Менделеева.

Здравствуйте, хмурые дни

Перевод Ивана Павловича Менделеева назад в Сибирь можно четко датировать по одному из немногих сохранившихся его писем родным: «После долгих прений, наконец, дело решено Господином министром перевести меня Директором же в Тобольск, куда с получением приказа и приехал с семейством 4 февраля 1828 г.». Приказ, однако, содержал особое условие: «поручив визитатору сибирских училищ особенно наблюдать за его [Менделеева] управлением». Доносы Миллера (все-таки возглавившего в итоге Саратовскую гимназию) не прошли даром, доверие начальства было утрачено, и сама репутация директора поставлена под сомнение.

К счастью, визитатором сибирских училищ в тот момент служил П.А.Словцов, человек весьма прогрессивный, в юности и сам немало пострадавший за вольномыслие. Своей биографией он опровергал известное выражение «дальше Сибири не сошлют»: в 1793 году молодого проповедника Петра Словцова за нечестивые речи сослали из Сибири далеко на запад. (Из Тобольска его тайно вывезли на Валаам и чуть не сгноили в монастырской тюрьме за то, что в публичной проповеди он назвал монархии гробницами, а троны — их надгробьями.) Лишь годы спустя его «употребили в гражданскую службу». Словцов сделал блестящую карьеру чиновника, что, однако, не притупило ни его нравственности, ни остроты ума. Известны его письма Магницкому в защиту гонимых тем педагогов, а посмертную славу Словцову принес энциклопедический труд по истории и географии Сибири. Надзор Словцова над Менделеевым, похоже, быстро перерос во взаимную симпатию интеллектуалов, а через год Сибирь и вовсе вышла из состава Казанского учебного округа.

Архивы тобольской гимназии той поры не содержат свидетельств о каких-либо памятных переменах в ее жизни в связи со сменой директора. Иван Павлович, пожалуй, лишь повторил свое тамбовское начинание, введя и здесь в качестве нового предмета курс логики и риторики. Еще он создал при гимназии «минц-кабинет» с коллекцией монет и медалей (возможно, как-то увязывая их созерцание с воспитанием добропорядочности и патриотизма). Монотонные будни лишь изредка прерывались чем-то необычным; к таким событиям можно отнести визиты зарубежных ученых. В 1828 году Тобольск посетил в поисках магнитного полюса Земли известный норвежский астроном Кристофер Ханстин, а через год — великий путешественник и географ Александр фон

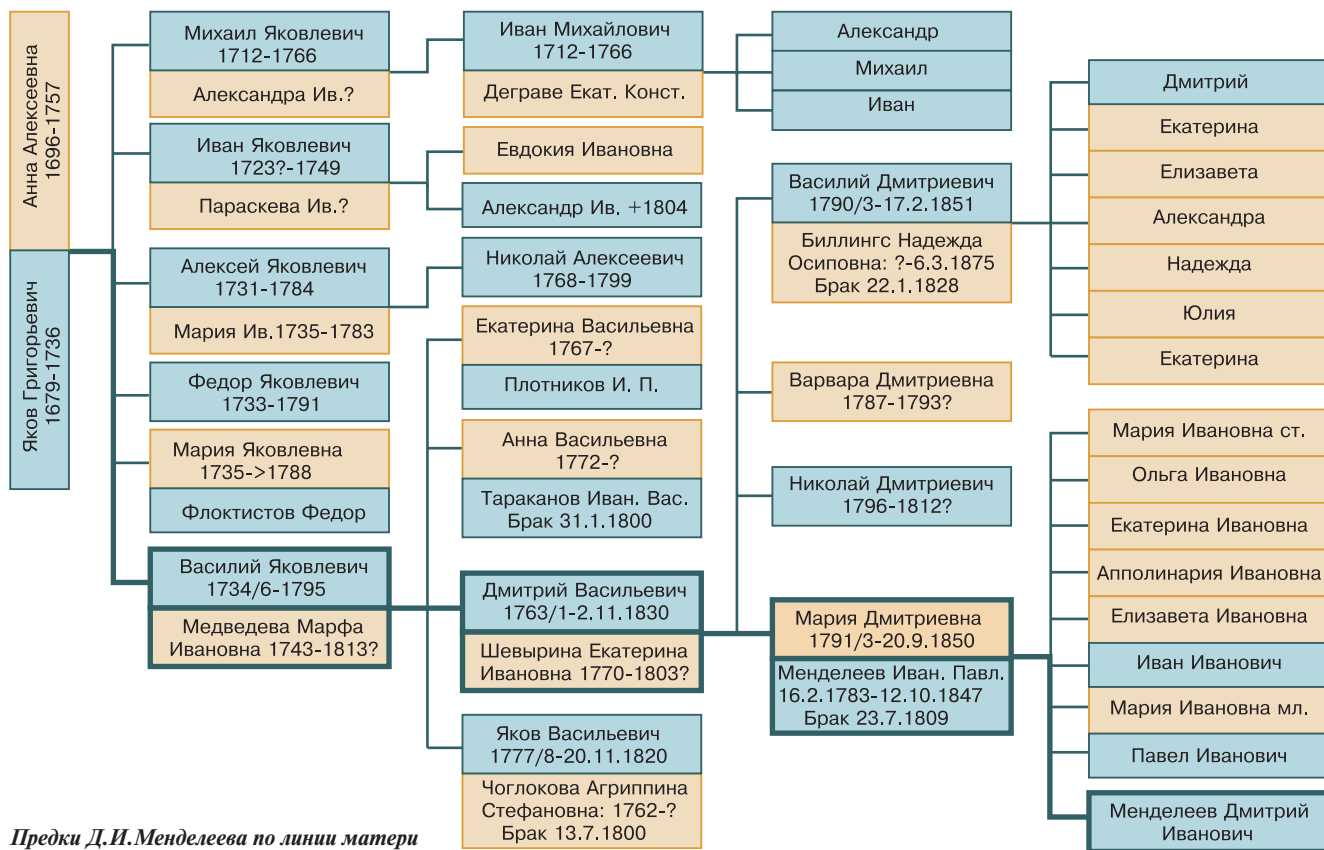


Д.В.Корнильев

Гумбольдт. Иностранцы подарили школе физические приборы, а любознательные учителя их быстро освоили и даже проводили учебные метеорологические измерения.

Развлечений в тогдашней столице Сибири было немного: как писал в книге «Прогулки вокруг Тобольска в 1830 году» тот же Словцов, «в шести заведениях можно кое-чему научиться, а в двадцати девяти — после от всего разучиться». (Именно таким было соотношение учебных и питейных заведений.) Пожалуй, самым ярким пятном на этом тусклом фоне стал большой концерт композитора А.А.Алябьева, организованный И.П.Менделеевым в зале гимназии в январе 1829 года. Оценим необычность ситуации: Алябьев, сын бывшего тобольского губернатора, дал концерт в том самом здании, где прошло его детство (этот особняк позже отдали под гимназию), причем композитор в тот момент был рядовым тобольским ссыльным. Гусар Алябьев — герой войны, штурмовавший Париж, — был отчаянным гулякой и картежником. Как-то в Москве, всплыв, он избил партнера за карточной игрой, и тот через три дня скончался. Алябьеву, лишь по подозрению, что смерть наступила из-за побоев, пришлось отбыть трехлетний тюремный срок (именно в тюрьме и был написан его знаменитый «Соловей»), а затем его сослали «на родину» в Тобольск. В сибирском изгнании Алябьев написал другое не менее известное произведение — «Вечерний звон».

Любопытно, что воспоминание об этом концерте оставил нам будущий тесть Дмитрия Менделеева, а в те годы юный гимназист Петя Ершов. В гимназии он учился с 1827 по 1830 год и аттестат получил из рук И.П.Менделеева. Через четыре года студент Ершов напишет своего знаменитого «Конь-



Предки Д.И. Менделеева по линии матери

ка-Горбунка», а затем вернется учителем в ту же тобольскую гимназию и будет учить сыновей своего бывшего директора. А в 1828 году в семье поручика Никиты Лещева (прославившегося тем, что он первым нанес на карты озеро Иссык-Куль) и его жены Серафимы Александровны (дочери уже знакомого нам А.Г.Протопопова, бывшего директора училища) родилась девочка, которой дали необычное имя Феозва (по святым): через десять лет она станет падчерицей Ершову, а Дмитрию Менделееву — в 1862 году — первой женой.

Вернемся к семье самого Ивана Павловича. В 1832 году, после рождения сына Павла, детей в семье директора стало точно как в пословице, «семеро по лавкам» (Оля, Катя, Поля, Лиза, Ваня, Маша, Паша). Жили они, судя по всему, при гимназии в том же флигеле, что и их родители четверть века назад. Облегчением стало замужество старшей дочери Ольги в 1831 году и ее отъезд в деревню к мужу, купцу Медведеву. Подробностей об этом периоде жизни семьи Менделеевых немного: во Млево они не писали почти десять лет (переписку возобновили лишь в 1833 году в ответ на письмо встревоженных родных). Похоже, что долгое время Менделеевы пребывали в глубочайшей депрессии. Так, в первых же письмах Соколовым они поминали саратовское прошлое не иначе как «время несчастий наших», да и о настоящем писали, что «более встречали горестей, чем радостей», от чего здоровье обоих «чрезвычайно расстроено». Себя Иван Павлович именовал «дряхлым стариком», а сорокалетнюю жену — «моей старухой». Жена и вправду сетовала, что «состарилась прежде времени» из-за утраты дочери, частых родов и смерти двух годовалых детей (Варвары и Ильи), похорон отца-инвалида (В.Д.Корнильев скончался в 1830 года), наконец, из-за тревог о слабом здоровье годовалого Павла. Настоящая беда, однако, была впереди. В 1834 году семья потеряла кормильца: Иван Павлович ослеп и вышел в отставку с небольшой пенсией. Именно в этот драматичнейший для семьи момент на свет появился последний ребенок, Дмитрий.

О дальнейшем развитии событий подробно рассказано в большинстве биографий Д.И.Менделеева, на эту тему написаны десятки статей и даже сняты фильмы. Мария Менделеева с кучей детей на руках и ослепшим мужем вынуждена стать кормилицей семьи. Она перевозит семейство в деревню, превращается из кухарки и няни в приказчицу (взяв на себя управление стекольной фабрикой) и в итоге вытягивает семью из нищеты. В этом захватывающем сюжете, однако, есть ключевой момент, остающийся недосказанным. Небогатая, казалось бы, семья имела доверенность на распоряжение громадным по тем временам родовым имуществом. В их формальном владении были частная фабрика, деревенька с крепостными (полторы сотни душ), огромное имение, экипаж для выезда — о какой нищете идет речь? Чтобы прояснить ситуацию, следует подробнее разобраться с предками Марии Дмитриевны, урожденной Корнильевой.

Особенности национальной коммерции

Родословная сибирских предпринимателей Корнильевых служила предметом изысканий многих историков. Патриарх этого рода Яков Григорьевич Корнильев (1679—ок. 1736) служил управляющим тобольского губернатора М.Гагарина. По версии историка М.Громько, предком Якова был некий казак Исак Корнильев, который в 1627 году «объясачивал инородцев» и приискивал «новых земли» в районе Нижней Тунгуски. Другую версию изложил в газетной статье 1889 года тобольский краевед С.Мамеев: оказывается, Яков сам был «инородец» — телеут (белый калмык), еще в детстве вывезенный каким-то купцом из Джунгарского ханства. (Джунгары — миллионный народ, почти начисто вырезанный после восстания 1755 года против цинского императора; остатки джунгар бежали кто куда, а их последний нойон Амурсана доживал свой век в Тобольске.) Эта версия родословной, никак не подтвержденная документально, начинается в наши дни

оживать в биографиях Менделеева. В одной из них (принадлежащей перу поэта и писателя А. Полонского) вдруг «выясняется», что Митю Менделеева в детстве якобы даже дразнили «джунгаром»...

Хозяин Якова, губернатор Гагарин, прославился любовью к роскоши, через доверенных лиц нелегально закупал дешевое китайское серебро и вел торговлю, минуя платежи в казну. В итоге Петр I расправился с ним необычайно жестоко: в 1721 году после пыток Гагарина повесили, а труп продержали год на цепи в назидание другим губернаторам-казнокрадам. Интересно, что дела Якова, личного доверенного лица бывшего губернатора, круто пошли в гору: он вдруг оказался владельцем обширных пашен и покосов, преуспел в хлебной торговле. Через замужество сестры Варвары Яков породнился с богатой семьей купцов Зубаревых и заложил основы благополучия своих детей. Пятеро его сыновей — Михаил, Иван, Алексей, Федор и Василий — многократно приумножили состояние отца, и их имена вошли в историю сибирского купечества. После смерти Якова наследницей стала его жена Анна Алексеевна. Купеческая вдова зорко следила за судьбой нажитого капитала, не позволяя его делить, пока не подрос младший, и вскормила плеяду удачливых купцов, прибравших к рукам часть регионального бизнеса. Федор продолжил торговлю зерном, прикупал недвижимость, жил долго, но умер бездетным. Иван умер молодым (успев оставить сына, тоже ставшего купцом). Старшего Михаила и вовсе не надо было особо учить — с малых лет он с отцом на ярмарках. Свою долю он вложил в винные откупы (по выражению М.Громыко, «безотказные источники обогащения сибирских рыцарей первоначального накопления»). Он быстро смекнул, что семейное зерно куда выгоднее не продавать, а перерабатывать в свой же алкоголь (есть данные, что он основал собственную винокурню «Аремзянский Каштак»).

Понятно, что алкоголь надо куда-то разливать: это заботило и купцов-откупщиков, и винокуров. Мать семейства Анна решила эту проблему кардинально, добившись для сына Алексея в 1751 году привилегии на устройство в селе Верхние Аремзяны стекольной фабрики. (Аналогичную фабрику, правда, с чуть иными целями, через год открыл Михайло Ломоносов.) У нашего же Михайлы, Корнильева, начались стычки с властью (винокурение было не вполне законным); тогда он решил сам пойти во власть и за 15 лет четырежды побывал главой Тобольского магистрата. В итоге надежная крыша появилась не только у семьи над головой (Корнильевы купили несколько домов в городе, построили имение в селе при фабрике), но и у семейного бизнеса. Михаил пробивал для своих, включая свояка Зубарева, налоговые послабления (об этом сохранилась жалоба купца-конкурента), братья обзаводились новыми землями и крепостными, наконец Михаил добился трехлетней монополии на поставки вина в Березов.

По этой идиллии, однако, как и по всей вино-водочной отрасли, был нанесен удар сверху: с 1755 года к подрядным поставкам вина стали допускать лишь дворян, а купеческие винокурни ликвидировали. Монополия на тобольский алкоголь на десятилетие перешла в руки графа П.И.Шувалова (двоюродного брата знаменитого просветителя и фаворита Елизаветы И.И.Шувалова, как раз в том же году основавшего Московский университет). Этот юркий вельможа скупил все местные винокуренные заводы и поднял цену на хлебное вино вдвое.

Вернемся к последнему из Яковлевичей, Василию Корнильеву (1736—1795), прадеду великого химика. Он, как и правнук, тоже был «последыш» в семье и, пожалуй, самый предприимчивый. Получив после смерти матери в 1750-е годы свою долю наследства, он добился успеха в традиционной для семьи торговой сфере — казенных поставках хлеба и, разумеется, вина. Дальнейший рост ограничивала винная монополия Шувалова. Похоже, не без участия Михаила мест-



ные власти после окончания срока шуваловского контракта решили допустить к участию в подрядных торгах претендентов из «недозволенных к винному курению чинов», то есть подрядчиков-купцов. Показательно, что именно Василий решил рискнуть: в конце 1760-х он объединил группу купцов Сибири (и даже Урала) в акционерную компанию «Василий Корнильев с товарищами», бравшуюся ежегодно поставлять в регион 43 тысяч ведер вина по цене ниже, чем была у Шувалова. Увы, победителем аукциона вышел заводчик Походяшин (предусмотрительно скупивший все винокурни Шувалова и оставивший цены прежними). Однако и после поражения Василий Яковлевич не унывал. Как и братья, он решил вложить вырученные на торговле деньги в мануфактуры, пока самые примитивные: стал топить сало (оно бочками пошло в обе столицы, а оттуда и за рубеж). Другим его вложением в производство стал выпуск бумаги: для этого надо было всего лишь измельчить старое льняное тряпье, была бы мельница. Удачно женившись на Марфе Ивановне, сестре братьев Медведевых, он стал компаньоном другой богатейшей семьи купцов-фабрикантов, а вскоре выкупил их бизнес: бумажную мельницу и фабрику на речке Суклем. Теперь он не просто купец первой гильдии, а заводчик-фабрикант (как и его брат Алексей). Лестно, наверное, когда вся Сибирь пишет письма на писчих листах с особыми водяными знаками с его (ВК) инициалами.

Переток торгового капитала в промышленный был в то время системным явлением, мелкие мануфактуры открывали многие купцы. Выживали, однако, немногие: остройшей проблемой Сибири была рабочая сила. Вольнонаемных не хватало, ссыльных надо было стеречь, а крепостных крестьян дозволялось иметь лишь дворянам. Корнильевы, похоже, решили и эту проблему (по некоторым данным, как владельцы мануфактур, они добились низших чинов личного дворянства). За счет дешевого труда крепостных их фабрики и выжили в острой конкурентной борьбе. Казалось бы, у Корнильевых все было предусмотрено...

Беда пришла неожиданно. В апреле 1788 году страшный пожар опустошил древний Тобольск, на храмах плавился колокола. У Корнильевых сгорел салотопный завод, все товары в гостином дворе, векселя на огромные суммы, два дома. Уцелел лишь один их особняк, то самое здание, в котором позднее открыли народное училище и гимназию, где жили, учили и учились Менделеевы. А пока туда переехал главный городской погорелец, губернатор Алябьев с семьей (в том числе, с малолетним Сашей, будущим гусаром и композитором). Заливать раны Корнильевы отправались в Суклем. Незадолго до этой трагедии умерли братья Михаил и Алексей, а вскоре и Федор. Из Яковлевичей остался лишь Василий с женой Марфой; у них две дочери, малолетний сын Яков и старший сын Дмитрий (женатый на купеческой дочери Екатерине Шевыриной). Василий взял опекунство над племянником Николаем (сын Алексея и наследник стекольной фабрики), другие же племянники (дети Михаила и Ивана) переписались в мещане и разъехались. От развесистого генеалогического древа Корнильевых осталась последняя веточка.

Цена печатного слова

Фабрики чахнут, опереться Василий может лишь на сына Дмитрия, у которого, однако, слабое здоровье и, похоже, больше интереса к книгам, чем к коммерции. Что же, и на этом можно сыграть: печатное слово — тоже товар. И Василий Яковлевич решил открыть в 1789 году на базе бумажной мануфактуры первую в Сибири частную типографию. Именно этот шаг обессмертил его имя, принес ему славу сибирского первопечатника и даже просветителя. Историки до сих пор удивляются: как же так вышло, что в медвежьем углу из ничего вдруг возник полноценный литературный альманах, периодическое издание «Иртыш превращающийся в Ипокрену», а потом и еще два? (Иппо-крена — ключ, забивший под копытом Пегаса, — намек, что и в провинции есть источник вдохновения). Душой журнала стал ссыльный П.Сумароков; он неплохо рисовал (его и сослали за высокохудожественный рисунок сторублевой ассигнации) и был графоманом в хорошем смысле слова, что вполне устраивало издателей периодики. К тому же его жена-немка неплохо переводила с разных языков; видимо, оттого и начались издания с переводных книг.

Издательская активность Корнильевых столь широко освещена, что добавить можно лишь штрихи. Василий Яковлевич не мог не понимать, что его последнее предприятие убыточно. Почти каждое издание выходило тиражом в 300 экземпляров, но многие так и не были распроданы из-за дороговизны; выручало же издателей лишь то, что расходы нес Приказ общественного призрения. Скорее всего, Василий решил обеспечить непутового сына-книголюбца надежным куском хлеба: даже типографию переписал на его имя, чтобы за «справное печатание исполнительных указов» Дмитрию ежемесячно выплачивали из казны 50 рублей. Отечественная забота и бизнес не смешивались (судя по векселям, сын лез в долги, а отец в это же самое время ссужал деньги другим). Да и сам Дмитрий деловые вопросы отодвигал на задний план: в письме к губернатору Алябьеву о своих мотивах выпуска нового журнала он писал так: «Имея свободное время, будучи ничем, кроме коммерции не занят...» Дмитрий Васильевич оказался гениальным компилятором (одна из черт, унаследованных его внуком и тезкой, Дмитрием Менделеевым), разнообразие материалов, которые он размещал в своих журналах, продолжает поражать. Интересно, что и в старости, потеряв рассудок, он постоянно что-то писал на осьмушках бумаги, аккуратно переплетал их в тома, как бы все продолжая издавать свои журналы...

Именно на период ранней издательской активности пришлось рождение детей в семье Дмитрия. По церковной записи 1792 года с Василием Яковлевичем среди прочих родственников уже проживали внучата: двухлетний Вася и годовалая Мария (мать химика). Как можно увидеть в наши дни, на надгробиях брата в Москве и сестры в Петербурге почему-то выбит совсем иной, причем один и тот же, год рождения (1793). Дед почти не успел порадоваться внукам и умер в 1795 году. Типография стала печатать канцелярские бумаги. Позднее Д.В.Корнильев пытался возродить книгопечатание, но уже безуспешно; он вынужденно переписался из купцов в мещане. К тому же в 1802 году семья продала бумажную фабрику, а в 1807 году печатный станок и вовсе умолк.

В семье осталось, однако, более ценное сокровище — богатейшая по тем временам библиотека. Основу ее составили те самые полсотни книг и журналов, что были напечатаны в семейной типографии. Отсюда идет глубокая любовь к книге сначала у Марии Дмитриевны («лучшие друзья жизни моей — книги»), а затем и у ее сына. Не будем удивляться политематичности Менделеева — от ранних студенческих курсовых и заметок для «Вестника просвещения» до статей



Так выглядела обложка журнала, издаваемого Д.В.Корнильевым

для Брокгауза и Ефрона. Вспомним, кто основал в России первый журнал для химиков, кто постоянно улучшал и переиздавал главную Книгу своей жизни. Не забудем и заветную мечту Дмитрия Ивановича (увы, так и не сбывшуюся): сразу после отставки посвятить себя изданию собственной газеты. Все это — родовая традиция.

Фабрика раздора

После смерти Василия Яковлевича семейный бизнес почти угас. Стекланный заводик оказался в руках Николая Алексеевича Корнильева, алкоголика. Вновь дела взяла в руки женщина, купеческая вдова Марфа Ивановна, прабабка Менделеева. В 1797 году через совестный суд купчиха заявила свои права на фабрику и крепостных по причине «пьянства и распутной жизни Николаевой» и переписала всю движимость и недвижимость на сыновей, Дмитрия и Якова, посулив племяннику 5000 рублей отступных (тот, правда, вскоре умер, платить так и не пришлось). Ее дети, однако, были больше заняты личными проблемами, чем делами. Жена Дмитрия, Екатерина, рано умерла (ок. 1803), их дети-подростки, Мария и Василий, росли без матери. Еще один их сын, Николай,

еще юношей утонул на охоте. От горя Дмитрий Васильевич заболел тяжелым психическим недугом.

Какое-то время семья Корнильевых жила на доходы с поместья и фабрики, пока в 1808 году не последовал протест со стороны аремзянских крестьян, которые писали губернатору Пестелю, что за 12 лет были «доведены до крайности по разорению и оскудению», «претерпевают чувствительнейшую бедность и снискивают себе пропитание постыдным и зазорным образом». Дело замяли, однако и в последующее десятилетие фабрика оставалась без должного присмотра. Перед Отечественной войной Василий уехал учиться в Москву, его сестра Мария вышла замуж и позже (как мы помним, с мужем и больным отцом) также покинула Тобольск, где оставались ее бабка Марфа с сыном Яковом.

О Якове известно немного; от ведения фабричных дел тот, похоже, нацело уклонился, наняв управляющего. Более примечательна супруга Якова — некая Агриппина Чоглокова (урожденная Тарашкина), носившая фамилию своего прежнего супруга, Наума Николаевича Чоглокова. Подполковник Чоглоков оставил в истории весьма странный след: он был троюродным племянником императрицы Елизаветы и почитал себя третьей после царицы и цесаревича персоной в России и потенциальным наследником престола. Во время турецкой кампании 1769 года Чоглоков отправился волонтером в Грузию и там едва ли не публично заявил о своих притязаниях на трон. После ареста он был сослан в Сибирь, где и женился на сержантской дочери Агриппине, имел дочь, умер в 1798 году. Почему Яков Корнильев в 1800 году взял в жены вдову Чоглокову, которая была старше его на 15 лет, можно лишь гадать: короноваться та явно не планировала. Тем не менее через этот брак линия Корнильевых—Менделеевых необычно пересеклась с линией династии Романовых.

После смерти Марфы (ок. 1814) и Якова (ок. 1820) фабрика перешла к последнему потомку Корнильевых (по мужской линии) — Василию Дмитриевичу, дяде Дмитрия Менделеева. Некоторое время он приводил дела фабрики в порядок, однако в 1825 году окончательно покинул Тобольск, став управляющим дел и имений князей Трубецких в Москве. Бесхозную фабрику власти могли попросту отнять, и вполне вероятно, что именно этот факт побудил Василия в том же году обратиться к сестре с предложением переехать из Саратова в Тобольск. Ее муж Иван в тот момент как раз оформлял титул потомственного дворянина, надворного советника, который давал необходимые имущественные права. Похоже, именно этим объяснялось упорство, с которым Менделеевы отказывались от переезда из Саратова в любой другой город. Лишь однажды, в минуту ссоры и горького отчаяния, Мария Дмитриевна (всю жизнь боготворившая брата) обмолвилась об этом дочери в письме: «Время открыло мне, что я нужна была для его фабрики, которая давно уж не принадлежала бы ему, если бы я умерла в Саратове или не согласилась убедить мужа моего для детей наших ехать в Сибирь, а не в Пензу». В более поздних письмах она раскаивалась в брошенном упреке, признавала, что была несправедлива к брату.

Действительно, Василий всемерно помогал семье Менделеевых, устроил их старшего сына Ивана в пансион при Московском университете и ежегодно платил за его обучение изрядную сумму. В 1826 году в Москве открылась глазная больница, в которой стал практиковать профессор Петр Федорович Броссе. Доктор Броссе был исследователем, изучал зрение у альбиносов, провел более 2000 успешных глазных операций. Именно к нему по рекомендации Василия Дмитриевича в 1837 году отправился И.П.-Менделеев в сопровождении дочери, «благоразумной Катеньки». Операция по снятию катаракты прошла успешно,



отец семейства вновь обрел зрение, однако возвратиться к преподавательской деятельности уже не сумел.

Гуси и хрусталь

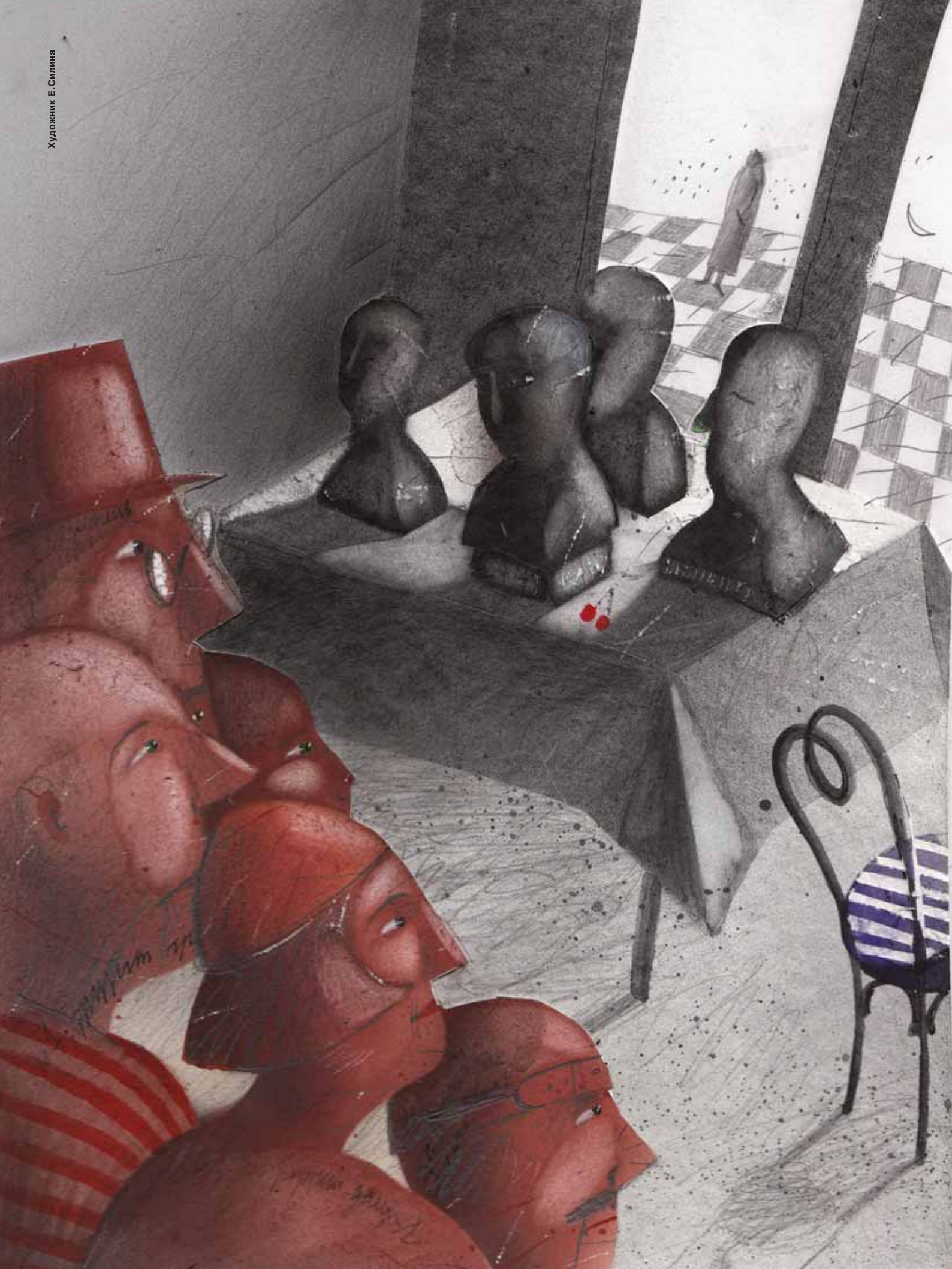
Похоже, семью Менделеевых до 1834 года не занимали ни стекольная фабрика (иногда ее называли хрустальной), ни прилегающее к ней имение. Все изменилось, когда им пришлось из-за отставки Ивана Павловича съехать с казенной жилплощади (из того самого флигеля при гимназии). Бывшие горожане научились вести деревенскую жизнь, разводить скотину и птицу, выстраивать отношения с соседями, с крестьянами, числившимися при фабрике, и мастерами, вникать в незнакомые проблемы технологии и сбыта продукции. Насколько болезненной была эта перемена, можно судить по числу судебных тяжб той поры с участием Марии Дмитриевны, сохранившихся в архивах. Ее попытку провести четкую границу своих владений межеванием тотчас попытался оспорить сосед Пчельников; она же в ответ попросту отняла лошадей у его крестьян, посягавших на ее пашни.

Фабричные, привыкнув к вольной жизни, саботировали все ее попытки улучшить производство: разбивали стекловаренные горшки, замучивали рабочих лошадей, крали и продавали дрова из господского леса, наотрез отказывались сеять хлеб, предпочитая кузнечный промысел. (По одной из версий, среди обитателей села было много цыган.) Пытаясь получить кредит под залог фабрики, Мария пригласила оценщиков для описи имущества. Взбудораженные крестьяне, решив, что их дома тоже хотят продать, написали челобитную царю, доказывая, что уже два десятилетия отстраивались за свой счет. Мария же построила для крестьян школу и шаг за шагом восстановила доверие и порядок, явно предпочитая пряник кнуту; как много лет спустя метко выразился Дмитрий Иванович, «исправляла любовью». Почти невероятно, но одну из историй об этом записал в 1950 году писатель Утков со слов столетнего старожилы села Аремзяны Вакарина. Один из приказчиков на все вырученные от продажи стекла деньги накопил себе обнов, за что «барыня его лишь пожурила, хотя могла бы и в солдаты отдать». О том, как провел в деревне первые годы жизни сам маленький Митя, никаких деталей не известно; впрочем, додумать их несложно. Ни мать, ни тем более отец смотреть за ним не могли и поручали это старшим сестрам.

Благодаря стараниям матери производство и продажи выросли в несколько раз. Вырученных средств хватило на поездку в Москву и лечение. Жизнь как будто налаживалась. Но наступил 1839 год, и весь быт семьи Менделеевых в одночасье круто переменялся: из Москвы пришло тревожное письмо.

Автор признателен В.Ю.Софронову за любезно предоставленные архивные материалы. Расширенная версия публикуемых материалов со ссылками (и гиперссылками) на источники размещается в электронном архиве «Менделеевия» по адресу: www.chem.msu.ru/rus/mendeleevia/

Продолжение следует





Тучка небесная

— Ты объявлен вне закона! В двадцать четыре часа должен покинуть территорию Славного Княжества...

— Опоздал! — ухмыльнулся я, порадовавшись, что корабль успел взлететь до того, как меня нашли полицейские.

— Пассажирский крейсер «Тучка небесная» является территорией Княжества, — оскалился нервный молодой человек с дурацкими усиками, одетый в черную униформу канцелярии безопасности. — Через сутки я вышвырну тебя за борт!

— Как?

— Через шлюз!

— Слушайте, так нельзя, — вмешался бородатый толстяк, капитан крейсера. — До ближайшей планеты пять суток на шлюпке.

— Шлюпки — часть «Тучки небесной»! — Безопасник лихо развернулся на носках сапог. — И часть Княжества!

— Так что ж, мне сразу застрелиться? — растерялся я. — Люди, эй, люди! Что делается-то?

Пассажиры собирались вокруг и рассматривали меня с любопытством экспериментаторов, давших хомячку каплю никотина.

— Не шуми, — попросил капитан. — Умирать надо с достоинством. Пойдем, научу. — И, бодро взяв меня под руку, вывел из общей гостиной.

— Я найду его! — прокричал вслед безопасник. — Учтите! Вам-то зачем неприятности?

В своей каюте капитан усадил меня в мягкое кресло, сварил кофе, достал из холодильника недоеденный торт.

— Ну так за что? — спросил он, с умилением глядя на сладость.

— Журналист, — ответил я заученно. — Написал не то, что надо.

— Ага, — кивнул капитан. — А глупый редактор взял и опубликовал. Ты это брось. И мне, и службе иммиграции...

— Я до них не долечу.

— Сплюнь! Угощайся лучше. А то обижусь. — Он подвинул мне блюдце, отыскал ложечку, старательно вытер о жилетку и аккуратно положил рядом с моей чашкой. — Так за что тебя?

— А вам не все равно?

— Мне — нет. А может, ты душегуб какой? Я с настоящими преступниками не дружу.

Я поковырял ложечкой торт. Попробовал. Сладко.

— Статью я написал. На заказ. Про человека одного...

— Какого? — с любопытством спросил капитан.

— Да про виконта одного. Заказчик обещал прикрыть. Хорошо, предупредили вовремя.

— Ага. А чего сразу в космос?

— А куда? — Я поднял на него глаза. — На планете двадцать два с половиной государства, но только у Славного Княжества есть космопорт.

— С половиной?

— Барон один. То есть теперь уже король. На острове окопался. А налог за регистрацию страны в общегалактическом реестре уплатить нечем.

— Весело у вас.

— Как везде.

— Ну да. А чего за границу не сбежал?

— Да какие там страны! Они же все основаны изгнанниками! Два дома, погреб для еды и чердак для шкур — вот и все государство!

— Скучно, — кивнул капитан, — тихо слишком. А чего на княжеском крейсере полетел? Подождать не мог?

— Так другие же не летают. А корабль изгоев, — я развел руками, — только на прошлой неделе был.

Кусочек торта был съеден, и капитан положил мне новый. Потом опять заварил кофе. И сказал:

— Обговорить надо. Как бы тебя спасти так...

Безопасник играл в карты в зеленой гостиной.

— Вы не имеете права! — бодро проговорил я по совету капитана.

— Да? — Молодой человек положил карты рубашками вверх, извинился перед партнерами и привстал.

— Нет-нет, говорите здесь! — попросили его. — Мы не помешаем вам, вы не мешаете нам.

Безопасник пожал плечами и вновь уселся.

— Согласно «Уставу о наказаниях», нельзя объявлять человека вне закона, если он находится вне пределов досягаемости инфраструктуры изгнания и не может в течение пяти-шести часов покинуть страну! — выпалил я вызубренную фразу. Затем победно посмотрел на пассажиров. Они с интересом ждали ответного хода безопасника.

— Ясно, — кивнул тот. — Однако если вышеупомянутый человек создает проблемы правосудию, намеренно дурачит полицейских, а равно других должностных лиц, то есть, в частности, меня, этот человек может быть объявлен вне закона в любом месте.

Пассажиры зааплодировали. Но тут подал голос капитан:

— И все же рекомендуется доставить его под охраной в ближайший пункт депортации либо в нейтральную зону и проследить, чтобы он покинул страну.

— Ясное дело! Вот я и прослежу, чтобы он покинул страну, — усмехнулся молодой человек.

У меня оставалось восемнадцать часов.



ФАНТАСТИКА

Безопасник спал в своей каюте. Я осторожно постучал.
— Ну? — Он открыл дверь и широко зевнул. — Что еще?

— Вы не имеете права! — заявил я по совету боцмана. — Никто не может лишить человека жизни или поместить в условия, несовместимые с жизнью. Вас будут судить за убийство.

— Не будут, — вздохнул безопасник. — Внимательно читай закон. Там сказано: «Несовместимые с жизнью в течение суток». А я засуну тебя в скафандр и дам запасные баллоны часов на тридцать.

— А потом? — сглотнул я.

— А для чего я тебе двадцать четыре часа дал? — вопросил он и опять зевнул, закрывая дверь. — Чтоб ты обеспечил себя всем необходимым. Пшел вон.

Двенадцать часов. Маловато как-то.

— Вы с ума сошли? — оторопел радист.

— Слушай, не бузи, — ответил капитан. — Работай.

Оставалось пять часов. Можно было и отдохнуть. Капитан отправился немного поспать.

— Это профанация идеи, — пробурчал боцман. Он посматривал, чтобы со мной ничего не случилось, курил и рассуждал о жизни. — Изначально изгнание было направлено на прогрессивную колонизацию.

— Прогрессивную? — не понял я.

— Ну... — Боцман смутился. — В смысле, чтоб быстрее все шло. А людей мало. То есть тех, кто хочет сам все бросить и осваивать новые земли. Вот и отменили тюремные заключения — ввели различные сроки изгнания. На планете изгнанникам приходится расширять границы обжитой области, уходить за пределы уже освоенной территории. Неудобно, конечно, для отдельно взятого гражданина, зато очень выгодно для общества в целом. Для этого, собственно, и нужна инфраструктура изгнания. А в глобальном масштабе запустили «корабль изгоев».

— В глобальном?

— Ну, для освоения новых планет. Космопорты официально — всегда нейтральная территория, то есть там в принципе можно жить сколько угодно. А раз в году планеты облетает «изгой», забирает всех в одну группу освоения и отвозит в новый мир. Конечно, преступников и там хватает, но их же можно снова изгнать, если не успокоятся...

Оставалось два часа.

Пассажиры стали собираться возле моей каюты за полчаса. Но кое-кто, захватив напитки и снеки, пришел часа за два, чтобы занять лучшие места.

Ровно без одной минуты явился безопасник. Подчеркнуто вежливо постучал в распахнутую дверь.

— Что вам угодно? — Я поднял голову.

Толстяк капитан принес шахматы, кофе и пирожные. Сейчас я как раз поставил ему шах, и толстяк добродушно сопел, жуя эклер.

— Двадцать четыре часа истекли, — широко улыбнулся молодой человек с усиками, зайдя в каюту. — Прошу покинуть территорию.

— Что вы себе позволяете? — возмутился я. — Немедленно покиньте пределы свободной республики Вененуя! Иначе мне придется обратиться в международный суд с жалобой на агрессию!

— Что? — Лицо у безопасника вытянулось.

— Я выкупил у владельца этой части Княжества мою каюту, — пояснил я и протянул документ. — Вот купчая. Согласно установленному законодательству, подал прошение о присвоении данной территории статуса государства, а именно свободной республики Вененуя. Вот телеграмма. Вот бланк об уплате налога на образование независимой республики.

— Но... — начал молодой человек.

— Согласно закону, данная территория признается принадлежащей Республике до окончания рассмотрения прошения, — перебил его капитан. — Я нахожусь здесь согласно письменному приглашению главы Вененуи. Можете ознакомиться. А теперь предъявите ваш документ, разрешающий ваше пребывание на территории суверенного государства. Иначе вы можете быть арестованы за нарушение визового режима.

— Вы будете изгнаны, капитан! — ядовито пообещал безопасник, отступая в коридор. — Это, надеюсь, ясно?

— Слышу-слышу, — кивнул толстяк. — Значит, опять. Ну ладно. Жена и дети на борту, так что доведу пассажиров до места, и полетим в район Пляяд. Жена там давно хотела побывать.

— Кому вы там нужны?

— У меня двадцать лет стажа — любая страна возьмет сразу же, — усмехнулся капитан.

— Я лично прослежу, чтоб не взяли! Я вам жизнь испорчу!

— Слышь, не бузи. — Капитан с сожалением отложил пирожное и поднялся. — Вот признание «Тучки небесной» государством. Вот договор о союзе с вашим Княжеством. А вот расторжение договора. Не заткнешься — объявлю вне закона.



ДВАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

SoftTool

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ»
КОНКУРС ЛУЧШИХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «ПРОДУКТ ГОДА»
СОФТУЛИЙСКИЕ ИГРЫ

27-30 ОКТЯБРЯ 2009 ГОДА

ВТОРАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПЕРЕДОВЫХ РОССИЙСКИХ РАЗРАБОТОК, ПРОДУКТОВ И УСЛУГ

«ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ФОРУМ
«ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ ГОСУДАРСТВО,
ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО»

КРУГЛЫЙ СТОЛ С РУКОВОДИТЕЛЯМИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИИ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ ИТ И ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ

«SITOP 2009»



МОСКВА • ВВЦ • ПАВИЛЬОН 69

ВОСЬМАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



КОНКУРС ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ «ТВОРЕЦ»
САПР-ШОУ, «ВЕНДОРЫ БЕЗ ГАЛСТУКОВ»
БЕСПЛАТНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
МАСТЕР-КЛАССЫ, ТОК-ШОУ, ПРЕЗЕНТАЦИИ

На выставке *SoftTool* Вы сможете познакомиться со всеми предложениями мирового рынка ПО

Репка

Что такое репа? Репка — это овощ, родственник капусты. Репу выращивают ради корнеплодов, но плоды у нее тоже есть — это длинные стручки со множеством мелких семян.

Сейчас нам трудно представить, как люди жили без картошки. А прекрасно жили, репу ели! Ее культивируют уже веков сорок. Древние персы и египтяне, римляне и греки, а затем и прочие европейцы поедали репу в сыром, печеном, тушеном и вареном виде. Она была вторым хлебом и спасала от голода в неурожайные годы. В России репа известна примерно с десятого века. Поля, на которых ее выращивали, назывались репищами. Именно репище заседал мужик из известной сказки «Вершки и корешки».

С конца XVIII века место репы занял картофель, и теперь ее можно увидеть только на грядках огородников-любителей. Сказка про репку как раз про такого любителя. Выросла у него репка большая-пребольшая, но одна. И есть, наверное, люди, которые никогда не пробовали эту диковину. Они много потеряли.

Чем хороша репа? Репка счастливо сочетает два ценных качества. Она низкокалорийна (в 100 г продукта всего 28 ккал) и в то же время содержит множество полезных веществ. Корнеплод богат солями кальция, фосфора, железа, магния и серы. Витаминов по количеству немного, но зато какой набор: тиамин (В₁), рибофлавин (В₂), каротин, он же провитамин А, никотиновая кислота (витамин РР). А витамина С в репе почти вдвое больше, чем в апельсинах и лимонах, в 6 раз больше, чем в столовой свекле и луке репчатом, и в 12 раз больше, чем в моркови. Присутствуют в репе также пантотеновая кислота, стерины и небольшое количество эфирных масел. Одному из них, горчичному, репка обязана характерным запахом и горьковатым вкусом.

Есть в репе и сахар, но его немного, от 3,5 до 9%, поэтому репу можно смело рекомендовать людям, страдающим диабетом и ожирением.

От чего помогает репа? Когда читаешь народные рецепты, кажется, что репа — средство лечения и профилактики почти всех болезней. Она обладает мочегонным, антисептическим, противовоспалительным, ранозаживляющим и обезболивающим действием. В ней есть железо, необходимое для кроветворения. Соли кальция снижают проницаемость сосудов и мешают проникновению микробов в кровь, способствуют нормальному росту костей, благотворно влияют на состояние нервной системы и оказывают противовоспалительное действие. Сера помогает очищению организма. Людям с угревой сыпью на лице, а также с экземой стоит каждый день съедать хотя бы по одной репке, которая обеспечит потребность организма в солях серы и поможет очистить кожу.

Вареную репу полезно есть при ОРЗ, к тому же она укрепляет зрение. При подагре помогает компресс из размятой вареной репы. В больные места также можно втирать смесь из свежего тертого корнеплода и гусиного жира в соотношении 2:1. Эту же мазь используют при обморожениях тела.

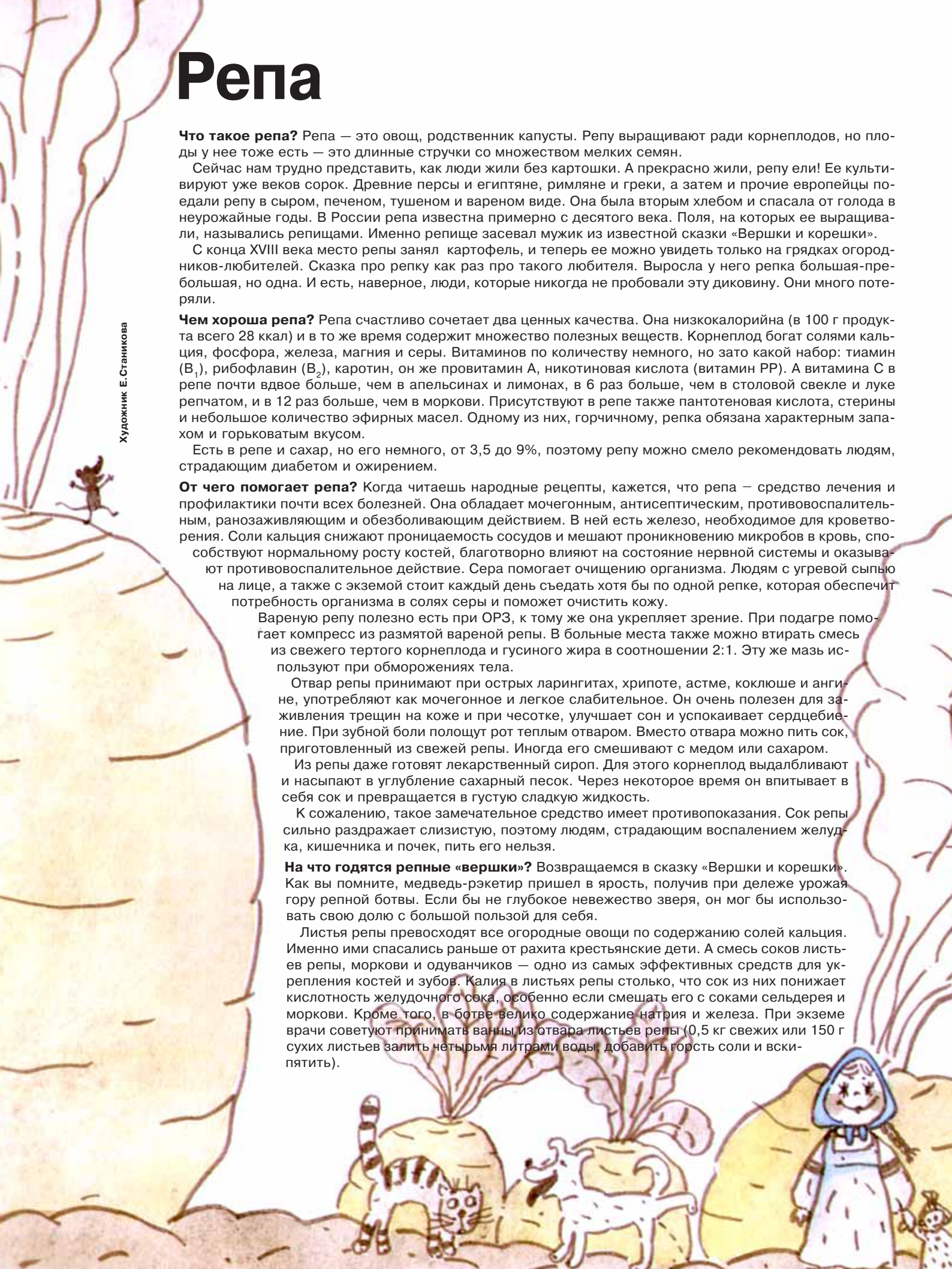
Отвар репы принимают при острых ларингитах, хрипоте, астме, коклюше и ангине, употребляют как мочегонное и легкое слабительное. Он очень полезен для заживления трещин на коже и при чесотке, улучшает сон и успокаивает сердцебиение. При зубной боли полощут рот теплым отваром. Вместо отвара можно пить сок, приготовленный из свежей репы. Иногда его смешивают с медом или сахаром.

Из репы даже готовят лекарственный сироп. Для этого корнеплод выдалбливают и насыпают в углубление сахарный песок. Через некоторое время он впитывает в себя сок и превращается в густую сладкую жидкость.

К сожалению, такое замечательное средство имеет противопоказания. Сок репы сильно раздражает слизистую, поэтому людям, страдающим воспалением желудка, кишечника и почек, пить его нельзя.

На что годятся репные «вершки»? Возвращаемся в сказку «Вершки и корешки». Как вы помните, медведь-рэкетиер пришел в ярость, получив при дележе урожая гору репной ботвы. Если бы не глубокое невежество зверя, он мог бы использовать свою долю с большой пользой для себя.

Листья репы превосходят все огородные овощи по содержанию солей кальция. Именно ими спасались раньше от рахита крестьянские дети. А смесь соков листьев репы, моркови и одуванчиков — одно из самых эффективных средств для укрепления костей и зубов. Калия в листьях репы столько, что сок из них понижает кислотность желудочного сока, особенно если смешать его с соками сельдерея и моркови. Кроме того, в ботве велико содержание натрия и железа. При экземе врачи советуют принимать ванны из отвара листьев репы (0,5 кг свежих или 150 г сухих листьев залить четырьмя литрами воды, добавить горсть соли и вскипятить).



И даже если у вас ничего не болит, репную ботву можно нарезать в салат. Молодые листья по вкусу напоминают горчицу.

А листовая репа существует? Репа — родственница капусты. Как же не быть у нее листовым сортам?

Из Японии на наши огороды пришла салатная репа-кокабу, с мелкими, сладкими корнеплодами и съедобными листьями, богатыми железом.

Еще один сорт, листовая репа-кабуна, напоминает пекинскую капусту, только листья темнее. Они хороши на вкус и содержат много аскорбиновой кислоты.

Что такое турнепс? Турнепс — это кормовой подвид репы, более крупный. При хорошем уходе с одного гектара можно получить около 500 центнеров корнеплодов и до 150 центнеров ботвы. В последнее время селекционеры вывели и пищевые сорта турнепса. Его употребляют в салаты и, в тушеном виде, как гарнир к жареному мясу.

Как сохранить репу? Мы уже убедились, что репу надо есть часто, но продается она только летом. Следовательно, нужно делать запасы. Для хранения отбирают крупные экземпляры, потому что в них сохраняется больше витаминов. Лучше всего пересыпать корнеплоды сухим песком или торфяной крошкой и хранить в темноте при температуре от 0° до 1°C. Репа практически не портится, поскольку обладает хорошими бактерицидными свойствами.

А можно репу замариновать. Для этого ее тщательно моют и очищают от ботвы и кожицы. Нарезанный кружками овощ плотно укладывают в небольшую кадку, пересыпая каждый слой солью и тмином. Заполнив кадку, ее заливают кипяченой остуженной водой, так чтобы она покрыла репу, сверху кладут один-два слоя промытых капустных листьев и придавливают гнетом. Кадку ставят в сухое прохладное место, и через две недели репу можно есть. На 10 кг репы требуется 1–1,2 кг соли.

С чем сочетается репа? Репа — очень сочный овощ, поэтому она хороша с копченым и соленым мясом. Соль сильно обезвоживает мясо и вот тут-то репа как нельзя более кстати.

Свежая репа имеет пикантный привкус, который пропадает после тепловой обработки, и тогда овощ прекрасно сочетается по вкусу с любыми начинками, соусами и гарнирами. Поэтому из него можно приготовить целый обед, начиная от закусок и заканчивая сладким десертом. Репу варят, жарят, тушат, фаршируют, запекают и даже готовят из нее квас.

Начать можно с салата из свежей тертой репы с солью и черным перцем, который заправляют лимонным соком и сметаной. Еще один вариант салата — отварные репа, морковь и грибы с солеными огурцами и свежей зеленью. Не забудем и маринованную репку — самое время достать ее из кадушки. На первое пускай будет репница. Это похлебка из вареной или пареной репы, которую разминают, перемешивают с солодом, заливают водой и оставляют томиться.

На второе приготовим фаршированную репу. Корнеплоды очищают и делают в середине углубление для начинки: мясного фарша, сыра с зеленью или брынзы. Потом запекают. А можно просто запечь очищенную репу в небольшом количестве воды и подать со сметаной, луком и рубленой зеленью.

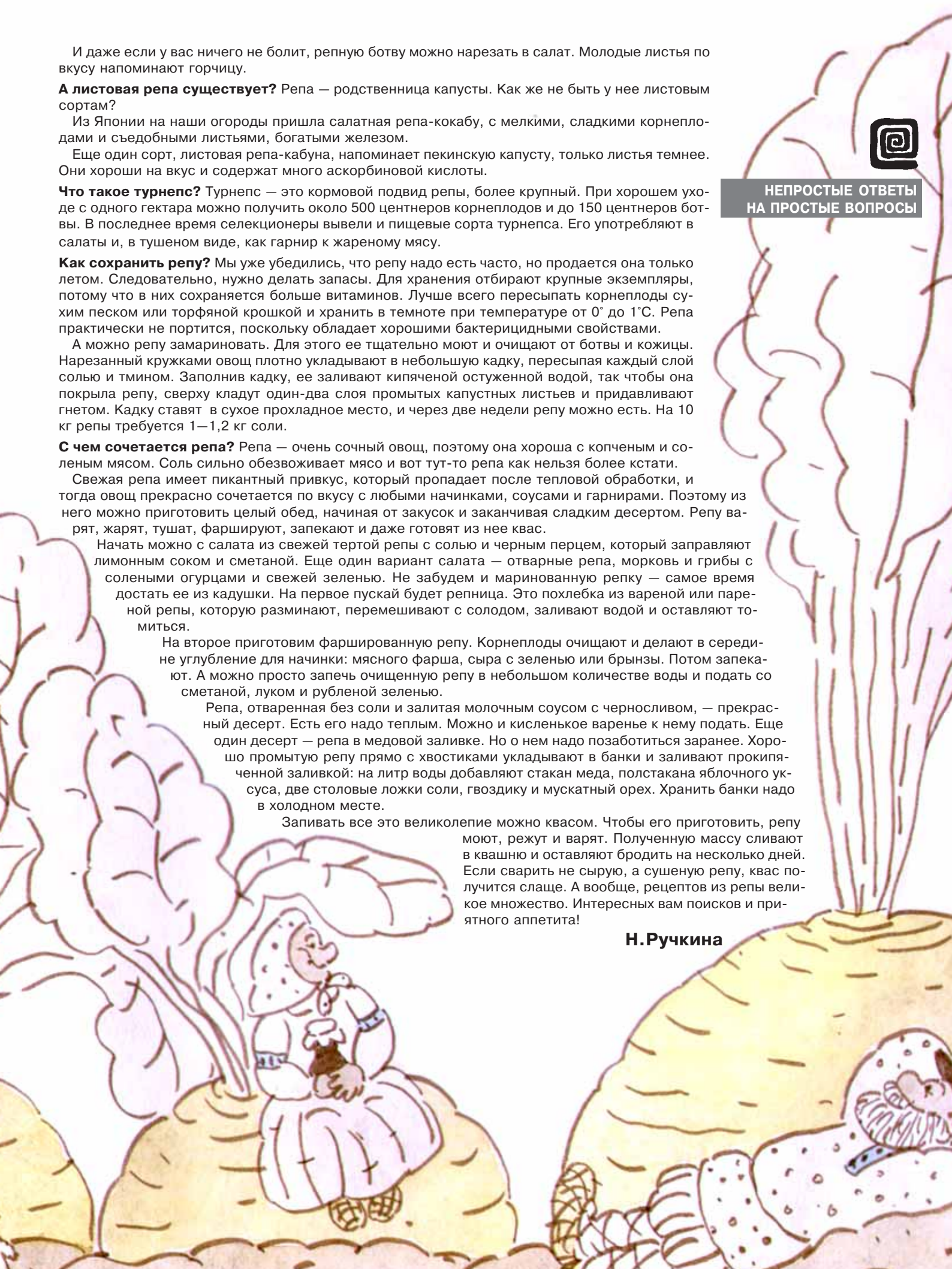
Репа, отваренная без соли и залитая молочным соусом с черносливом, — прекрасный десерт. Есть его надо теплым. Можно и кисленькое варенье к нему подать. Еще один десерт — репа в медовой заливке. Но о нем надо позаботиться заранее. Хорошо промытую репу прямо с хвостиками укладывают в банки и заливают прокипяченной заливкой: на литр воды добавляют стакан меда, полстакана яблочного уксуса, две столовые ложки соли, гвоздику и мускатный орех. Хранить банки надо в холодном месте.

Запивать все это великолепие можно квасом. Чтобы его приготовить, репу моют, режут и варят. Полученную массу сливают в квашню и оставляют бродить на несколько дней. Если сварить не сырую, а сушеную репу, квас получится слаще. А вообще, рецептов из репы великое множество. Интересных вам поисков и приятного аппетита!

Н.Ручкина



**НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ**





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Цирроз и пьянство

«Поздно пить боржоми, если печень развалилась», — гласит русская народная мудрость. «Не поздно», — уверяет британский гепатолог доктор Ник Шерон из Саутгемптонского университета. Как следует из его статьи, опубликованной в апрельском номере журнала «Addiction» (2009, т. 104, с. 768), не важно, на какой стадии цирроза человек бросит пить. Главное, чтобы он совершил этот шаг.

Основой исследования послужили истории болезни ста человек, страдавших от болезни печени и проходивших лечение в главной больнице Саутгемптона в период с 1995 по 2000 год. У всех биопсия показала наличие цирроза на разных стадиях. Узнав об этих печальных результатах, одна часть пациентов отказалась от потребления спиртного, другая же никак на предупреждение медиков не отреагировала. Как выяснилось, зря. Статистическая обработка данных показала, что независимо от установленной при лечении степени цирроза среди тех, кто после лечения бросил пить, до 2007 года дожило 72%, а среди тех, кто продолжал предаваться пороку, — лишь 44%.

Отсюда доктор Шерон делает вывод о том, какова должна быть цель медиков при обращении с такими пациентами: во-первых, поддерживать здоровье человека до тех пор, пока он не перестанет пьянствовать, а во-вторых, максимально увеличить его шанс сохранять трезвый образ жизни.

К сожалению для больных британцев, у них совсем не развита общественная система принудительного поддержания трезвости. Однако палка бьет о двух концах: нельзя не отметить опыт Российской империи и Советского Союза, в которых перегиб при борьбе с пьянством дал такие побочные результаты, на которые совсем не рассчитывали авторы идеи.

Конечно, лучше вовсе не доводить дело до цирроза, но это уже вряд ли зависит от медиков. Максимум, что они могут, — это рассказывать как можно больше об этой мучительной болезни с помощью бюллетеней Санпротсвета.

А. Мотыляев

...на основе фотографических коллекций Гарвардской обсерватории и ГАИШ построена диаграмма блеска для классической цефеиды NSV9159 за 119 лет («Письма в Астрономический журнал», 2009, т.35, □ 3, с.119—205)...

...как подтвердил анализ данных российской сети магнитных наблюдений, экстремально сильная магнитная буря 2—3 сентября 1859 года, во время которой северное сияние наблюдалось в Вест-Индии, была вызвана серией из трех вспышек на Солнце («Геомагнетизм и аэронаомия», 2009, т.49, □ 2, с.163—173)...

...космические корабли, отправляемые на Марс, возможно, будут стерилизовать по-новому: не высокотемпературным нагреванием, а парами перекиси водорода при низких температурах («Nature», 2009, т. 459, □ 7245, с.308—309)...

...в условиях космического полета несколько снижается скорость всасывания таблетированного ацетаминофена, а капсулированного — увеличивается («Химико-фармацевтический журнал», 2009, т.43, □ 3, с.8—11)...

...согласно модели, предложенной в NASA, повышение температуры в арктическом регионе более чем наполовину обусловлено аэрозолями, в частности угольной копотью, а вовсе не парниковыми газами («Science», 2009, т.324, □ 5925, с.323)...

...во Владивостоке создали сорбент из вулканической породы перлита для очистки сточных вод от органических загрязнений («Экология и промышленность России», 2009, □ 4, с.19—21)...

...понижение уровня Мертвого моря, возможно, позволит увидеть остатки города Содомы, погибшего в результате землетрясения («Природа», 2009, □ 4, с.9—17)...

...синтетические глюкокортикоиды, такие, как дексаметазон, принимаемые во время беременности, влияют на формирование нервной системы плода («Доклады Академии наук», 2009, т.425, □ 6, с.841—842)...

...секвенирован геном мыши линии C57BL/6J, в нем определено около 20 тысяч генов («PLoS Biology», 7(5), e1000112)...

...предложена оригинальная технология криоконсервации сперматозоидов яка с целью сохранения генофонда вида и использования в селекции крупного рогатого скота («Сельскохозяйственная биология», 2009, □ 2, с.37—42)...

...бактерии копируют все возможные абиотические реакции, протекающие в глинистых материалах, но с участием бактерий эти реакции идут гораздо быстрее («Журнал общей биологии», 2009, т.70, □ 2, с.155—167)...

...показана возможность получать устойчивые к бактериальным инфекциям табак и картофель путем введения в геном всего одного гена гречишки («Биохимия», 2009, т.74, □ 3, с.320—329)...

...в пещере Санхэ (Китай) найдены останки более 80 видов млекопитающих — представителей гигантопитековой фауны раннего плейстоцена, в том числе собственно гигантопитека, орангутана и других приматов («Chinese Science Bulletin», 2009, т.54, □ 5, с.788—797)...

...детеныши беломорской белухи выучивают новые движения путем подражания, причем период обучения имеет индивидуальную продолжительность («Биология моря», 2009, т.35, □ 1, с.41—47)...

...свиньи оказались непригодными для экспериментов по изучению обморожений у человека, хотя строение свиной и человеческой кожи сходно («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2009, □ 3, с.358—360)...

...компьютерная программа, созданная в университете Хайфы и предназначенная для различения подлинных живописных полотен и подделок, дает правильный ответ в 86% случаев («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2009, □ 5, с.18—25)...

Художник С. Дергачев



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

История красной змеи

Ползли две змеи. Одна была красная, а другая еще краснее. Посмотрел на них из поднебесья ястреб и подумал: «Та, что еще краснее, — наверняка ядовитая. А та, что просто красная, — под нее маскируется, но не очень-то удачно». Упал он камнем на землю, да и схватил просто красную змею. Она потомства не оставила (впрочем, как и отравившийся ястреб), а очень красная змея отложила много яиц, и ее потомство жило долго и счастливо. Примерно так можно пересказать результат компьютерного моделирования эволюции, предпринятого британскими и канадскими исследователями, о котором рассказано в апрельском номере журнала «Evolution» (2009, т. 63(1), с. 256). А искали они ответ на вопрос, заданный еще Дарвином: отчего многие животные окрашены настолько ярко, что не составляет никакого труда их заметить?

Действительно, обычное соревнование между хищником и жертвой приводит к тому, что последняя становится все неприметнее и неприметнее. Оказывается, есть еще один тип соревнования — между настоящей жертвой, безвредным и беззащитным созданием, и каким-нибудь ядовитым существом, и цель этого соревнования обратная: лучше других привлечь внимание хищника. Настоящая жертва прикидывается ядовитой и вводит хищника в заблуждение. Однако как вышеупомянутый ястреб, он может заблуждаться другим способом, и тогда пострадает тот, под кого маскировались. Поэтому ядовитым приходится спешить и становиться все ярче и ярче: так удается предотвратить роковую ошибку хищника. Безвредный же имитатор в реальной жизни всегда отстает, поскольку копирует старый образец.

«Ядовитое существо, становясь все более заметным, утверждает своего рода авторские права на облик. Чем-то эти действия напоминают поведение крупных компаний, защищающих имидж всеми силами, чтобы сделать свой бренд самым узнаваемым», — говорит руководитель работы доктор Дан Франк из Йоркского университета.

С.Анофелес



М.М.СЕВАСТЬЯНЧИКУ, Ижевск: Сульфатное мыло — побочный продукт сульфатной варки целлюлозы; хотя этот продукт принадлежит к числу поверхностно-активных веществ, он предназначен не для мытья.

А.Л.СЕМЕНОВУ, Ульяновск: Каломель — монохлорид ртути в форме порошка, еще в начале века применялся как слабительное, желчегонное и мочегонное средство, сейчас используется в составе мазей.

НЕИЗВЕСТНОМУ ЧИТАТЕЛЮ: Камень «цирконий», то есть фиацит (Zr, HfO_2), в домашних условиях трудно отличить от бриллианта; однако поскольку фиацит все же уступает ему в твердости, его ребра слегка завалены, а грани закруглены, и это отличие можно разглядеть с помощью лупы.

АННЕ КОВАЛЬЧУК, Санкт-Петербург: Легендарная птичка Тари, которая якобы чистит зубы нильскому крокодилу, — бегунок египетский *Pluvianus aegyptius*; но, похоже, процедуру чистки после Геродота не видел никто.

М.М.ИВАНОВОЙ, Москва: Антицеллюлитный крем может содержать активаторы бета-адренергических рецепторов (кофеин, теобромин), ингибиторы альфа-2-адренергических рецепторов (йохимбин) либо рецепторов «гормона аппетита» нейропептида Y; однако, насколько нам известно, научных публикаций об эффективных антицеллюлитных препаратах пока еще нет.

С.В.ШКУРЕНКО, Волгоград: Можно спорить о том, насколько вредны для глаз люминесцентные лампы дневного света, но ультрафиолетовая составляющая их спектра очень мала; гораздо хуже, что не все пользователи утилизируют старые лампы как положено, хотя они содержат ртуть.

В.К., Томск: К сожалению, мы не готовим материалов по патентам, а в рубрике «Пишут, что...» публикуются только цитаты из статей в научных журналах.

А.М., Новосибирск: Вы ошибаетесь, ни «След амбы», ни «Жизнь без свинопаса» в № 4 — не розыгрыши, а ссылки на научные публикации в обоих случаях подлинны; первоапрельскими шутками были совсем другие материалы.

Поверхностно-активные

Как много интересного можно прочитать на коробке обыкновенного стирального порошка, на флаконе жидкого мыла или шампуня! Пропустим красочную, в картинках инструкцию по применению, а также обещания чистоты и свежести выстиранного белья и обратим внимание на состав продукта. Если это стиральный порошок, то в длинном списке ингредиентов мы обязательно увидим коротенькое слово, написанное заглавными буквами, — ПАВ. Это общепринятое сокращение для поверхностно-активных веществ — большой группы органических соединений, относящихся к разным классам, которые способны понижать поверхностное натяжение воды. В роли ПАВ могут выступать жиры, сложные эфиры и соли жирных кислот, полисахариды и др. Есть у них и другое название — сурфактанты (от англ. surface active agent — поверхностно-активный агент). ПАВ — основа любого моющего средства, его «рабочая лошадка».

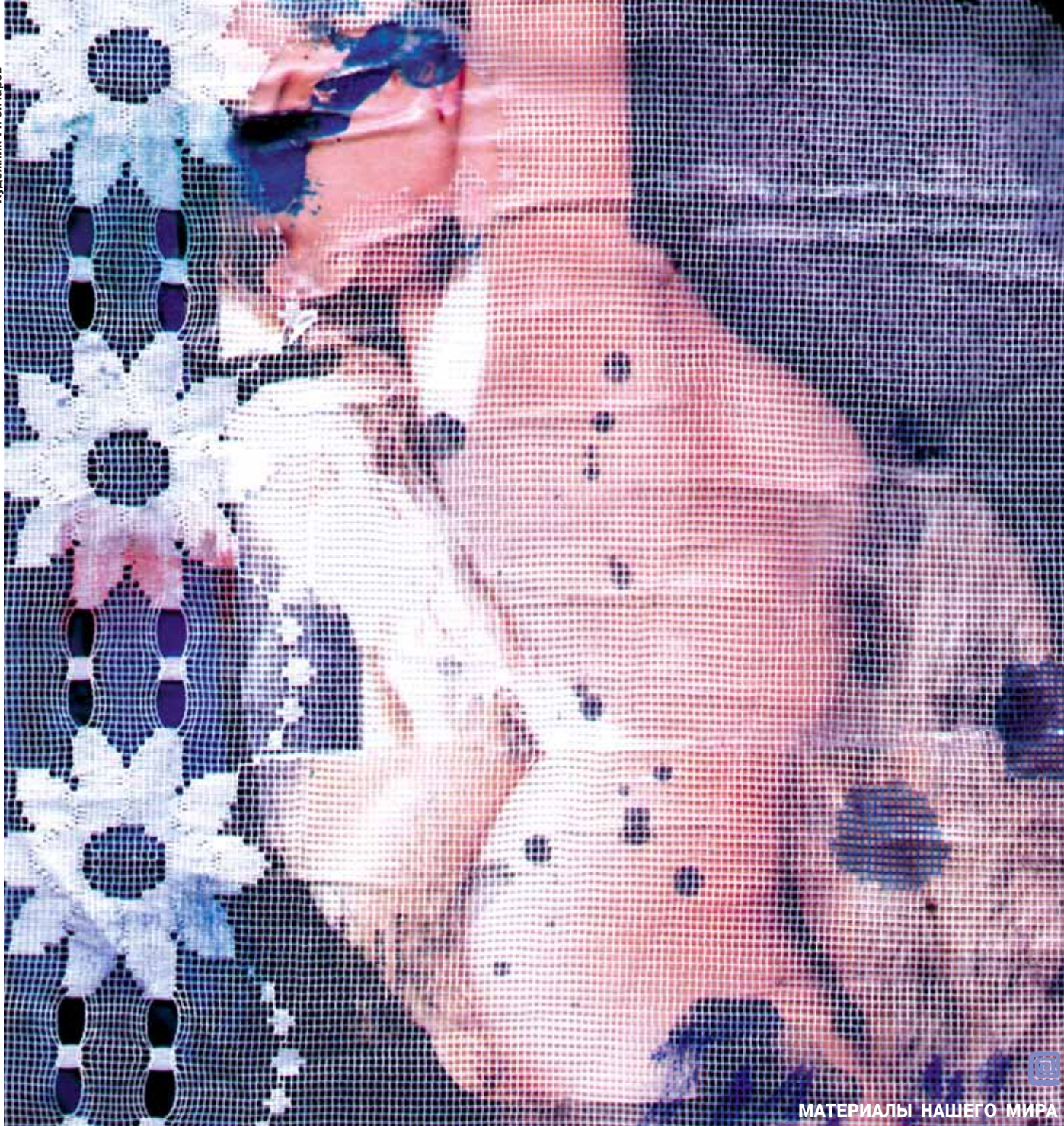
Нальем воду на загрязненную поверхность, например жирное пятно на ткани. Вода соберется в капельки, которые будут кататься по пятну, не смачивая его. Если же в воду добавить ПАВ (скажем, обыкновенное мыло), то раствор хорошо смочит загрязнение и смочит частички грязи. Но это еще не все. Те же ПАВ удержат грязь в растворе и не дадут ей снова осесть на ткань. Почему так происходит? Замечательные свойства ПАВ определяются строением их молекул. Молекула любого ПАВ состоит из двух частей: гидрофильной («любящей воду») и гидрофобной («боящейся воды»). Такие молекулы всегда располагаются на границе раздела двух фаз (например, воды и масла) таким образом, что гидрофильная часть молекулы направлена к воде, а гидрофобная — ко второй фазе системы, маслу. В результате значительно уменьшается поверхностное натяжение воды, ее поверхность как бы дробится, и она свободно проникает в жировое пятно.

А что будет, если мы увеличим концентрацию ПАВ и молекул станет так много, что им не хватит «места под солнцем», то есть на поверхности раздела? Вот тут начинаются настоящие чудеса. Молекулы ПАВ сами создают границу раздела: они собираются в компактные группы-ядра так, что гидрофильная часть «смотрит» в воду, а гидрофобная оказывается внутри ядра и не контактирует с водой. Такое ядро похоже на стадо оленей при нападении хищников: олени выстраиваются по окружности, выставив острые рога, а внутри круга прячутся детеныши и самки. Рога оленей — гидрофильная часть молекулы, а хвосты — гидрофобная. Такие ядра из сотен и более молекул ПАВ называются агрегатами, или мицеллами.

Вернемся к жирному пятну на ткани. Гидрофобный кончик молекулы ПАВ пристраивается к частицам жира, отрывает их от поверхности, и вскоре они, облепленные со всех сторон молекулами ПАВ, в виде мицелл расплываются в разные стороны. Загрязнение остается в растворе. Вот так работают ПАВ в моющих средствах — мыле, порошках, шампунях, автокосметике, жидкостях для мытья посуды, зубных пастах.

«Да здравствует мыло душистое!» — мы с детства помним эти веселые стихи Чуковского. Но мыло не всегда было душистым. Долгие века его варили из отходов переработки животных жиров. В 1843 году в Германии впервые было изготовлено мыло из белого сала с новым ингредиентом — кокосовым маслом. Новый продукт был принят не сразу. Мыло не имело отвратительного запаха прогорклого жира, а значит, думали люди, плохо стирало. С тех пор и по сей день классическое туалетное мыло — это натриевая соль жирных кислот кокосового масла и говяжьего жира в соотношении 1:4.

Сейчас в косметических целях широко используются жидкие мыла и шампуни, имеющие много преимуществ перед обычным мылом. Как шутят ученые, у них только один недостаток: длинные названия. Их основа — оксиэтилированные лаурилсульфаты натрия или магния, продукты переработки пальмоядрового масла, которое наполовину состо-



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

ит из лауриновой кислоты. Такие ПАВ, получаемые из растительного сырья — оливкового, пальмового, рапсового масел — с минимальной химической переработкой, производители относят к натуральным продуктам. Они отличаются мягкостью, не вызывают раздражений, поэтому их применяют для очищения чувствительной кожи лица и в косметике для детей.

Но ПАВ не только моют и стирают. Они используются в нефтегазодобывающей промышленности, в производстве минеральных удобрений. Есть пищевые ПАВ: с ними хлеб долго не черствеет, макароны не склеиваются, маргарин становится пластичным и маложирным. Смягчители и ан-

тистатки для тканей, консерванты древесины, составы для обработки кожи и мехов — все это тоже ПАВ.

Отсюда вопрос: что делать со стоками промышленных и бытовых вод, содержащими ПАВ в огромных количествах? Попадая в водоемы, они наносят ущерб природе, так как большинство этих соединений практически не разлагается. Западная Европа до сих пор помнит шапку пены, которая «украшала» воды Рейна в конце 60-х годов XX века. Современные способы очистки сточных вод дороги и малоэффективны, если учесть, с какой скоростью растет рынок ПАВ: сейчас их мировое потребление только в составе кос-

метических продуктов превышает 3,5 кг на человека в год.

Нельзя ли создать такие ПАВ, которые сами разлагались бы после использования? Эта идея оказалась перспективной, и сейчас в России и за рубежом разрабатывают новые виды ПАВ, получившие название биоПАВ. При попадании в водоемы они быстро распадаются на исходные нетоксичные составляющие. Есть и другой способ решения проблемы: очистка сточных вод микробиологическим путем. Уже получены штаммы бактерий, поглощающие некоторые виды ПАВ.

М. Демина



ufi
Approved
Event



ТПП РФ



www.chemistry-expo.ru

**15-я международная выставка
химической промышленности и науки**

Х И М И Я

28 сентября – 2 октября 2009

**ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,
Россия, Москва**

Организатор:

ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

При содействии:

ЗАО «Росхимнефть»

Официальная поддержка:

- Российский Союз химиков
- Правительство Москвы

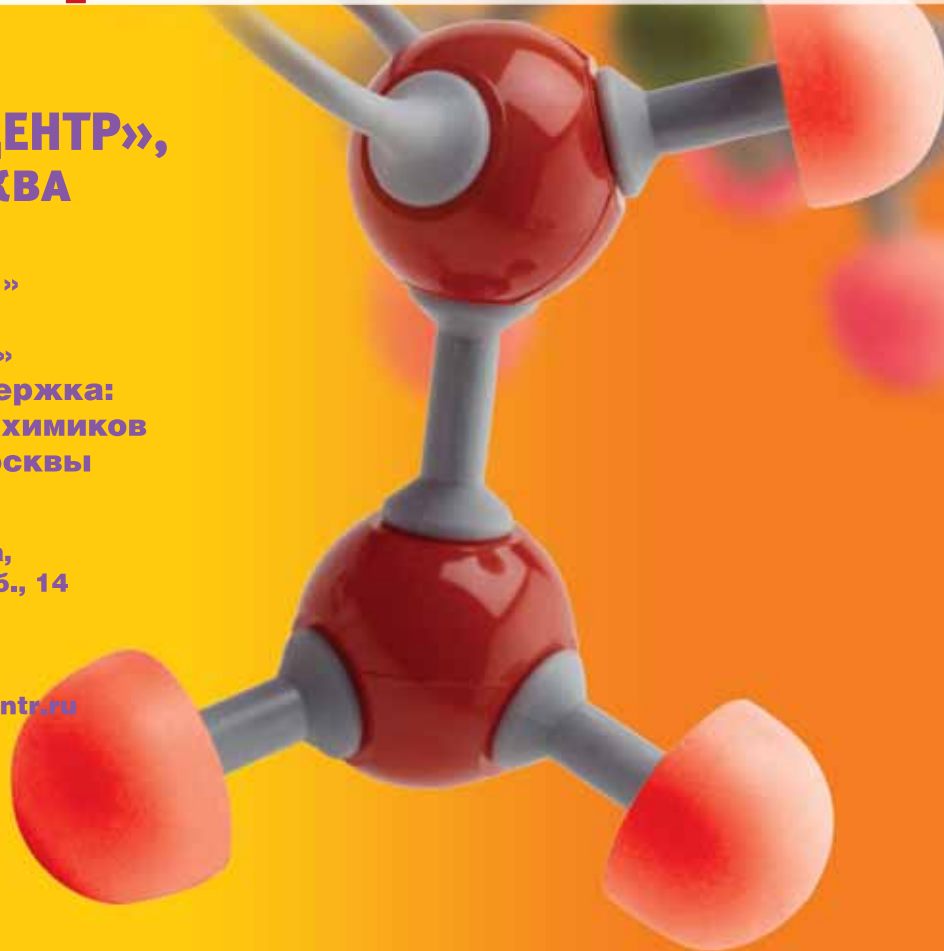
ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

**123100, Россия, Москва,
Краснопресненская наб., 14**

**Тел.: (499) 795-37-94,
(499) 795-37-38**

Факс: (495) 609-41-68

**E-mail: chemica@expocentr.ru
www.expocentr.ru**



Организатор:



ЭКСПОЦЕНТР

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА



ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >