



К

2010

ПНЗИЖ И ВИШИХ







Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ □ 77-8479

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 29.01.2009

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

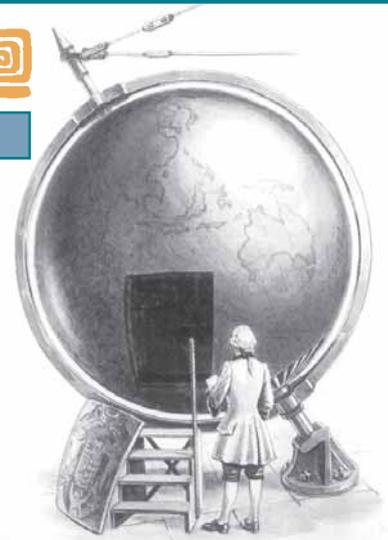
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Бена Госса. Гуляйте больше
и дольше. Тогда духота не повредит
вашему здоровью. Читайте об этом
в статье «Кто ответит за духоту
в помещении»

*Если ты что-то
записал в компьютерной
памяти, запомни,
где ты это записал.*

Лео Бейзер

Содержание

Роснаука			
РАДОН ПОДАЕТ СИГНАЛ	2		
ЧТО ДЕЛАТЬ С КЕДРОМ?	2		
ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК	3		
Проблемы и методы науки			
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ. Е.Клещенко	4		
Проблемы и методы науки			
СВЯТОЙ ГРААЛЬ БИОФИЗИКИ. М.А.Шкроб	8		
Мифы нашего времени			
ВИТАМИНЫ: СНОВА ЗДОРОВО! М.Литвинов	14		
Здоровье			
СТРЕСС С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИОЛОГИИ. В.Благутина	18		
Здоровье			
КТО ОТВЕТИТ ЗА ДУХОТУ В ПОМЕЩЕНИИ. И.В.Гурина	22		
Проблемы и методы науки			
НЕВИДИМАЯ РЕВОЛЮЦИЯ. Кристиан Жоакин, Лоранс Плеввер	26		
Вещи и вещества			
КАРБО-АЛМАЗ И КАРБО-ГРАФИТ. М.Ю.Корнилов	34		
А почему бы и нет?			
ГРЕЧЕСКИЙ ОГОНЬ БЕЗ СЕЛИТРЫ. М.Ю.Тарасов	37		
Архив			
О СЕЛИТРЕ, ПОРОХЕ И ОГНЕ. М.Сухаревский	38		
Химики — нобелевские лауреаты			
ВАЛЬТЕР НЕРНСТ И ФРИЦ ГАБЕР: ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЕЙ. А.С.Садовский	40		
Страницы истории			
МЕДИЦИНСКАЯ ГЕНЕТИКА В РОССИИ. А.М.Полищук	44		
Наша книжная полка			
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ КУЛЬТУРЫ. Е.Лясота	50		
Расследование			
О ЧЕМ МОГ ПРОЧИТАТЬ ПЕТРУШКА В УЧЕБНИКЕ ХИМИИ. И.А.Леенсон	52		
Фантастика			
СТАЯ ДИКИХ ЛЕОПАРДОВ. Н. Новоселова	56		
Что мы едим			
ПШЕНИЧНЫЕ КРУПЫ. Н.Ручкина	54		
Материалы нашего мира			
КЕРАМИКА: ОТ ТЕРРАКОТЫ ДО ФАЯНСА. М.Демина	64		
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	12	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	17	ПИШУТ, ЧТО...	62
ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ	32	ПЕРЕПИСКА	64
ИНФОРМАЦИЯ	36, 49		



РАДОН ПОДАЕТ СИГНАЛ

Газ радон непрерывно сочится из земли из-за радиоактивного распада уран-содержащих пород (гранитов, гипералкалийных риолитов, океанических толетовых базальтов). На скорость его диффузии влияет много факторов, главный из которых — наличие трещин в горных породах. Если происходит сжатие геологических пород, а так и случается в эпицентре землетрясений, то трещины уменьшаются и выход газа на поверхность замедляется. Если же происходит растяжение земной тверди, что и наблюдают исследователи на периферии региона землетрясения, то трещины увеличиваются и радон с легкостью покидает землю.

При кажущейся простоте логической схемы создать систему детекции радона для надежного предсказания землетрясений непросто — для интерпретации измерений нужна корректная модель геологической среды и диффузии радона. Такую модель построили исследователи В.И.Уткин и А.К.Юрков из Института геофизики Уральского отделения РАН (Екатеринбург). Свои представления о поведении радона перед горными ударами авторы использовали при интерпретации результатов уникального эксперимента Геологической службы США, которая несколько лет следила за концентрацией почвенного радона с помощью трековых детекторов, установленных в наблюдательных скважинах вдоль разлома Сан-Андреас, а также при анализе сейсмических событий на Северном Тянь-Шане.

Исследователи рассматривали динамику радона перед землетрясениями 25 апреля 1979 года с магнитудой $M=4,4$ и 5 августа 1979 года с $M=5,9$. Оказалось, что за 90—100 дней перед землетрясениями во всех точках, расположенных близко к эпицентру, концентрация радона снижалась, а в дальней зоне увеличивалась.

Исследователи оптимистически оценивают перспективы использования пространственно-временного мониторинга радона для предсказания землетрясений. Однако они отмечают, что пункты регистрации радона необходимо выбирать, исходя из анализа геологического строения района и тектонической ситуации, потому что параметры предвестниковых аномалий сильно за-

висят от механических свойств горных пород. Работа выполнена при поддержке МНТЦ и Программы Президиума РАН «Изменения окружающей среды и климата. Направление 1: Сейсмические процессы и катастрофы».

ЧТО ДЕЛАТЬ С КЕДРОМ?

Иной раз законодательная забота о природных ресурсах нашей страны оборачивается вредом, поскольку не учитывает всех факторов. Именно поэтому законодатели должны опираться на мнения специалистов, которые могут дать ценные подсказки. Вот пример — ценнейший ресурс под названием «сибирский кедр».

В пределах Сибирского федерального округа кедровые леса занимают 28,9 млн. га, что составляет 11,4% площади региона, покрытой лесом, и 78% всех насаждений кедра сибирского в России. Запасы кедровой древесины достигают 5795 млн. m^3 , или 18,7% общих запасов и 22,5% запасов хвойных лесов округа. Начиная с 1989 года, вырубку в кедровых лесах запрещена. В результате из хозяйственного освоения фактически выведена пятая часть лесных ресурсов региона. Кедровые древостои разрушаются и становятся непригодными для промышленного освоения, государство ежегодно теряет миллионы кубометров ценной древесины и несет огромные убытки.

Основной аргумент для запрещения рубок в кедровых лесах связан с кедровыми орешками: стоимость возможного сбора кедровых орехов якобы значительно превышает стоимость древесины. На что ученые справедливо возражают, что кедровые насаждения в разном возрасте и в различных условиях плодоносят по-разному. На дренированных почвах кедровые древостои в возрасте 160—280 лет дают 2—3 промышленных урожая орехов (более 50 кг/га) в течение 10 лет. По достижении 280-летнего возраста плодоношение заметно снижается, а в возрасте более 300 лет кедр обычно сменяется елью или пихтой. На переувлажненных грунтах кедровники плодоносят слабо и не дают промышленных урожаев ореха.

Чтобы разрешить это противоречие, в 2000 году Томский филиал Института леса СО РАН, ныне Отделение экологических исследований ИМКЭС СО РАН,

при активной поддержке администрации Томской области разработал «Временные правила рубок в кедровых лесах Томской области». Правила рассмотрены Федеральной службой лесного хозяйства России, согласованы с Государственным Комитетом по экологии и охране природных ресурсов и утверждены в качестве регионального нормативного документа. В 2001—2005 гг. они прошли опытно-производственную апробацию и внедрены на лесозаготовительных предприятиях Томской области.

Временные правила основаны на результатах многолетних исследований Института экологии природных комплексов и Томского филиала Института леса СО РАН. Согласно этому документу рубку назначают перестойные разрушающиеся кедровники, а также насаждения, утратившие способность активно плодоносить и давать в урожайные годы менее 30 кг ореха с гектара. Для этого исследователи разработали методику, по которой в лесных хозяйствах комплексно оценивают каждое дерево и принимают решение. В первую очередь обращают внимание на урожайность, оцениваемую по трехбалльной шкале: если плодоношение меньше 1,5 балла, то дерево назначается в рубку. Учитывается также возраст, пораженность напелной гнилью и другими вредителями, а также место произрастания.

Исследования и опыт применения «Временных правил...» в течение нескольких лет говорит о том, что предложенная схема работает и на пользу кедра, и на пользу общества. Рубки в эксплуатационных лесах назначают в насаждениях старше 245 лет, в орехопромысловых зонах — с 285 лет. При сплошных рубках на лесосеке предлагается сохранять деревья кедра диаметром до 28 см, пихты и ели



— до 16 см. Количество таких деревьев обычно не превышает 20—30 шт./га, в том числе кедров 5—15 шт./га.

Разработчики уверены, что «совершенствование и внедрение «Правил рубок в кедровых лесах Сибири» позволит только в пределах Сибирского федерального округа вовлечь в эксплуатацию на освоенных транспортом территориях 13—14 млн. га кедровых лесов, дополнительно освоить 2,5—2,8 млрд. м³ лесных ресурсов и ежегодно получать 120—150 млн. м³ кедровой древесины». А кедру от этого будет только вольготнее.

ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Болеют не только пациенты, но и медицинские работники. А в России их целая армия — почти 700 тысяч врачей и более полутора миллионов представителей среднего медицинского персонала. Болезням, в том числе раку, не очень-то и важно, кто его жертва — портной, учитель или онколог. Тем не менее некие профессиональные риски все-таки существуют. И применительно к онкологам это вполне логично. Ведь немалая доля научных и медицинских работников, занятых исследованием и лечением онкологических больных, подвергаются воздействию вредных профессиональных факторов: ионизирующего и неионизирующего излучения, химиотерапевтических препаратов и других канцерогенных веществ.

Российский онкологический научный центр им. Н.Н.Блохина РАМН (РОНЦ) — ведущее в России научно-исследовательское и лечебное учреждение, в котором разрабатывают фундаментальные и прикладные аспекты канцерогенеза, синтезируют и изучают противоопухолевые препараты, оказывают все виды онкологической помощи. Поэтому РОНЦ представляется хорошим объектом для исследования онкологического риска его работников.

Идея такого исследования пришла доктору биологических наук Л.Г.Соленовой, ведущему научному сотруднику НИИ клинической онкологии РОНЦ, в 2002 году, когда в Центре была проведена паспортизация РОНЦ как канцерогеноопасной организации. Она показала, что из 2915 работавших в то время сотрудников у 757 (26%) имелся производственный контакт с химическими канцерогенными веществами, внесенными в «Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека». Такое соотношение сотрудников позволило провести эпидемиологическое исследование

онкологического риска методом «случай — контроль» в коллективе работников РОНЦ.

Возрастное распределение заболевших мужчин и женщин заметно различалось: на момент постановки диагноза старше 60 лет были 63% мужчин и 34% женщин. У мужчин наибольшее число случаев пришлось на опухоли желудка (20%), толстой кишки (20%) и предстательной железы (14%); у женщин — на опухоли молочной железы (33%), шейки и тела матки, яичников (в сумме 25%). При анализе собранного материала автор выявила профессиональные группы работников, наиболее многочисленные и специфические по характеру работы и производственных воздействий.

У хирургов, анестезиологов и реаниматологов ведущий вредный профессиональный фактор — нервно-эмоциональное напряжение в комплексе с действием анестетиков и дезинфицирующих веществ. Персонал рентгенологических и радиологических подразделений работает с источниками ионизирующего излучения. Большую группу составляют сотрудники, имеющие производственный контакт с химиопрепаратами. Сотрудники научно-исследовательских подразделений помимо химиопрепаратов работают с канцерогенными веществами: бензолом, канцерогенными полициклическими углеводородами, N-нитрозаминами и пр. В отдельную группу были выделены работники, которые занимаются обработкой и окраской гистологических материалов и подвергаются воздействию канцерогенных красителей и формальдегида.

Современная медицина немыслима без ультразвукового исследования (УЗИ). Выделенные в особую группу врачи, проводящие УЗИ, находятся под воздействием неионизирующего излучения. Однако однозначных данных о его влиянии на организм нет. Работники аптеки в той или иной степени соприкасаются со всеми лекарственными препаратами, применяемыми для лечения онкологических больных, включая канцерогенные химиопрепараты. Работники вивария имеют прямой контакт с экспериментальными животными, на которых изучают действие различных канцерогенных факторов. Еще одна группа работников, которая эпизодически может подвергаться воздействию широкого спектра химических соединений, включая канцерогенные, — это работники, ремонтирующие вентиляционное оборудование.

В результате исследования выяснилось, что у операционного персонала, представленного мужчинами, общий онкологический риск повышен в 3,4 раза, у

женщин-врачей из этой группы риска — в 3,1. У женщин во всех остальных группах, перечисленных выше (за исключением группы, работающей с источниками ионизирующего излучения) увеличения риска нет. Если же оценить общий риск для мужчин и женщин по всем группам, то он выше в 1,6 раза. Для среднего медицинского персонала повышение общего онкологического риска не выявлено.

Итак, впервые в России исследован и оценен онкологический риск у работников клинических и экспериментальных подразделений онкологического профиля. Общий риск в этой группе повышен по сравнению с контролем, причем у врачей в большей степени. И тому есть объяснение. Как пишет Л.Г.Соленова, контакт с химическими препаратами и воздействие различных излучений усугубляется постоянным профессиональным стрессом. Он обусловлен «физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, необходимостью принимать срочные решения, грузом ответственности и пр. Все это ведет к образу жизни, при котором среди способов психологической и физической релаксации нередко преобладают те, которые сопряжены с факторами онкологического риска: курение, употребление алкоголя, недостаток физической активности и пр. Эти факторы в комплексе с несбалансированным питанием могут повышать риск развития рака толстой кишки. Следует добавить, что эмоциональный стресс может модифицировать мутагенные эффекты от воздействия ксенобиотиков у человека, усиливая их, а степень и спектр генетических повреждений, в частности, в лимфоцитах периферической крови коррелируют с выраженностью стресса. Неадаптивный уровень стресса ведет к нестабильности генома и его повышенной чувствительности к действию мутагенов, а следовательно, и генотоксичных канцерогенов».

Автор также предупреждает, что «повышенный онкологический риск у сотрудников РОНЦ, имеющих производственный контакт с канцерогенными факторами, следует трактовать с осторожностью, так как по ряду причин (смерть, увольнение и пр.) не могла быть собрана информация о таких факторах, как вредные привычки, характер питания, репродуктивное поведение лиц, вошедших в исследование». Полученные данные могут служить основанием для дальнейших исследований и накопления материала.



Молекулярные машины

Е. Клещенко

Организм и механизм

Миновало полвека со дня знаменитой лекции Ричарда Фейнмана «Внизу полным-полно места» (1959), и за это время было сделано многое. От теоретических построений, которые не слишком интересовали даже писателем-фантастом ввиду избытка фантастичности, — до регулярных сообщений в новостных лентах о создании наноколесика, нанокронштейна, нанопроволоки... Но вот что интересно: природа миллионы лет создает наноразмерные молекулярные машины, которые своей незаметной работой обеспечивают функционирование живых клеток и организмов. И среди этих машин очень редко встречаются аналогии макромеханизмов.

Жгутик бактерии или сперматозоида еще можно уподобить корабельному винту, однако митохондрия, снабжающая его энергией, не похожа ни на двигатель внутреннего сгорания, ни на электромотор, ни на электростанцию или установку по переработке нефти. Цитоплазма клетки пронизана белковыми «тросами», но в ней нет блоков и лебедок, направляющих и перемещающих эти тросы. (Не будем здесь описывать механизм, с помощью которого микротрубочки во время деления растаскивают парные хромосомы к полюсам клетки, скажем только, что обитателей макромира он надолго озадачивает.) В клетке можно найти рычаги — вытянутые участки белков, изменяющие угол наклона относительно неподвижной части и совершающие работу. Но эти рычажки сравнительно невелики — они не перемещают крупные объекты. Мышечное сокращение на субклеточном уровне, например, больше похоже на речную зубчатую передачу, если бы рейку двигателя не шестеренка, а ряд шевелящихся рычажков.

Почему природа мало использует решения, типичные для человеческой техники? Принципиального запрета тут нет, возьмем хотя бы хорошо известный пример с аккомодацией глаза. У нас с вами при фокусировке меняется кривизна хрусталика, а осьминоги, когда присматриваются к чему-то интересному, применяют тот же принцип, что в фотоаппарате: в их глазу изменяется расстояние

от хрусталика до сетчатки. Но, скажем, идея колеса, блестяще доказавшая свою перспективность в истории техники, в конструировании земных биообъектов практически не используется. Кольца, нанизанные на оси, есть в базальном теле (то есть «моторе») бактериального жгутика, у ферментов, локализованных в мембране, таких, как АТФазы и АТФ-синтазы, есть вращающиеся части, и это едва ли не единственные примеры.

На макроуровне некоторые ограничивающие факторы очевидны: машины собираются из отдельных деталей, не меняющихся со временем, если не считать износа, а растение или животное растет как единое целое из одной клетки. На микроуровне, казалось бы, это ограничение работать не должно. Молекулярные машины, как и макромашины, сделанные людьми, собираются из стандартных деталей — все молекулы одного и того же белка одинаковы между собой. Однако появляются другие ограничения, о которых полезно помнить, когда мы пытаемся перенести инженерные наработки макромира в микромир. Во-первых, масса молекул и их структурных блоков очень мала, и отсюда следует практическое отсутствие инерционности: в молекулярной машине невозможно сохранить количество движения на времена, превышающие долю наносекунды. О трансмиссиях, маховиках, маятниках, о любом движении по инерции придется забыть. Клетка не может эффективно использовать инерцию или силу тяжести не только из-за малых размеров машин и их деталей, но и потому, что действие происходит в достаточно концентрированном растворе.

Во-вторых, материалы, которыми пользуется природа, прежде всего белки и нуклеиновые кислоты, значительно более мягкие и гибкие, чем железо, дерево и пластики. А это не способствует точным перемещениям объектов на большие расстояния — аналог подъемного крана или шлагбаума мы в клетке вряд ли найдем, такие устройства трудно изготовить из диванных подушек. Это же мешает эффективной передаче силы от двигателя к движителю, то есть от мотора к винту или колесу. (Техногенные нанообъекты, сделанные из неорганических материалов, вероятно, будут состо-

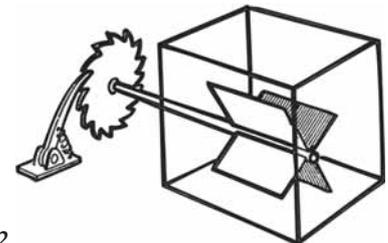


1

«Демон Максвелла — важный элемент мысленного эксперимента крупного английского физика Максвелла. Предназначался для нападения на второй принцип термодинамики... Работа демона состоит в том, чтобы выпускать из одной половины сосуда в другую быстрые молекулы и закрывать отверстие перед носом медленных. Идеальный демон способен таким образом без затраты труда создать очень высокую температуру в одной половине сосуда и очень низкую — в другой, осуществляя вечный двигатель второго рода». (А. и Б. Стругацкие, «Понедельник начинается в субботу»). Единственная проблема в том, чтобы найти идеального демона, которого не надо кормить, или идеальную дверку для отверстия, которая открывалась бы без расхода энергии

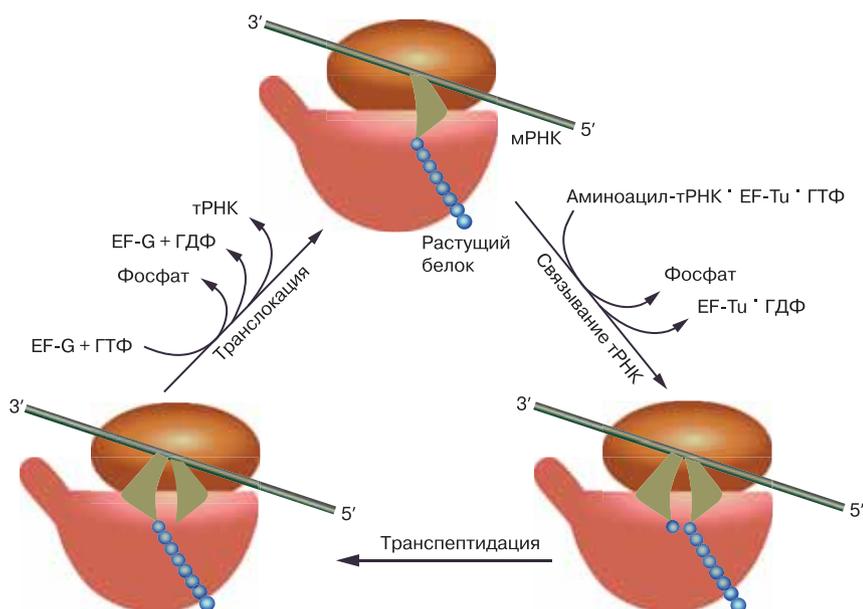
бодны от таких ограничений.) В клетке нет сложных устройств, подобных часовому механизму (есть не менее сложные, но принципиально иные), и вместо механической энергии клетка предпочитает использовать энергию, запасенную в виде химических связей, или разность ионных потенциалов. А что же тепловая энергия? С ней все непросто.

В-третьих, на работу молекулярных машин оказывает прямое влияние фактор, о котором в макромире задумываются нечасто, хотя он тесно связан как раз с тепловой энергией: броуновское движение в растворе вокруг машины и ее собственные конформационные флуктуации. Аналогию с макромиром тут даже трудно подобрать: устройство, которое должно работать, когда его со всех сторон бомбардируют камешки и его собственные шарниры помимо нужных перемещений все время двигаются случайным образом...



2

Храповик и собачка, или «демон Фейнмана». Молекулы в сосуде с газом движутся хаотически и толкают лопасти в обе стороны, но собачка разрешает зубчатому колесу поворачиваться только по часовой стрелке. Будет ли оно вращаться без притока энергии извне?



3
Рабочий цикл рибосомы. В XXI веке каждый культурный человек должен знать, как происходит рост белковой цепочки — элонгация. Специальный белок — фактор элонгации EF-Tu приносит в рибосому аминоацил-тРНК. В большой субъединице происходит реакция транспептидации — растущий белок пересаживается на новую аминоацил-тРНК и при этом удлиняется на один аминокислотный остаток. Свободная тРНК покидает рибосому, новая занимает ее место, и в то же время матричная РНК сдвигается на три нуклеотида — это называется «транслокация»

Но все эти ограничения, которые здравомыслящему инженеру показались бы издевательством, не помешали природе справиться с задачей. В клетке успешно работают весьма сложные машины — по определению академика РАН А.С. Спирина, «молекулярные устройства, или макромолекулярные комплексы, способные трансформировать химическую или электрохимическую энергию в направленное молекулярное движение». Насосы в мембране клетки избирательно закачивают внутрь молекулы питательных веществ или регулируют ионный баланс, тонкие канаты тянут пузырек с продуктами внутриклеточного пищеварения к поверхности клетки, чтобы выбросить наружу ее содержимое. А рибосома — главная «героиня» Нобелевской премии по медицине прошлого года, универсальная машина белкового синтеза?

Эта частица собрана из белков и трех молекул рибосомной РНК. Она протягивает через себя длинную ленту матричной РНК (мРНК), при этом поочередно принимает в свои активные центры небольшие молекулы транспортной РНК, несущие аминокислотные остатки, соединяет эти остатки по порядку, «указанному» в мРНК, создавая тем самым молекулу белка. Одна и та же рибосома может синтезировать любой белок, нужный клетке, были бы матрицы и компоненты, необходимые для реакции. Рибосома может присоединять к белку 10—15 новых аминокислотных остатков в секунду, а вероятность ошибки не превышает единиц на десятки тысяч.

На примере рибосомы рассмотрим подробнее работу молекулярных машин.

Храповик и собачка

О роли, которую может сыграть броуновское движение в работе механизма, рассказал опять-таки Ричард Фейнман. Он придумал устройство под названием «храповик и собачка», которое стало не менее знаменитым, чем демон Максвелла (рис. 1). Речь там шла не о покорении наномира (хотя устройство, циклы работы которого зависят от ударов единичных молекул, скорее всего, должно быть очень небольшим), а о термодинамике и о том, откуда в мире возникла необратимость. Вот фрагмент из книги Фейнмана «Характер физических законов» (цитируется по «Библиотечке «Кванта»):

«Представьте себе, что мы сделали какое-то устройство, которое, как нам известно, может работать лишь в одном направлении. Я, например, хочу сделать храповое колесо, т. е. зубчатое колесо, у которого ведущая фромка всех зубцов обрывается очень круто, а задняя полого сходит на нет. Колесо насажено на вал, и к нему пружиной прижимается маленькая защелка (собачка), сидящая на своей собственной оси (рис. 2). Такое колесо может крутиться лишь в одну сторону. Если попытаться повернуть его обратно, собачка упрется в прямой срез зубца и не пустит его. При повороте же колеса в прямом направлении она с треском перескакивает с зубца на зубец — трак, трак, трак...

Так вот, предполагалось, что при помощи такого необратимого механизма... можно сделать одно очень полезное и интересное устройство. Как вам уже известно, в природе непрерывно происходит вечное хаотическое движение моле-

кул, и, если построить какой-нибудь очень чувствительный прибор, его стрелка будет постоянно дрожать, так как она все время находится под хаотическим обстрелом соседних молекул воздуха. Давайте же воспользуемся этим и посадим на вал нашего механизма четыре лопасти.

Лопасты находятся в сосуде с газом и непрерывно и хаотически обстреливаются его молекулами, толкающими лопасти то в одну, то в другую сторону. Но когда лопасти пытаются повернуться в одну сторону, им не дает это сделать собачка, а когда они пытаются повернуться в другую, этому ничто не мешает, так что наше колесо будет постоянно вращаться, и у нас получится что-то вроде вечного двигателя. И все потому, что движение храповика необратимо».

Однако Фейнман тут же сам объясняет, что вечного двигателя не выйдет. Собачка, соскакивая с зубца, ударяется о следующую. Если она абсолютно упруга, то подскочит снова на высоту зубца, и в этот момент ничто не помешает храповику повернуться в обратную сторону. Если же она отскочит не до самого верха или не отскочит вообще, значит, имеет место трение, которое разогреет колесо в конечном счете до такой степени, что собачка начнет подсакивать самопроизвольно, и это позволит храповику вертеться в обоих направлениях.

Фейнман подробно рассматривает разные ситуации, связанные с этим гипотетическим устройством, и затем переходит к интересным выводам, касающимся природы необратимости физических процессов и ее роли в мироустройстве. Однако нам пора вернуться к молекулярным машинам живой клетки. К счастью, они-то не обязаны быть вечными двигателями: энергией их снабжают молекулы АТФ и ГТФ. А направленно проворачивать лопасти механизма за счет хаотического движения молекул — неплохая идея, и природа ее действительно использовала.

Бусина на нитке

В предлагаемых ниже рассуждениях нет ничего особенно экстравагантного. В терминах фейнмановских храповика и

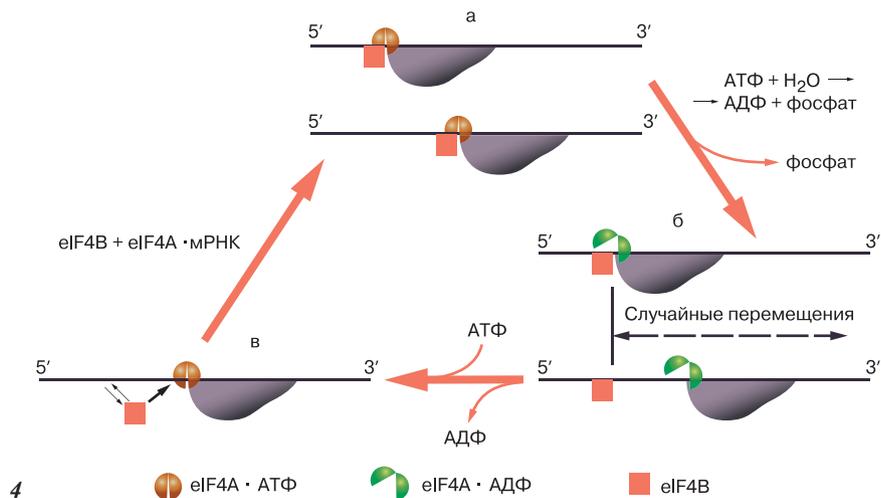
собачки сейчас объясняют перемещение РНК-полимеразы — фермента, который синтезирует РНК, по матрице ДНК, передвижение головок миозина по фибриллам актина (взаимодействие этих двух белков обеспечивает мышечное сокращение), перемещение частиц по внутриклеточному скелету. Естественно, что эта идея была применена и к рибосоме, выполняющей куда более сложные и разнообразные операции. Мы попросили рассказать об этом подробнее А.С. Спирина.

Для начала коротко напомним, как работает рибосома (рис. 3). В каждом цикле, во-первых, растущая пептидная цепь удлиняется на один аминокислотный остаток, во-вторых, расходятся две молекулы ГТФ — от них отщепляются фосфатные группы. Очередная транспортная РНК, несущая аминокислоту (она же аминоацил-тРНК), входит в канал между двумя субъединицами, а свободная тРНК покидает рибосому. Кроме того, мРНК сдвигается в рибосоме на три нуклеотида от 5'-конца к 3'-концу (то есть от «головы» к «хвосту» гена).

Реакцию транспептидации, то есть перенос растущей белковой цепочки на новую аминоацил-тРНК, осуществляет большая субъединица рибосомы. За взаимодействие с мРНК и за правильное распознавание ее кодонов антикодонами тРНК отвечает малая субъединица. У высших организмов, эукариот, она должна связаться с 5'-концом РНК и ползти по ней, пока не найдет иницирующий кодон (AUG, которому соответствует аминокислота метионин) — с него начнется синтез белка. Биохимики давно пытаются разобраться, как именно малая субъединица ползает по РНК. Известны белки — так называемые факторы инициации, которые помогают ей в пути, известно, что для продвижения требуется АТФ. Но до сих пор в этой конструкции не удалось найти ничего, что толкало бы малую субъединицу, или подтягивало ее вперед, или производило еще какие-нибудь механические действия. Модель, предложенная А.С. Спириным, также не содержит подобных элементов.

— Движение молекулярных машин, состоящих из белков и нуклеиновых кислот, генерируется беспорядочным броуновским движением, — рассказывает Александр Сергеевич. — Нет смысла их тянуть или тащить — они сами по себе чересчур подвижны, поразительно, что они вообще работают. Надо, наоборот, сдерживать ненужные движения машины, не препятствуя ей двигаться в нужную сторону. Так хаотический процесс приобретает направленность.

Движения нашей машины ограничены уже тем, что она привязана к РНК: бусинка, надетая на нитку, может двигаться только вдоль нее, вперед или назад. Остается сделать так, чтобы субъединица могла ползти только вперед, от 5'- к 3'-



4 Малая субъединица рибосомы ползет по некодирующему участку РНК. Вначале оба белковых фактора связаны друг с другом и с РНК, субъединица неподвижна (а). Затем фактор eIF4A расщепляет АТФ и «раскрывается» — субъединица больше не прикреплена к фактору eIF4B и свободно скользит по РНК под действием броуновского движения (б).

После того как она продвинулась вперед, eIF4A связывает новую молекулу АТФ, eIF4B фиксирует субъединицу в новой точке, и цикл замыкается (в).

Из статьи А.С. Спирина в журнале «Biochemistry» (2009, т.48, с. 10688—10692)

концу. Снабдить бусинку ступором с пружинкой, примерно таким, как на шнурке, продетом в капюшон спортивной куртки, — только чтобы бусинка сама ползла по шнурку, затягивая капюшон без помощи человека.

А если искать в ползущей рибосомной субъединице не винты и рычаги, а ступор? Факторы инициации хорошо изучены, их свойства известны, хотя и не всегда понятно, зачем они нужны. В частности, на заднем конце субъединицы трудятся два белка (рис. 4). Давно показано, что они взаимодействуют друг с другом и что как раз для этого необходима АТФ. Один из них (eIF4A, где eIF означает «эукариотический фактор инициации»), постоянно присоединенный к «хвосту» субъединицы, способен связывать и расщеплять АТФ и при этом существует в двух конформациях. Отщепляя фосфат от АТФ, он раскрывается и теряет сродство с РНК, когда же на него садится новая молекула АТФ, он смыкается и снова прилипает к РНК (а вместе с ним, очевидно, и вся субъединица). Второй фактор, eIF4B, тоже взаимодействует с РНК, но не сидит на субъединице постоянно — зато имеет сродство к сомкнутой форме первого фактора.

Отсюда вырисовывается ясная картина, в которой два белковых фактора взаимодействуют так же, как зубец храповика с собачкой. Фактор eIF4A, расщепляя одну молекулу АТФ за другой, обеспечивает «пульсацию пружины»: бусина-субъединица то свободно скользит по нитке в любую сторону, то застревает. Но это ничего бы не дало, если бы не второй фактор, eIF4B. Как только субъединица застряла, он присоединяется к eIF4A и играет роль кирпича, поставленного под колесо: назад машина уже не сдвинется. Даже когда АТФ будет расщеплена и субъединица «снимется с

тормоза», она проскочит только вперед. А затем на молекулу eIF4A сядет новая молекула АТФ, белок «сомкнется», и тут же к нему снова подойдет вплотную «кирпич». Вот поэтому субъединица делает шаги по РНК только в одном направлении, хотя толкает ее броуновское движение. Молекулы АТФ расходуются не на то, чтобы двигать ее вперед, а чтобы предотвращать движение назад.

Напомним еще раз, что рассмотренный механизм пока существует в виде модели. Однако эта модель основана на экспериментальных фактах. Привлекательна она прежде всего своей простотой — и, конечно, сходством с классической моделью Фейнмана. Рибосома же, самая сложная из молекулярных машин, вероятно, содержит в себе несколько подобных «броуновских движков», работа которых сопряжена.

EF-Tu и другие демоны

Факт, неизвестный даже многим биологам (хотя открыт он был еще в 1970-х годах в Пушкинском Институте белка): если поместить рибосомы в раствор, где присутствуют матричная РНК и тРНК, несущие аминокислоты, но нет АТФ, ГТФ и белковых факторов, помощников рибосомы, — то начнется бесфакторная трансляция. Рибосома будет строить белок на матрице сравнительно медленно, но вполне успешно. Аминоацил-тРНК становится при этом и источником материала, и инструментом, обеспечивающим соответствие аминокислоты матрице, и топливом. (С энергетической точки зрения здесь все в порядке: свободная энергия гидролиза сложноеэфирной связи между тРНК и аминокислотным остатком составляет от -7 до -8 ккал/моль, а вновь образуемой пептидной связи между двумя последними



необходимо состоять из двух частей. Коль скоро за связывание мРНК и тРНК отвечает малая субъединица, а за транспептидацию — большая, двухчастная «разъемная» структура может быть нужна для обеспечения третьей главной функции рибосомы — перемещения по мРНК. И нетрудно себе представить, что такие массивные белково-нуклеиновые комплексы, смещаясь друг относительно друга, вполне могут протаскивать мРНК от начала к концу.

Возможность экспериментальной проверки этой идеи представилась не скоро. Только в 80-е годы методом диффузного рассеяния было показано, что рибосома перед транслокацией компактнее, чем после нее. Позднее рентгеноструктурные исследования это подтвердили: когда тРНК занимает определенное положение на рибосоме, это заставляет ее «сгруппироваться». При этом малая рибосомная субъединица поворачивается относительно большой.

Все указывает на то, что принцип храповика и собачки типичен для работы молекулярных машин. И нанотехнологам стоит обдумать эту идею — «не толкать, а удерживать». Миниатюрная фабрика синтеза индивидуальных биополимеров с заданной структурой и широчайшим спектром свойств (она же рибосома) — лучшее доказательство перспективности этого подхода. Мы не призываем нанотехнологов слепо копировать природу, но оценить достижения конкурента, чьи изделия наводнили рынок за много миллионов лет до создания корпорации «Роснано», необходимо.

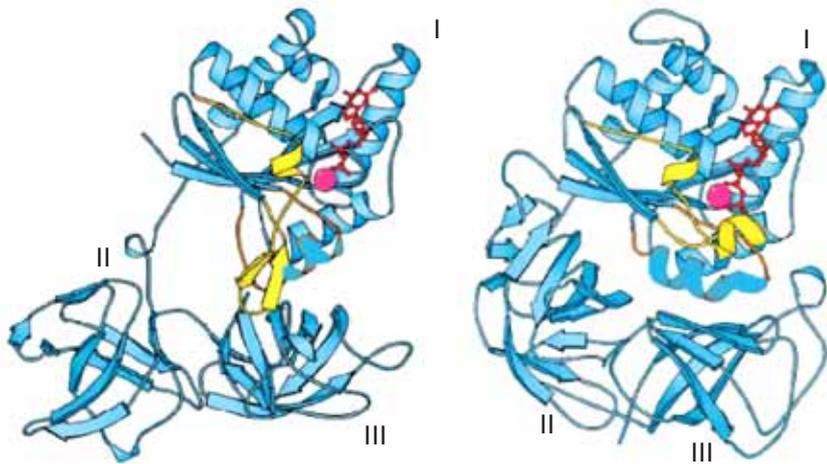
Что еще можно почитать о молекулярных машинах

А.С.Спирин. Принципы функционирования рибосом. Биосинтез белка: инициация трансляции. Биосинтез белка: элонгация пептида и терминация трансляции. Соросовский образовательный журнал, 1999, № 4—6.

A.S.Spirin. The ribosome as a conveying thermal ratchet machine. The Journal of Biological Chemistry, 2009, v.284, № 32.

R.Dean Astumian. Making molecules into motors. Scientific American, 2001, July, www.sciam.com

N. Cordova, B. Ermentrout, G. Oster. Dynamics of single-motor molecules: The thermal ratchet model. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 1992, v. 89, p. 339—343.



5

«Огромные, вялые, неопишимо нелепые, более всего похожие на колонии вируса полиомиелита под электронным микроскопом, одетые в поношенные лифчики...» — такими увидел демонов Максвелла герой Стругацких. На самом деле их внешность лучше реконструировать с помощью рентгеноструктурного анализа. Например, на рисунке — фактор элонгации EF-Tu в двух состояниях: разомкнутом (в комплексе с ГДФ или в свободном виде) и сомкнутом (в комплексе с ГТФ). Римскими цифрами обозначены домены белка

аминокислотными остатками нового белка — всего 0,5 ккал/моль.)

Это значит, что энергия для белкового синтеза запасается в момент образования аминоацил-тРНК. А зачем же нужны две молекулы ГТФ, которые расходуются на каждый цикл обычной работы рибосомы? Они идут на корм «подручным демонам», оптимизирующим процесс, — факторам элонгации EF-Tu и EF-G (см. рис. 3).

Бактериальный фактор EF-Tu (читается как «и-эф-ти-ю», у высших организмов аналогичный белок называется EF1A) участвует в работе рибосомы на этапе присоединения аминоацил-тРНК — собственно, он и привозит в рибосому тРНК с аминокислотным остатком. Этот белок состоит из двух подвижно сочлененных половинок — домена I и блока доменов II и III (рис. 5). Молекула ГТФ взаимодействует с доменом I, и ее «дальняя», третья по счету фосфатная группа своим отрицательным зарядом вызывает конформационные перестройки, которые приводят к смыканию блоков. При этом формируется участок связывания аминоацил-тРНК и одновременно возрастает сродство фактора EF-Tu к рибосоме. После того как тройной комплекс «аминоацил-тРНК — EF-Tu — ГТФ» займет свое место на рибосоме (естественно, это произойдет только в том случае, если антикодон тРНК будет соответствовать очередному кодону), включается ГТФазная активность фактора. Фосфатная группа отщепляется, отрицательный заряд уходит с нужного места, и все процессы обращаются вспять: EF-Tu делается более рыхлым, размыкается и теряет сродство к аминоацил-тРНК и к рибосоме. Он отсоединяется от рибосомы и уходит, чтобы вернуться с новыми молекулами ГТФ и аминоацил-тРНК.

Таким образом, фактор элонгации EF-Tu работает как простейшая челночная транспортная машина, функция которой — эффективная доставка тРНК в ри-

босому. Эта машина перемещается уже в трехмерном пространстве — и хотя она движется за счет диффузии, но циклические изменения ее собственных свойств, а именно сродства к «месту назначения» и «грузу», делают ее рейсы регулярными. Можно сказать, что топливо машины — ГТФ, а двигатель — ГТФ-связывающий центр, но это не совсем точно. Используется не энергия макроэргической связи между фосфатом и ГДФ, а отрицательный заряд фосфата в нужном месте и в нужное время. ГТФ (или АТФ в предыдущем примере) — это лиганды, вызывающие переход от разомкнутой, рыхлой к сомкнутой, жесткой конформации белка. С этой точки зрения в роли фейнмановской собачки — ограничителя случайных движений — выступает АТФ или ГТФ. Важно, что переход этот обратим, домены остаются сомкнутыми не навсегда: сам белок расщепляет молекулу лиганда, он покидает молекулу, и начинается новый технологический цикл.

Чтобы не утомлять читателя, не будем рассматривать другие примеры броуновских машин в рибосоме. Рассмотренный выше прием природа может использовать во всех случаях, где имеются две конформации — свободная и жесткая, переход между которыми зависит от некоего лиганда. А под это определение подпадают многие процессы в рибосоме, включая и самый масштабный — транслокацию, то есть перемещение рибосомы по мРНК (или протаскивание мРНК через рибосому).

Еще в 1968 году А.С.Спирин и М.С.Бретчер независимо друг от друга предположили, что транслокацию обеспечивает совместная работа обеих субъединиц, большой и малой. В самом деле, у всех живых существ, от бактерий до человека, рибосомы состоят из двух ковалентно не связанных субъединиц. Ни единого исключения из этого правила нет — видимо, рибосоме зачем-то

Святой Грааль биофизики

Кандидат
биологических наук
М.А.Шкроб

Уильям Рокфеллер по прозвищу Большой Билл, отец основателя клана Рокфеллеров, был известен по всей стране. Начинал он свой творческий путь как конокрад, но интерес к медицине и некоторая беспринципность позволили ему быстро найти куда более выгодный бизнес. Билл провозгласил себя выдающимся специалистом в области лечения рака и гарантировал всем, купившим его снадобье, исцеление от болезни «в любых случаях, кроме тех, что уже слишком далеко зашли». Бутылочку лекарства, состоявшего преимущественно из нефти, можно было купить за 25 долларов, что по тем временам превышало два средних месячных заработка.

Одни биографы полагают, что потомки Большого Билла унаследовали интерес к медицине, другие — что они уяснили, сколько можно на ней заработать, третьи — что Рокфеллеры мучились угрызениями совести из-за предка-шарлатана. Как бы то ни было, в начале XX века ими был основан Рокфеллеровский фонд, деятельность которого сыграла важную роль в зарождении молекулярной биологии. Фонд не только финансировал научные работы, но и дал европейским ученым возможность эмигрировать в США в годы Второй мировой войны и продолжать там свои исследования.

В 1930 году грант Рокфеллеровского фонда позволил молодому немецкому физика Макс Дельбрюку на время переехать в Копенгаген, чтобы работать в лаборатории, возглавляемой Нильсом Бором. Личное общение с Бором и его лекция «Свет и жизнь» оказали на Дельбрюка сильнейшее воздействие. Согласно идеям Бора, неспособность биологов понять суть жизни кроется в том, что два их классических подхода — наблюдение и разрушение — являются взаимоисключающими. Он считал, что в биологии будет найден парадокс, схожий с тем, с которым столкнулись физики при изучении света, когда для получения цельной картины им пришлось признать верными два противоречащих друг другу подхода — волновой и корпускулярный.

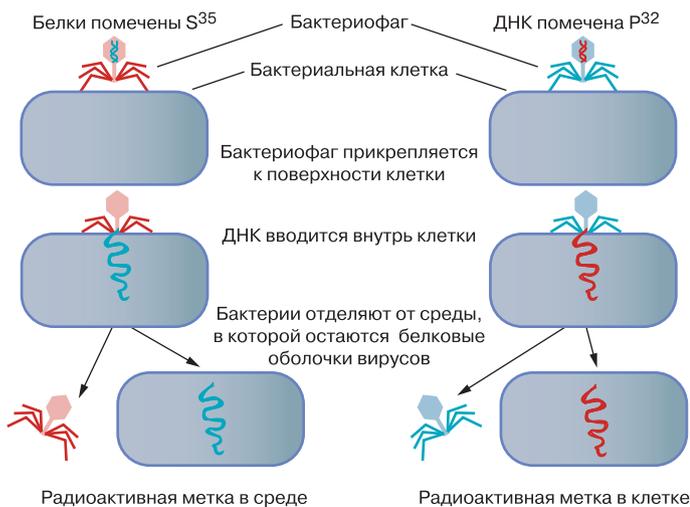
Как писал выдающийся физик и мемуарист Абрахам Пайс, «обращение Дельбрюка в биологи было величайшим вкладом Нильса Бора в биологию». Услышанное на лекции настолько потрясло Дельбрюка, что он решил оставить теоретическую физику и приступить к поиску парадоксов в живых системах сразу по возвращении в Берлин. Там и началось его сотрудничество с Николаем Владимировичем Тимофеевым-Ресовским и Карлом Циммером, результатом которого стала одна из самых важных публикаций в истории молекулярной биологии. Их совместная деятельность оказалась примером удачного использования в биологии идеологических подходов, позаимствованных из других наук, в данном случае из ядерной физики. Подобно тому как размеры ядер, слишком маленьких для непосредственного измерения, удается определить, бомбардируя их частицами различной массы и размера, Дельбрюк предложил определить размер генов дрозифилы, подвергая их воздействию радиации и отслеживая мутации. Работа была великолепно спланирована, тщательно выполнена и аккуратно

обсчитана. Понятная и близкая физикам по духу, она стала широко известна за пределами круга биологов, в особенности после того, как Шредингер повторил ее основные идеи в своей книге «Что такое жизнь с точки зрения физика?». Многие физики восприняли эту книгу как откровение, для многих она послужила толчком к смене рода деятельности. Это было одно из знаковых событий, открывших дорогу физикам в биологию и физическим подходам и методам в область исследования живых систем.

Американская фаговая церковь

Публикация статьи способствовала получению Дельбрюком второго гранта Рокфеллеровского фонда в 1937 году. Он использует этот шанс, чтобы покинуть Германию, события в которой начинают приобретать опасный оборот, и отправиться в Калифорнийский технологический институт — в лабораторию нобелевского лауреата генетика Томаса Морганна. Дельбрюк был в высшей степени заинтересован исследованиями Морганна, однако быстро разочаровался в объекте исследований — дрозифиле. Он считал дрозифилу совершенно неподходящей моделью: принципы квантовой механики были открыты тогда, когда материя стали изучать на элементарном уровне, значит, и в биологии требуется сначала найти самую простую систему. Дрозифила, очевидно, такой системой не являлась. Нужна была какая-то очень простая система, и, по счастью, именно такая система оказалась у Дельбрюка прямо под боком. В том же отделе работал Эмори Эллис, который изучал вирусы бактерий — бактериофаги (от греч. «поедатели бактерий»), часто именуемые для краткости просто фагами. Дельбрюк немедленно заинтересовался бактериофагами и вскоре познакомился с двумя единомышленниками, Сальвадором Лурией и Альфредом Херши.

Лурия окончил медицинскую школу и занимался радиологией в лаборатории Энрико Ферми до тех пор, пока Италия не начала открыто поддерживать фашистскую Германию. Он переехал в Париж, где попал в лабораторию, занимающуюся исследованием воздействия радиации на бактериофаги. В июне 1940 года, буквально за два дня до оккупации Парижа, Лурии удалось на велосипеде выехать из города; он отправился в Марсель и затем в Нью-Йорк. К тому времени Ферми уже работал в Америке. Он и посоветовал Лурии подать заявку на грант Рокфеллеровского фонда, что тот и сделал. Дельбрюк и Лурия познакомились на конференции в декабре 1940 года. Лурия прекрасно знал работу Дельбрюка, первое прочтение которой он охарактеризовал как «встречу со святым Граалем биофизики». Ученые сразу сошлись в интересах и в стиле работы и приступили к совместным опытам буквально через несколько часов после знакомства. Коллеги также поговаривали, что некую роль в их быстром сближении сыграло то, что оба они эмигрировали из стран-противников, что отдаляло от них ученых-американцев.



Опыт Херши и Чейз, показавший, что именно ДНК — носитель генетической информации. Слева бактериофаги, белки которых несут радиоактивную метку, справа — бактериофаги с радиоактивно помеченной ДНК. Бактериофаг садится на поверхность клетки и впрыскивает свою ДНК. Затем бактерии отделяют от среды, содержащей белковые оболочки фагов. Радиация остается в клетке, если меченой была ДНК, или в среде, если меченым был белок

Вскоре происходит еще одна историческая встреча. Макс Дельбрюк знакомится с Альфредом Херши, американским биохимиком, исследователем бактериофагов. «Предпочитает чаю виски. Прямолинейный, по существу. Любит месяцами жить на лодке. Любит независимость», — сообщил Дельбрюк о Херши в письме к Лурии.

Сотрудничество физика Дельбрюка, врача Лурии и биохимика Херши, каждый из которых привнес в работу свой опыт и свое видение биологии, оказалось невероятно плодотворным. Дельбрюк, Лурия и Херши стали ядром так называемой американской фаговой группы — ученых, выбравших бактериофаги в качестве инструмента исследования и модельного объекта. Андре Львов, выдающийся французский микробиолог, называл эту группу «Американской фаговой церковью». Франк Сталь так развил эту тему: «Во главе фаговой церкви стояла троица — Дельбрюк, Лурия и Херши. Статус основоположника и манера ех cathedra, вне всяких сомнений, делали Дельбрюка Папой, Лурия был усердным, социально чутким священником-исповедником. А Ал (Херши) был святым».

Это был невероятно удачный выбор, хотя вряд ли можно говорить здесь о случайной удаче, решение об использовании фагов было принято совершенно сознательно. Почему же именно фаги были выбраны в качестве модели и что они вообще собой представляют? Остановимся на них подробнее.

Целительные воды Ганга

В 1935 году на территории Института экспериментальной медицины РАМН был открыт памятник собаке как дань благодарности за вклад этого животного в физиологию. С сожалением стоит отметить, что бактериофаг — объект, давший молекулярной биологии не меньше, объект, на котором были открыты и изучены самые фундаментальные принципы этой науки, не только не получил положенных почестей, но и вообще неизвестен широкой публике.

Первое косвенное свидетельство существования бактериофагов получил англичанин Эрнест Ханкин, который в 1896 году написал о целебных свойствах вод Ганга. Это в наши дни содержание фекальных колиформных бактерий в



Ганге в 120 раз превышает предельно допустимое даже для купания количество, а в 1896 году воду из Ганга пили, чтобы излечиться от холеры. Ханкин выяснил, что подобный метод лечения имеет все основания: вода действительно обладала антибактериальными свойствами, сохранявшимися после фильтрации, но пропадающими после кипячения. К тому моменту вирусы, микроскопические патогены, обладающие в точности теми же свойствами, которые описал Ханкин, были уже известны, однако ученый не высказал никаких предположений относительно вирусной природы открытого им эффекта. Поэтому открывателями бактериофагов принято считать англичанина Фредерика Творта и канадца Феликса д'Эрреля. Биография последнего могла бы послужить темой для романа. Вот краткое перечисление видов деятельности, которыми он занимался до открытия бактериофагов: работа медиком (без соответствующего образования) в геологической экспедиции, разработка способов получения шнапса из кленового сиропа в Канаде и виски из бананов в Гватемале, инвестиции в шоколадную фабрику, работа над истреблением саранчи с помощью бактерий в Мексике и Аргентине.

Творт открыл фаги на два года раньше д'Эрреля — в 1915 году, когда обнаружил в сплошном слое бактерий «остекленевшие» участки, где все бактерии умерли. Он показал, что смертоносный агент проходит через все фильтры и что для его роста необходимы бактерии. Д'Эррель независимо провел очень схожий эксперимент в 1917 году. И Творт, и д'Эррель поняли, что открытые ими агенты могут быть взяты на вооружение в борьбе с вредными бактериями, но лишь опыты д'Эрреля в этом направлении увенчались успехом. В начале 1919 году ему удалось выделить из куриного помета бактериофаги, активные в отношении куриного тифа. А уже через полгода д'Эррель испробовал фаги на людях и вылечил с их помощью больного дизентерией.

Работы д'Эрреля привлекли всеобщее внимание. На момент их публикации не прошло и десяти лет с открытия сальварсана — лекарства от сифилиса, начавшего новую эпоху в медицине. Это был первый за всю историю человечества препарат направленного действия, «волшебная пуля». Идея волшебной пули может показаться тривиальной: узнать, в чем причина болезни, а потом найти лекарство, чтобы устранить ее. Как бы просто это ни звучало в теории, на практике первый специфический в отношении возбудителя препарат появился только в 1908 году ценой невероятных усилий лаборатории Пауля Эрлиха. (Второе название сальварсана — препарат 606, то есть это было 606-е синтезированное и испытанное соединение. Первым же соединением, которое обладало хоть какой-нибудь активностью, был препарат 418.) Множество ученых занялись поиском «волшебных пуль», и бактериофаги как убийцы бактерий выглядели прекрасными кандидатами на эту роль.

На фаги были возложены большие надежды по спасению человечества от всех бактериальных инфекций. С 1919 по 1956 год было выпущено около 800 научных публикаций, по-

священных использованию фагов в терапии. Наиболее выдающихся успехов в этой области добились советские ученые в Институте исследования бактериофагов, который был открыт в 1923 году в Тбилиси. Его возглавил блестящий ученый Георгий Элиава. В 1934 году Элиава пригласил д'Эрреля в свой институт, и тот с радостью принял предложение и переехал работать в Грузию, где написал книгу о бактериофагах, которую посвятил Сталину. В 1937 году, когда Элиава был репрессирован и убит, д'Эррель поспешил вернуться во Францию. К счастью, исследования в основанном Элиавой институте продолжались: в нем было создано большое количество противовоспалительных препаратов, спасших множество жизней в годы Великой Отечественной войны.

В других странах также начались исследования лечебных свойств фагов. Фаги успешно применялись для лечения тифа, дизентерии, инфекций мочевых путей и холеры. Их вводили внутривенно, подкожно, с помощью клизмы, втирали и распыскивали, вкалывали внутрь брюшины, легких, перикарда. Если так можно выразиться, успех фаговой терапии был даже слишком велик. Интерес к новому лекарству стали проявлять предприниматели и не очень щепетильные врачи. Препараты готовились с грубейшими нарушениями технологии, неправильно хранились, вводились не туда, куда надо, и не в том количестве. И конечно, никакой речи о клинических испытаниях в то время не шло (вспомните хотя бы самого д'Эрреля, проделавшего путь от куриного помета до испытаний на людях всего за полгода). В конце концов, в 1931 году был опубликован доклад Американской медицинской ассоциации, обобщавший взлеты и падения в области фаговой терапии. Критических замечаний, содержащихся в докладе, оказалось достаточно для полного прекращения финансирования исследований в данной области. Кроме того, в 1928 году был открыт пенициллин, и взгляды врачей и предпринимателей повернулись в сторону антибиотиков.

Медицина стремительно охладела к фагам, по крайней мере, в Европе и США; напомним, что в Советском Союзе исследования продолжались. (О современных достижениях в области фаготерапии «Химия и жизнь» писала в № 3 за 2002 год.) А в фундаментальной науке эпоха бактериофагов еще только начиналась.

Чистые гены

Чтобы понять, как на молекулярном уровне устроены гены, как происходит наследование генетической информации, требовалась простая и удобная модель. Самый популярный на тот момент объект исследований — дрозософила, — как уже было сказано, не вполне отвечал этим критериям. Существовавших методов было явно недостаточно для работы с многоклеточным организмом, обладающим огромным количеством признаков. Фаги же, напротив, будто специально для этого и созданы.

Дельбрюк как-то назвал фаги «чистыми генами». И это недалеко от истины: в среднем примерно половина веса вирусной частицы приходится на ДНК. Существуют просто и сложно устроенные бактериофаги. Простые фаги могут иметь форму нитей или многогранников, сложные же представляют собой подобие шприца. При заражении бактерии вирус садится на ее поверхность и впрыскивает внутрь свой генетический материал. Некоторое время после этого с клеткой не происходит никаких видимых изменений, однако внутри нее бушуют страсти. Все производственные мощности бактерии начинают служить размножению вируса, и спустя 10–15 минут бактериальная клетка лопаются, выпуская наружу тысячи

ПЁС БЫЛ ТАК РАД ШЁЛ ПЕЛ ПОД НОС	исходная фраза
← ПЁС БЛТ АКР АДШ ЁЛП ЕЛП ОДН ОС	выпадение одной буквы
→ ПЁС БЫЛ АТА КРА ДШЁ ЛПЕ ЛПО ДНО С	вставка одной буквы
→ ← ПЁС БЫА ЛТА РАД ШЁЛ ПЕЛ ПОД НОС	вставка одной буквы и выпадение одной буквы
← ← ← ПЁС БЛТ КРА ДЁЛ ПЕЛ ПОД НОС	выпадение трех букв
→ → → ПЁС БАЫ ЛТА КАР АДШ АЁЛ ПЕЛ ПОД НОС	вставка трех букв

→ — вставка одной буквы
← — выпадение одной буквы

Одна аминокислота белка кодируется тремя нуклеотидами ДНК. Представим себе участок ДНК как фразу, а каждый триплет нуклеотидов как трехбуквенное слово. Выпадение или вставка букв нарушает разбиение фразы на слова, но в некоторых случаях бессмысленной становится не вся фраза целиком, а только ее участок

новых вирусных частиц, готовых тут же поразить новую мишень. Можете посчитать, во сколько раз такая система эффективней, чем дрозософила. Ее личинка выходит из яйца через сутки после оплодотворения, через пять дней окукливается, и только еще через пять дней на свет появляется взрослая особь, которой нужно 12 часов, чтобы достигнуть половой зрелости.

Итак, фаги быстро размножаются, занимают мало места, безвредны для исследователей и, что крайне важно, позволяют проводить количественные исследования. Если ровным слоем высеять суспензию бактерий, содержащих бактериофаг, на чашку со средой, то количество вирусов в суспензии можно легко определить по числу видимых глазом проплешин в слое бактерий. Число проплешин — по сути, единственный признак, за которым можно следить. Это еще одно выгодное отличие бактериофагов от дрозософилы с ее множеством признаков, сложным образом связанных между собой.

На такой, согласитесь, несложной системе было, ни много ни мало, доказано, что именно ДНК — носитель генетической информации. Это сделали в 1952 году Альфред Херши и Марта Чейз.

Схема эксперимента была следующая: исследователи выращивали две группы бактерий, одну — в среде, содержащей изотоп фосфора P³², а вторую — в среде, содержащей S³⁵. Поскольку в аминокислотах, из которых состоят белки, не содержится фосфора, а в ДНК, в свою очередь, нет серы, то получалось, что в одних бактериях оказывались радиоактивно помечены только белки, а в других — только ДНК. Бактерии заразили фагами и получили на выходе две группы фагов, с мечеными белками или с меченой ДНК. Этими фагами затем инфицировали обычные бактерии, не содержащие метки. Оказалось, что внутрь таких бактерий попадает только радиоактивный фосфор. Это говорило о том, что именно ДНК проникает внутрь клетки, а значит, именно ДНК содержит всю информацию, необходимую для воспроизведения. Красивый эксперимент Херши и Чейз положил конец спорам о том, где находятся гены, в ДНК или белке, за год до открытия Джеймсом Уотсоном и Фрэнсисом Криком двойной спирали.

В 1943 году Лурия и Дельбрюк доказали, что мутации возникают в геноме бактерий спонтанно, то есть являются случайными и не обязательно увеличивают приспособленность к условиям окружающей среды. Они обнаружили, что с какой-то вероятностью бактерии могут приобрести устойчивость к заражению бактериофагом. Вероятность такого события невелика, но мы помним: и фаги, и бактерии очень эффективно размножаются, что дает возможность исследовать даже редкие события. Идея эксперимента пришла Лурии в голову, когда он наблюдал, как его друг убивает время за игральным аппаратом. Друг

раз за разом проигрывал, и Лурия начал было над ним посмеиваться, как вдруг тот выиграл джек-пот. Ученый подумал, что, хотя мы и знаем примерно, с какой частотой выпадает джек-пот, точный момент предсказать невозможно. Так и с бактериями: если мутации, защищающие от бактериофага, происходят случайно, то устойчивые бактерии должны появляться через непредсказуемые интервалы. Если же мутации происходят направленно, то устойчивые бактерии будут появляться через равные промежутки времени. Экспериментальные данные подтвердили верность первого варианта. Важность открытия Лурии и Дельбрюка заключалась прежде всего в том, что они доказали: дарвиновские принципы верны и в отношении бактерий, а значит, эти объекты, куда более удобные в работе, чем многоклеточные организмы, могут быть использованы в качестве модели в генетике.

Из пространного эмпиризма в точную науку

Вы вряд ли удивитесь, если узнаете, что бактерией, использованной в перечисленных выше экспериментах, была кишечная палочка (*Escherichia coli*). Еще бы, ведь *E. coli* — стандартный модельный организм, самая популярная у исследователей бактерия. Но не надо путать причину со следствием: во многом именно потому *E. coli* и стала модельным организмом, что с ней работала «фаговая церковь». В 1944 году Дельбрюк призвал всех исследователей бактериофагов придерживаться так называемого фагового пакта — использовать в работе один определенный штамм *E. coli* и один из семи штаммов бактериофагов, названных Т с номером от 1 до 7. Призыв был услышан. Работы Дельбрюка, Лурии и Херши привлекали внимание все новых и новых ученых, и практически все их последователи начинали с использования той же самой системы, что позволило воспроизводить и сравнивать между собой данные, полученные в разных лабораториях. Этот факт был особо отмечен при вручении этим трем ученым Нобелевской премии в 1969 году. Профессор Свен Гад упомянул личную заслугу Дельбрюка в превращении исследований бактериофагов из «пространного эмпиризма в точную науку». Единая модель, количественный анализ, тщательная статистическая обработка результатов, недоверие ко всем предшественникам — микробиологам и биохимикам — такова была идеология «фаговой группы», доказавшая свою успешность.

Слова Свена Гада экспрессивно, но в целом справедливо характеризуют качественный скачок в биологических исследованиях, который произошел в 40–50-х годах во многом благодаря личным заслугам Дельбрюка. Херши так охарактеризовал тот период: «Будучи знакомыми с двумя феноменами А и В, мы планировали эксперимент, в котором мы могли бы использовать В для того, чтобы изучить А. Часто такие попытки проваливались, потому что мы находили новый феномен С, о котором до этого не подозревали. Так выглядела история изучения бактериофагов с начала 40-х годов. Невозможно было провести эксперимент, не отвлекаясь на открытия». И открытия действительно совершались одно за другим. С использованием бактериофагов Сеймур Бензер, один из физиков, пришедших в биологию после прочтения книги Шредингера, о которой шла речь выше, доказал, что последовательность гена коллинеарна с аминокислотной последовательностью кодируемого им белка. Чарльз Яновски доказал, что мутации приводят к изменению аминокислотной последовательности. Френсис Крик и Сидней Бреннер показали, что каждая аминокислота кодируется именно тремя нуклеотидами и что существует сигнал остановки синтеза белка, также кодируемый тремя нук-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

леотидами. Все перечисленные работы были выполнены на бактериофаге Т4, более того, на одном конкретном участке его генома — локусе rII (второй участок, отвечающий за быстрое, rapid, разрушение бактерий).

Систему rII Т4 Бензер разрабатывал почти десять лет. Он получил около 1600 вариантов фага Т4 с различными мутациями в локусе rII. Все мутанты класса rII обладали одной интересной особенностью: они могли размножаться в бактериях *E. coli* штамма В, но не в бактериях штамма К. Фаги же дикого типа (rII⁺) могли размножаться и там, и там. Бензер выяснил, что с некоторой частотой при одновременном заражении бактерии двумя фагами между их ДНК возможна рекомбинация, то есть обмен участками. При этом может получиться новый мутант, способный, как и rII⁺, заражать бактерии штамма К. Если рекомбинация произошла, то на чашке, засеянной *E. coli* К, можно будет увидеть бляшки — участки, в которых вирус активно размножался и убил все бактерии. Имея в наличии 1600 мутантов, Бензер проанализировал частоту рекомбинации между ними, что позволило ему определить взаимное отношение всех точек мутации и составить карту локуса rII. Отметим, что именно бактериофаги — идеальный объект для таких исследований за счет высочайшей эффективности их размножения и простоты устройства!

Систему Бензера активно использовали другие ученые, в том числе для отмеченной Нобелевской премией работы по расшифровке генетического кода. Крик и Бреннер обнаружили, что акридиновые красители вызывают выпадение (обозначим как ←) и вставку (→) нуклеотидов. Выяснилось, что иногда, если в одном гене произойдет несколько мутаций, его работа может быть восстановлена. При этом у двойных мутантов →→ и ←← функция не восстанавливалась никогда. У мутантов →← и ←→ — довольно часто, особенно если мутации находились недалеко друг от друга по карте Бензера. У тройных мутантов восстановление происходило только в случае →→→ или ←←←, и также, только если все три мутации были расположены рядом. Такая ситуация возможна лишь при условии, что единицей кодирования будет триплет нуклеотидов (см. таблицу.). Эта работа стала блестящим экспериментальным доказательством постулата Георгия Антоновича Гамова, гласящего, что для кодирования двадцати аминокислот четырьмя нуклеотидами необходимо использовать именно триплеты.

Мы остановились только на самых фундаментальных открытиях в молекулярной биологии, сделанных в ходе экспериментов с бактериофагами. На самом деле примеров использования этих вирусов в качестве моделей и инструментов куда больше. В XX веке бактериофаги сыграли значительнейшую роль на первых этапах развития наших представлений об устройстве гена и принципах работы генетических систем, и это позволило ученым перейти к изучению более сложных организмов с большим числом генов и признаков. Кто знает, возможно, бактериофагам еще предстоит триумфальное возвращение в медицину XXI века, когда антибиотики станут бессильны.



Сетка на серебе

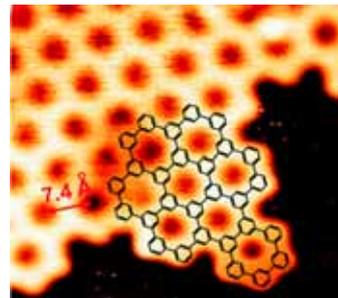
Из полимера можно получить нечто вроде графена.

«Chemical Communications», 2009, т. 45, с. 6919.

В зарубежных лабораториях

Графен — очень тонкий, в идеале однослойный лист графита. Он прочен, не пропускает воздух, имеет интересные электрические свойства. Однако это чистый углерод. А нельзя ли сделать нечто подобное из более сложного вещества? Этим вопросом задалась большая группа ученых из Швейцарской федеральной лаборатории испытания материалов EMPA и немецкого Института исследований полимеров Макса Планка.

Чтобы решить задачу, они сделали макроцикл, эдакий шестиугольник, в углах которого расположены молекулы бензола. С внешней стороны к каждой молекуле был присоединен иод. Когда эти макроциклы осадили на серебро, иод соединился с металлом, а освободившиеся связи объединили бензолы между собой. В результате макроциклы самоорганизовались в превосходную мономолекулярную полимерную сетку, подобную графену, только с несколько иным узором и с наличием водорода в каждом узле. Пустоты в ней имеют ангстремный размер, что недостижимо, если делать аналогичную пленку методом нанолитографии.



Центральный магнит

Магнитное поле в центре Млечного Пути оказалось удивительно большим.

«Nature», 2010, т. 463, № 7277.

В зарубежных лабораториях

До сих пор никто не измерял магнитное поле в центре Млечного Пути. А измерить его важно для того, чтобы понять природу находящегося там объекта, который считается сверхмассивной черной дырой. Наконец это сделали ученые из ФРГ, США и Австралии. Они исследовали излучение центра Галактики в широкой области радиодиапазона и нашли, что особенности этого излучения можно объяснить различными механизмами торможения электронов в магнитном поле. И все у них сошлось при том условии, что на расстоянии 420 парсеков от центра индукция магнитного поля находится в пределах 50—100 микрогауссов.

Это очень много, ведь поле спадает весьма быстро. Так, на поверхности Солнца индукция созданного им поля составляет 1 Гаусс, а уже на орбите Земли — порядка 10 микрогауссов. Какой же чудовищной мощностью должен обладать центральный магнит, чтобы обеспечить десятки микрогауссов на поистине астрономических расстояниях? Ведь один парсек — это чуть меньше, чем расстояние от нас до ближайшей звезды, Проксимы Центавра, а до центра Галактики от Солнца — 8000 парсеков. Видимо, теперь астрофизикам придется поломать голову над тем, какова природа этого магнита. Как бы не оказался он гипотетической магнитной дырой Горелика (см. «Химию и жизнь», 2010, № 1)...

В зарубежных лабораториях

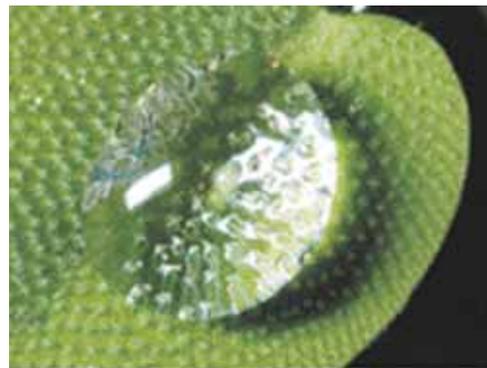
Капля-поджигатель

Не всякая капля росы на листе может вызвать ожог.

«New Phytologist», 2010, doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.03150.x

Всякий цветовод знает: если полить растение так, что на его листья попадут капли воды, то солнечный свет может сфокусироваться в образовавшихся линзах и вызвать ожог. Но это знание — интуитивное и на экспериментах не основано. Венгерские ботаники из университета им. Этвеша во главе с доктором Габором Хорватом решили заполнить этот пробел. Оказалось, что не каждая капля и не на всяком листе способна вызвать ожог. Все дело в смачивании.

Если поверхность листа гладкая и не слишком гидрофобная, то капля на ней довольно хорошо растекается и становится похожей не на шарик, а на полусферу. Такая капля свет сфокусировать не может. На гидрофобной поверхности, покрытой микроскопическими волосками, и капля сферическая, и находится она на некотором расстоянии от поверхности листа. В зависимости от своего размера и угла падения света эта капля может стать линзой, и лист получит ожог, а то и загорится. Кстати, капли воды на поверхности человеческого тела тоже не плотно прилегают к коже, а поддерживаются волосками. Значит, и они способны вызывать точечные солнечные ожоги.



В зарубежных лабораториях

Сверхмалые дозы египтян

Свинцовые карандаши египтян помогали лечить глазные болезни.

«Analytical Chemistry», 2010, т. 82, № 2.

Египтяне подводили глаза специальным составом из сульфида свинца. Зачем они это делали, ведь свинец ядовит?

Французские ученые во главе с Филиппом Вальтером из Центра исследований проблем реставрации в музеях Франции решили выяснить механизм действия египетской свинцовой косметики. Для этого они изучили 52 образца древних снадобий, хранящихся в Лувре, и обнаружили там помимо сульфида свинца два синтезированных человеком хлорида — лауронит $Pb(OH)Cl$ и фосгенит $Pb_2Cl_2CO_3$. Главная особенность этих веществ — слабая, но ненулевая (в отличие от сульфида свинца) растворимость в воде: ее максимум составляет сотни микромолей. Очевидно, что элементы макияжа так или иначе попадали в глаза, однако концентрация свинца вряд ли достигала максимума и держалась на уровне микромолей.

Как оказалось, свинец в такой дозе вызывает краткий окислительный стресс, причем более всего он способствует образованию нитроксильного радикала NO . А этот радикал, в свою очередь, стимулирует неспецифический иммунный ответ. Вот так свинцовая косметика в сверхмалых дозах защищала глаза египтян от всевозможных конъюнктивитов, которые свирепствовали в дни разлива Нила.

Лес из белых трубок

Нанотрубки из нитрида бора вырастили мичиганские ученые.

«Chemistry of Materials», 2010, doi: 10.1021/cm903287u

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

Белые нанотрубки из нитрида бора отличаются от более известных — черных углеродных — не только цветом, но и свойствами. Например, нагрев до 1100°C им нипочем. Электрические свойства у нитридных трубок тоже хороши, с помощью легирования их легко превратить в полупроводник и использовать для силовой электроники. Очень высока и их гидрофобность — покрытие из таких нанотрубок будет обладать эффектом лотоса, причем, если его нанести на стекло, оно сохранит прозрачность. Однако получать трубки из нитрида бора нелегко: и растут нестабильно, и компоненты ядовиты, и температура высока, и примеси они поглощают охотно.

Ученые из Мичиганского технологического университета во главе с доцентом Ёк Кин Япом справились с этими проблемами и вырастили на подложке лес из более-менее одинаковых нанотрубок нитрида бора. Механизм их роста схож с углеродными, то есть тут не обойтись без катализатора — в эксперименте Ёк Кин Япа это был оксид магния с железом и никелем. Поскольку нанотрубки растут только там, где есть катализатор, из них можно создавать различные узоры.



Водолечение спины

Беговая дорожка в заполненном водой бассейне способна вылечить некоторые травмы спины.

Sandra Stevens,
sstevens@tntstate.edu

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

Когда позвончик сломан, врачи, как правило, сообщают пациенту, что он больше никогда не будет ходить. Физиотерапевты не всегда согласны. Например, Сандра Стивенс, выполняя диссертационное исследование в университете Среднего Теннесси, решила поставить таких пациентов на собственные ноги. К этой идее ее подтолкнула работа этого университета с детьми, перенесшими церебральный паралич. Суть ее предложения состоит в том, что пациент безо всякой помощи идет по беговой дорожке, поставленной в бассейне, заполненном водой. Вода, будучи гораздо плотнее воздуха, поддерживает пациента и существенно замедляет его движения. Поэтому у него есть время для того, чтобы сконцентрироваться и самостоятельно восстановить утраченное равновесие.

Результаты Сандры Стивенс оказались очень хорошими: она поставила на ноги несколько человек с переломами позвоночника, полученными во время аварий. После курса лечения продолжительностью в несколько месяцев некоторые из них смогли шагать по дорожке в течение десятков минут со скоростью обычного пешехода. И это несмотря на то, что доктора пророчили им полную неподвижность.

Удар по Паркинсону

Дрожжи показали, производство какого белка надо затормозить, чтобы вылечить болезнь Паркинсона.

«Disease Models and Mechanisms», doi: 10.1242/dmm.004267.

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

Блезнь Паркинсона поражает пожилых людей — из-за разрушения нейронов у них начинают дрожать конечности, голова, порой развивается слабоумие. Ученые много лет ищут средство от этой болезни, но безуспешно. Однако опыты с дрожжами, которые вот уж семь лет ведет группа ученых из нескольких университетов Евросоюза и США показали, что, возможно, искать надо в другом месте.

Эта группа обратила внимание на небольшой белок, способный соединять липиды, — альфа-синуклеин (alpha-Synuclein). Его функция в жизни клетки не ясна, однако у больных паркинсонизмом он образует скопления в нейронах. Опыты на дрожжах, которых заставили вырабатывать очень много такого белка, показали, что эти отложения приводят к деградации клеток, повреждению митохондрий и накоплению свободных радикалов — в общем, к старению.

На этом ученые не остановились, а проверили более 100 тысяч веществ и нашли несколько со схожим строением, которые способны выправлять аномалии, возникавшие в клетках с высоким уровнем альфа-синуклеина. Более того, эти вещества работали на культурах нейронов нематод и крыс. Используя полученные результаты, ученые надеются найти наконец мишени для лекарств, способные лечить болезнь Паркинсона у человека.

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

Случайность против гладкости

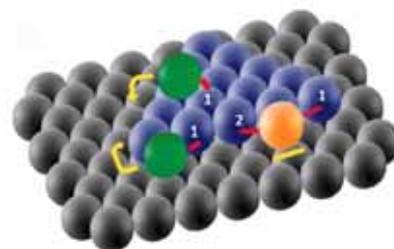
Броуновское движение способствует тому, чтобы кристалл рос вверх, а не вширь.

«Science», 2010, т. 327, № 5964.

Для микроэлектроники нужны гладкие пленки. Однако вырастить их непросто потому, что пленка изначально состоит из многих островков, которые соединяются друг с другом по мере роста. И надо постараться, чтобы осевшие на подложку зародыши росли именно вширь, а не вверх.

Считается, что кристалл предпочитает расти вверх, а не вширь, поскольку энергия частицы на его боковой грани, соприкасающейся с подложкой, оказывается выше, чем на верхней, свободной. Ученые из Корнелловского университета во главе с Итаи Когеном показали, что дело не в этом.

Они взяли коллоидный раствор из круглых частиц диоксида кремния. Эти частицы, подобно атомам, оседали на подложке и образовывали островки. Однако даже снижение силы связи между шариками оксида до ничтожных значений не позволило избавиться от вертикального роста отдельных островков. Расчет же показал, что во всем виновато броуновское движение: частица перемещается по поверхности случайным образом, причем вероятность достижения края и падения с него оказывается совсем небольшой. Вот так случайность вместо того, чтобы сглаживать всевозможные выросты, наоборот, способствует их развитию.



Витамины: снова здорово!

М. Литвинов



Художник А. Анно

Витамины — вечно интересная тема. О них обычно вспоминают, когда не очень хорошо себя чувствуют. А дальше ведут себя по-разному: кто-то пытается отрегулировать питание и начинает принимать поливитаминные препараты, а кто-то ударяется в натуропатию, потому что считает поливитамины вредными для здоровья. Вредны ли поливитамины вообще и синтетические витамины в частности? Такое мнение не обосновано научными данными, но очень распространено. Оно иррационально, недоказуемо, но имеет множество горячих сторонников. Именно такие убеждения мы относим к современным мифам.

Познай свой витаминный статус

Плохое самочувствие, вялость и тупость, которые мы время от времени ощущаем, делают небольшой переворот в голове. Наше внимание начинает привлекать реклама витаминов и других оздоравливающих добавок. Например, экранная героиня обещает вернуть бодрость и оптимизм, работоспособность и спокойствие духа. А помогут ли добавки на самом деле? Мы хотим получить ответ, относящийся именно к нам, к нашему неповторимому телу, но найти его в дешевых и общедоступных источниках, например в популярном журнале, телепередаче или на сайте в Интернете. Согласитесь, что автор, даже если он медицинский профессор или вообще академик, никогда нас не обследовал и не видел, откуда ему знать про наше состояние и проблемы? Приходится брать на себя тяжкую ношу самопознания, используя статьи уважаемых профессоров как некие рекомендации, ориентиры.

Прежде всего, неплохо бы убедиться, что плохое самочувствие связано не с какой-то определенной болезнью, а именно с недостатком витаминов или других важных компонентов пищи (минеральных веществ, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот). Так что имеет смысл сходить к врачу и обследоваться.

Предположим, что болезни у нас не нашли и мы все-таки отважились на изучение своего питания, решив провести его строго, с приборами и фактами. Лучше всего делать это загодя, когда мы бодры, полны сил и готовы сверотить горы. Нам нужно измерить содержание витаминов и минеральных веществ в крови и моче хотя бы один раз, а лучше — несколько дней. (Концентрация в моче может подсказать, что мы съедаем их больше, чем требуется, а излишки выводим в унитаз.) Тогда полученные данные, усредненные за несколько дней, можно принять за индивидуальный оптимум или норму, вокруг которой колеблются реальные параметры. Эту процедуру желательно повторить несколько раз, в разные сезоны, потому что потребности в витаминах меняются в течение года. Найденные величины можно сопоставить со средними для социальной группы, к которой мы относимся, — не для того, чтобы попытаться подогнать себя под стандарт, а для того, чтобы оценить, отличаемся ли мы от него, насколько и в какую сторону.

Кроме того, нужно хотя бы неделю (а может быть, и несколько недель) подробно записывать состав и количество съеданной пищи, анализируя в образцах каждого продукта содержание витаминов — а заодно уж, чтобы быть спокойным, и минеральных веществ, и незаменимых аминокислот, и ненасыщенных жирных кислот. Химический анализ тут необходим:



МИФЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

если содержание белка и крахмала в хлебе меняются не столь уж значительно от буханки к буханке, то содержание витаминов и минеральных веществ часто зависит от сезона, способа кормления животного, сорта растения, почвы, на которой оно росло, погоды в период вегетации и многих других факторов. Кроме того, потери витаминов различаются в зависимости от того, какой путь проделал продукт от места, где он был живым организмом, до нашего стола и что с ним происходило на этом пути. Сколько стоит такой анализ, пока считать не будем, чтобы не потерять аппетит.

Теперь мы немного вооружены для борьбы с хандрой, если она действительно настигает нас через желудочно-кишечный тракт, а не через кору головного мозга и сетчатку глаза (зима не кончается, начальник чудит, а дочка вставила кольцо в нос). Тогда, несмотря на упадок сил и бремя неотложных дел, нам нужно еще раз, а лучше — несколько раз проанализировать кровь и увидеть, чего не хватает, какие показатели опустились намного ниже нашей индивидуальной нормы. Допустим, содержание витаминов B_1 и C , кальция, железа, селена и цинка. Их и нужно принимать, пока равновесие не восстановится, в виде каких-то таблеток или, если мы приверженцы натуре, пищевых продуктов (последнее может быть не просто или вообще невозможно). При этом необходимо учесть, что витамины могут разрушаться при тепловой обработке, что на усвоение веществ могут влиять другие компоненты пищи и т.д. Так, кальций хуже всасывается из кишечника в кровь, если есть его вместе со злаками (кашами, хлебом) или орехами, содержащими инозитфосфорную кислоту; если в пище избыток фосфора и магния. Кроме того, желательно проанализировать свой рацион за предыдущие недели, чтобы найти допущенные ошибки и исправить их. Ну, а добившись цели, можно будет убедиться, что стоимость подобного мониторинга намного превзойдет стоимость съеденной за тот же период пищи, не говоря об издержках времени и организационных трудностях.

Найти свою группу

Немного найдется энтузиастов, способных действовать, как описано выше, — давно замечено, что хорошо лечиться могут только молодые, богатые и здоровые. Приходится прибегать к более простым способам, пусть не строго индивидуализированным, но подходящим большей части представителей разных групп населения. (См., например, интервью «Витамины и мы» В.Б.Спиричева из Института питания РАМН в журнале «Химия и жизнь», 2005, № 12.)

Обычно специалисты по питанию рекомендуют следующий порядок действий. Для начала нужно определить свои предполагаемые энергозатраты, исходя из возраста, пола и группы интенсивности труда, к которой вы принадлежите, — то есть занимаетесь ли вы умственным, легким, средним, тяжелым или особо тяжелым физическим трудом. Так, к первой группе (работники преимущественно умственного труда) при социализме, в 1982 году, относились «руководители предприятий и организаций; инженерно-технические работники, труд которых не требует существенной физической активности; медицинские работники, кроме врачей-хирургов, медицинских се-

стер, санитарок; педагоги, воспитатели, кроме спортивных; работники науки, работники литературы и печати; культурно-просветительные работники; работники планирования и учета; секретари, делопроизводители; работники разных категорий, труд которых связан со значительным нервным напряжением (работники пультов управления, диспетчеры и др.)». (Цитата из книги: К.С.Петровский, В.Д.Ванханен. Гигиена питания. М.: Медицина, 1982.) Для каждой группы по таблицам можно найти приблизительный уровень суточных энергозатрат. Например, для женщин 40—59 лет, занимающихся умственным трудом, он составляет примерно 9205 кДж, или 2200 ккал в сутки, а для мужчин 18—29 лет, вкалывающих в особо тяжелых условиях, — 17991 кДж, или 4300 ккал.

Возможно, вы тратите намного больше или меньше энергии, чем средний представитель вашей группы (будучи писателем, занимаетесь спортом, ночи проводите в танцклубах, моржете и пишете роман, помогая лесорубам валить деревья). В таком случае попробуйте подсчитать свои индивидуальные затраты, исходя из своего веса и величин, характерных для сна и разных видов деятельности — ходьбы, сидения за компьютером, езды в транспорте — и времени, которое отводится на эту деятельность.

Из затрат энергии высчитываются рекомендуемые нормы потребления компонентов пищи (нутриентов): белков, жиров, углеводов, аминокислот, жирных кислот, минеральных веществ. Эти величины заведомо перекрывают потребности в компонентах для 97,5% всех представителей данной группы. Дальше нужно с помощью таблиц, графы которых указывают содержание нутриентов, попытаться составить сбалансированный по всем параметрам рацион. Даже с помощью современных программ сделать это совсем не просто. А по мнению специалистов, невозможно, и вот почему: при небольших затратах энергии (меньше 12—15 тысяч кДж) масса пищи будет не настолько велика, чтобы содержать достаточное количество витаминов. Часто приводят такой пример: «Чтобы получить необходимую суточную норму витамина B_1 в 1,4 мг, нужно съесть 700—800 г хлеба из муки грубого помола или килограмм нежирного мяса. Официальный рацион солдата дореволюционной российской армии, суточные энергозатраты которого достигали 5000—6000 ккал, включал 1300 г черного хлеба и 430 г мяса ежедневно».

Получается, что люди, не занимающиеся спортом и тяжелым физическим трудом, даже при питании натуральной пищей обречены на недостаточное потребление витаминов, тем более что часть их разрушается при хранении и приготовлении продуктов. Научно-технический прогресс поймал нас в две ловушки: создал комфортные условия, где можно мало двигаться, и изменил качество продуктов, заменив сырую, грубую и богатую витаминами и минеральными веществами пищу на обработанную, рафинированную, обедненную ими. Да и почвы, по некоторым данным, истощились и отдают растениям меньше микроэлементов. Кажется, мы вернулись к началу разговора.

Сложность серьезного подхода к делу опять-таки заставляет искать простое решение. И его снова подсказывают специалисты. «Ешьте витаминно-минеральные комплексы, — советуют они. — Те витамины и минеральные вещества, которых у вас в организме и так хватает, просто не усвоятся в кишечнике или выведутся с мочой, а те, которых мало, всосутся, попадут в клетки и начнут выполнять положенную им работу, радуя едока окрепшим здоровьем и превосходным самочувствием».

Кого ранил «Ланцет»

Со времен Руссо, если не первых спартанских царей, просвещенная публика нет-нет да и начнет думать, что истинная жизнь — в согласии с Природой, что Природа, как заботливая мать, приготовила для нас все необходимое. То есть витамины, образовавшиеся в петрушке и лимоне, пшенице и горохе, истинны и целебны; те же витамины, перешедшие в корову и накопившиеся в ее печени или попавшие в молоко, — ничуть



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

не менее животворны, а созданные микроорганизмами в био-реакторе и выделенные из них или другого природного сырья на заводе, с помощью мерзкой экстракции, высушенные, упакованные в таблетки, они теряют истинную силу и становятся ядом или, в лучшем случае, бесполезным балластом. Что уж говорить про синтетические витамины, полученные в химическом реакторе, — это просто медленная смерть, даже если химики приписывают им ту же химическую формулу, что и у естественных витаминов. Миф не умирает, он приспосабливается ко времени. Вера в могучих духов земли, *vis vitalis* и мудрость природы сейчас сменилась верой в «экологически чистое здоровое питание» (в английском языке ему соответствует понятие «organic food», что иногда переводят как «органическая пища»), у которого есть множество сторонников.

Иногда эта вера подкрепляется фактами или тем, что принимают за факты. Так, в октябре 2004 года в Интернете и прессе замелькали заголовки вроде следующего: «Синтетические витамины вредны для здоровья». Поводом для их написания послужила статья Горана Бжеляковича и его коллег под названием «Vitamins to prevent cancer: supplementary problems» («Витамины для предотвращения рака: дополнительные проблемы»), опубликованная в авторитетном медицинском журнале «Ланцет». В заголовке спрятана игра слов: часто используемое в английском языке сочетание «supplementary vitamins» означает «добавочные витамины», или «витаминовые добавки».

Основой статьи послужил обзор гепатобилиарной группы Кокрейновского общества (The Cochrane Collaboration — см. <http://www.cochrane.org>). Так называется сообщество врачей, разрабатывающих доказательную медицину — собирающих и анализирующих подтвержденные статистикой сведения об эффективности лечебных воздействий. Участники сообщества тщательно проверяют публикуемые в научной литературе результаты исследований, посвященных тому, как различные средства лечения помогают или не помогают пациентам. Наверное, это наиболее строгие статистические исследования, проводимые на больших выборках обследуемых, до нескольких десятков тысяч человек. По результатам анализа выпускаются обзоры, хранящиеся в Кокрейновской библиотеке (<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/106568753/HOME>). Некоторые публикации обновляются, когда поступают свежие данные.

Гепатобилиарная группа под руководством доктора Бжеляковича изучает болезни желудочно-кишечного тракта. Ученые решили проверить гипотезу, казавшуюся весьма убедительной. Стало уже привычным связывать развитие рака с воздействием на компоненты клетки активных форм кислорода, АФК (так теперь называют свободные радикалы). Дескать, они вызывают мутации, в том числе в генах, отвечающих за механизмы деления клетки. Механизмы портятся, клетки перестают отвечать на регулирующие сигналы и самовольно делятся. Содержание АФК в клетках ограничивается специальными антиоксидантными системами клетки, но если этим системам не хватает материальных ресурсов — тогда извините. А ресурсами как раз и служат витамины С, А и Е, а также селен. Наверное, статистика убедительно доказывает, что при большом недостатке этих веществ в организме рак возникает чаще. Отсюда у врачей возникла простая мысль: может быть, общепринятые нормы по-

требления этих витаминов еще не оптимальны, и если повысить их, возникновение рака заблокируется еще надежней? Это предположение и проверяла группа Бжеляковича.

Новый обзор, подготовленный теми же учеными в 2008 году, подтвердил сделанные ранее выводы. Оценивали общую смертность, заболеваемость раком желудочно-кишечного тракта, побочные эффекты. По этим данным оценивали относительный риск заболеть, с 95%-ным доверительным интервалом. Было проведено двадцать рандомизированных (то есть исключающих систематические ошибки) исследований, в них приняли участие 211 818 пациентов. В 12 исследованиях получали бета-каротин, в четырех — витамин А, в восьми — витамин С, в десяти — витамин Е, в девяти — селен.

Выводы, как их дают ученые, непонятны без дополнительных разъяснений. Вот пример фразы из краткого изложения результатов: «Добавки-антиоксиданты не оказывали существенного эффекта на смертность при мета-анализе модели, основанной на случайных эффектах, но существенно увеличивали, если анализ был основан на модели фиксированного эффекта». Для подобных умозаключений нужны толкователи. Но в целом, пишут они, бета-каротин в комбинации с витамином А и витамином Е значительно увеличивал смертность. В пяти исследованиях селен показал благоприятный эффект, который нужно еще проверить.

Здесь пришлось пропустить детали, важные для специалистов, но малопригодные для научно-популярного издания. Это те самые подробности, с помощью которых авторы всегда могут сказать, что их не поняли или что у них были дополнительные рабочие гипотезы, способные изменить результат, но еще не поддающиеся проверке. Это реальные, неизбежные трудности научной работы, однако выводы порой делаются так, как будто таких трудностей нет.

В кратких описаниях исследований не говорится, действительно ли участники исследования регулярно принимали витамины на протяжении долгого срока (и какого именно?), кто и как это проверял. Ничего не сказано о стране и месте их проживания. Известно, что многие из них были курильщиками, некоторые работали на асбестовом производстве. Обследуемые получали достаточное количество бета-каротина с пищей, а сверх того — до 18 мг в сутки в составе витаминных добавок. Кстати, в России с 2008 года верхний допустимый уровень потребления в-каротина в составе добавок принят за 7 мг в сутки, среднее поступление с пищей, по данным Института питания РАМН, — около 2 мг, а оптимальный уровень потребления — 5 мг. Таким образом, действующие сейчас нормы потребления у обследованных были превышены более чем в два раза.

Зерна сомнения статья в «Ланцете» заронила, и это неплохо: она заставила врачей и гигиенистов еще более аккуратно относиться к своим рекомендациям и проводить дополнительные исследования. Однако многие люди сделали из этой истории свои выводы: «Ученые доказали, что синтетические витамины, в том числе и поливитамины, принимать вредно». Вредно безотносительно к дозе, состоянию человека, его питанию и прочим деталям. Миф не интересуется числами, они, «как домашний, подъяремный скот» нужны «для низкой жизни» (Н.Гумилев). Миф интересуется словом.

Действительно, большинство витаминов синтезируют химическим способом. Как бы специалисты ни убеждали, что по химической структуре синтезированные витамины идентичны натуральным и содержат естественные изомеры, что они хорошо очищены от промежуточных продуктов синтеза, проверены на токсичность в опытах на животных и в экспериментах с участием людей, что они способны возместить недостаток витаминов в пище и вылечить гиповитаминозы, — всегда найдутся люди, которые будут в этом сомневаться. Это их право. Но при этом им не мешает помнить, что витамины способны действовать независимо от веры в них.



Полезные ссылки

Единая
коллекция
цифровых
образовательных
ресурсов

ЕДИНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ
ЦИФРОВЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ



<http://school-collection.edu.ru/>

Рекомендуем этот ресурс нашим читателям-педагогам, а возможно, и ученикам. Электронные учебно-методические материалы рассортированы по предметам и годам обучения, а также по тематическим коллекциям. Имеется поисковое окошко, где можно набрать «свойства водорода» или «Евгений Онегин» и быстро получить материалы по интересующей теме (естественно, сервис бесплатный). Там есть тренажеры памяти, интерактивные задачки и математический конструктор, образовательные и научно-популярные журналы в электронном виде. Есть также лента новостей образования. Всем, кто интересуется биологией, советуем скачать оттуда программу «Эволюционная лаборатория» А.Н.Кузнецова, А.Б.Савинецкого и Е.Н.Букваревой. Она позволяет не только наблюдать эволюционные процессы, но и управлять ими — по сути, это компьютерная игра, которая дает игроку возможность понять основные принципы теории эволюции на основании личного опыта.

Pubget: the search engine for life-science pdf's

pubget
BETA

<http://pubget.com/>

В библиотеке последний номер журнала «Nature» датирован позапрошлым месяцем, и сотрудники только разводят руками на вопросы «почему» и «когда»? Если ваша библиотека не купила платного доступа к электронной версии (а эта услуга обычно обходится гораздо дешевле, чем покупка статьи непосредственно у «Nature»), то вам, возможно, до некоторой степени поможет этот ресурс. Там имеются не все статьи, а только те, к которым и так есть легальный доступ: нарушать копирайт там никто не думает. Зато поиск по названию или ключевым словам оптимизирован, и результатом его будет статья в формате pdf — то есть в таком виде, как она была опубликована. Представлены журналы «Cell», «Current Biology», «Nature», PNAS, «Science», «Lancet», «PLoS biology» и «PLoS medicine» — всего около двух миллионов публикаций. Поиск интуитивно понятный, а для самых непонятливых имеется раздел «помощь». «Каждый год ученые расходуют около полумиллиарда минут на поиск биомедицинской литературы в Сети. Лучше бы они потратили это время на лечение болезней и создание технологичного будущего. Задача Pubget в том, чтобы вернуть им — вам! — потерянное время», — пишут разработчики. Дело хорошее.

Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи

<http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/index.html>

Сайт создан при поддержке Зоологического института РАН и РФФИ для специалистов и для всех, кому нужна достоверная информация по жесткокрылым. Начинающим коллекционерам будут интересны руководства по составлению коллекций и методы сбора жу-



ков (хотя «Лов насекомых с автомобиля», возможно, удивит даже опытных). Есть персоналии энтомологов, очень полезны замечательные подборки изображений жуков. Сайт делал попытку выкладывать фотографии типовых экземпляров из коллекций ЗИН РАН, но продвинулся в этом направлении не слишком далеко, зато выложил списки. Электронные коллекции биообъектов, о которой не раз писала «Химия и жизнь», пока еще остаются мечтой.

База знаний по биологии человека

<http://humbio.ru/>

Ресурс Института молекулярной генетики РАН. Есть разделы «Физиология», «Клеточная биология», «Генетика», «Биохимия», «Иммунология», «Патология», «Репродукция и развитие», «Молекулярная эволюция», «Биология сенсорных систем». Не совсем удобна навигация по гиперссылкам и поиск (народ уже отвык использовать в запросах «и, или, и не»), но это искупается качеством информации. Кнопка «Биологические базы данных» ведет на сайт Объединенного центра вычислительной биологии и биоинформатики (www.jcbi.ru/). Там можно найти информацию по веб-сайтам с данными по молекулярной биологии и смежным дисциплинам. А таких сайтов уже сотни, и очень здорово, что есть возможность посмотреть список всех баз, посвященных, например, трехмерным структурам белков, и выбрать среди них ту, где с наибольшей вероятностью окажется интересующий вас белок.



The Last Word. The science of everyday things

<http://www.last-word.com/>



«Почему кошка всегда приземляется на четыре лапы?», «Что будет, если инопланетяне украдут Луну?» «Масса, по Эйнштейну, преобразуется в энергию. Объясните точно, что такое энергия?», «Бывает ли у животных анорексия или булимия?» — вот примеры вопросов, посвященных «науке в повседневной жизни», которые можно задать на сайте этого проекта журнала «New Scientist», при условии, что вы пишете и читаете по-английски. (Других ограничений, по-видимому, нет: в этой игре участвуют люди со всего света.) Можно и отвечать на вопросы других читателей, но недостаточно продуманные ответы, очевидно, будут удалены модераторами. Лучшие ответы выбираются голосованием. Кстати, похожий проект «Детские вопросы» есть на сайте «Элементы» (<http://elementy.ru/>).



09A021

Стресс с точки зрения физиологии



ЗДОРОВЬЕ

Почему появляется стресс и как от него избавиться? Сегодня благодаря психофизиологическим исследованиям мы знаем, что стресс инициирует префронтальная область коры головного мозга. Происходит это, когда наше поведение больше не соответствует сложившейся ситуации и префронтальная кора пытается «прокричать» об этом. Постараемся распутать нити беспокойства и понять его причину, а значит, и научиться управлять им.

Что такое префронтальная область коры?

Эта часть нашего мозга развилась относительно недавно в масштабе эволюции, но именно она обеспечила расцвет современного человека. Она помогает нам адаптироваться к разным обстоятельствам, анализировать информацию и рассуждать логически в соответствии с ситуацией. Собирая разнообразные сведения, она объединяет их, а потом выдает результат, который мы воспринимаем как «интуицию» или «предчувствие». Эта часть бессознательно и очень умело обрабатывает получаемые данные.

Как это — бессознательно? Мы привыкли, что разум и сознание нам подвластны, а любое решение — результат размышления. Классическая психология утверждала, что не только мышление, но также обычное поведение и его гибкость — это сознательная деятельность мозга. Согласно этой модели, выбор и решение всегда рациональны и осознанны.

Голландские исследователи Ап Дейкстерхейс и Лоран Нордгрэн (см. например, публикацию в «Science», 2006, т. 311, с. 1005) подвергли сомнению это утверждение. Они установили, что префронтальная область коры выполняет операции, необходимые для принятия решения, совершенно бессознательно, а волевой контроль над размышлениями не всегда при-

водит к самому правильному решению.

Суть эксперимента А. Дейкстерхейса и Л. Нордгрэна состояла в следующем. Испытуемых просили сделать выбор из множества данных, причем заранее было известно, что объективно существует лучший вариант. Например, они должны были выбрать квартиру или машину, причем каждый объект характеризовали 4—12 параметрами в зависимости от сложности эксперимента. Испытуемых разделили на три группы. Первая должна была дать ответ немедленно, не раздумывая — просто посмотрев на список объектов и их параметров. Второй группе давали на прицельное размышление четыре минуты, третьей — столько же, но испытуемых все время отвлекали, чтобы они не могли сосредоточиться на поставленной задаче. Интересно, что в самом сложном варианте (где надо было принять во внимание 12 параметров) результаты были намного лучше у первой группы, которая отвечала не раздумывая, и у третьей, которой не давали подумать над решением. А вот при простой задаче (с четырьмя параметрами) это преимущество стиралось.

Эти психологи действительно доказали, что чем сложнее ситуация, тем более бесконтрольной должна быть обработка данных перед принятием решения. Ведь в экспериментах они заставляли испытуемых сделать выбор, опираясь на такое множество данных, что их невозможно было полностью проанализировать. Именно в подобных случаях префронтальная область коры автоматически выдает решение в форме «чувства» или «инстинкта».

Вот конкретный пример: когда опытный инвестор «чувствует» выгодное дело, его префронтальная кора генерирует положительное ощущение и он принимает решение. Он не размышлял сознательно, но это только

кажется, что его вывод необдуманый. Его ощущения — видимая часть огромного айсберга, то есть сложных и бессознательных операций, которые произвела его префронтальная кора. Так и человек, который колеблется, подписать ли договор о покупке квартиры, которая по всем параметрам ему подходит, подчиняется эмоциональному посланию, отправленному этой же частью мозга. Видимо, она просуммировала какие-то негативные элементы.

Одно из самых важных посланий, которые направляет префронтальная область остальному мозгу и всему организму, — это стресс, то есть совокупность защитных физиологических реакций, возникающих в организме в ответ на воздействие неблагоприятных факторов. В животном мире стресс — это, как правило, реакция на опасность для жизни. У животных этот сигнал организму посылают другие отделы мозга, гораздо более древние, чем префронтальная кора, — они сформировались уже у рептилий и грызунов. У «человека современного» стресс не похож на животную, чисто физиологическую реакцию (или похож только в 10% случаев, при прямой опасности для жизни). Современный стресс — это субъективная реакция на перемены в жизненных обстоятельствах и обществе, взаимоотношения с окружающими и пр.

На физиологическом уровне стресс современного человека — сигнал предупреждения, который посылает префронтальная кора, когда обнаруживает неадекватное поведение «хозяина» в какой-то ситуации. Префронтальная часть пытается проинформировать о том, что имеется абсурдный (нерациональный) элемент или внутреннее противоречие. Это показывают многочисленные работы по когнитивным и поведенческим терапиям, опубликованные за последние 40 лет. Исследования показывают теснейшую связь между стрессом

Согласно данным Европейского фонда за улучшение условий жизни и труда, в 2000 году у работающих людей стресс был второй по значимости проблемой после болей в спине. В Евросоюзе треть работающих находятся в состоянии стресса, 50–60% пропусков работы связано с профессиональным стрессом, а 70% несчастных случаев на работе произошли после события, вызвавшего стресс.

и нерациональностью. Они также подтверждают, что простое объяснение или логическое обоснование происходящего само по себе уменьшает стресс.

Итак, префронтальная кора обнаруживает нерациональности и противоречия нашей жизни и поведения — и посылает нам древнее предупреждение: стресс. К сожалению, мы часто не распознаем это жесткое послание и не можем понять, каким несоответствием оно вызвано. Почему же префронтальная область коры не объясняет, в чем дело?

По гипотезе американского нейропсихолога Антонио Дамасио, префронтальная область обладает «функциональной незрелостью», поскольку сформировалась сравнительно недавно, о чем упоминалось в начале статьи. Незрелость проявляется в том, что действует она неосознанно. Новорожденный не умеет объяснить, чего он хочет, поэтому громко кричит. Так и префронтальная кора подает сигнал доступными ей средствами — генерирует стресс (происходит это очень быстро благодаря прямым связям с теми частями мозга, которые формировали физиологический стресс уже у рептилий), информирующий другую часть мозга о несоответствии поведения ситуации.

Рутинное поведение

По теории того же Антонио Дамасио, «ядро сознания», а точнее, примитивное мгновенное сознание располагается в средней части мозга — в таламусе (он, как известно, отвечает за передачу информации от органов чувств к коре головного мозга) и поясной извилине. Эта часть мозга — более старая с точки зрения эволюции, и у человека она сформировалась окончательно, в отличие от префронтальной области. Последней же не хватает зрелости, и поэтому операции, которые она производит, неосознанны (если не сделать специального усилия).

Когда мы характеризуем работу поясной извилины, то можем говорить «о

работе лимбической системы по сознательному типу» (поясная извилина, как и таламус, входит в лимбическую систему, которая координирует эмоциональные, вегетативные и другие процессы). Поясная извилина учитывает информацию, полученную от органов чувств, сохраняет в памяти намеченные цели, а также навыки, приобретенные ранее для их достижения и пр. Обычно именно «сознательная работа лимбической системы» управляет нашими действиями и адаптирует стандартное поведение к знакомым и не слишком новым ситуациям (этому способствуют обучение и память о похожих случаях в прошлом). Так мы воспроизводим привычные действия на работе, в обычной жизни, совершенствуем свои навыки.

Может случиться, что на каком-то отрезке времени нам и не надо задействовать другие механизмы, кроме «сознательной лимбической системы». Мы вообще запрограммированы сначала использовать эту «осознанную работу ядра сознания» (по А.Дамасио), поскольку она действует быстро, не требует больших усилий и хорошо отлажена по сравнению с реакцией префронтальной коры. Последняя откликается медленнее, но она гораздо более гибкая, способна к анализу и тонко чувствует изменения в обстановке... К сожалению, как уже говорили, она часто действует неосознанно.

При стрессе автоматический спонтанный тип поведения (тот самый, который управляется поясной извилиной) оказывается невыгодным и начинает ограничивать движение вперед. Приобретенные навыки сталкиваются с радикальным изменением контекста и, естественно, становятся неподходящими. Такие социальные явления, как глобализация, любые профессиональные и социальные реформы, изменяют жизни тех, кто десятилетиями действовал «по сознательному лимбическому типу», а теперь вынужден поменять тип поведения. Тут же запускается механизм стресса: префронтальная область обнаруживает противоречие между привычным и новым.

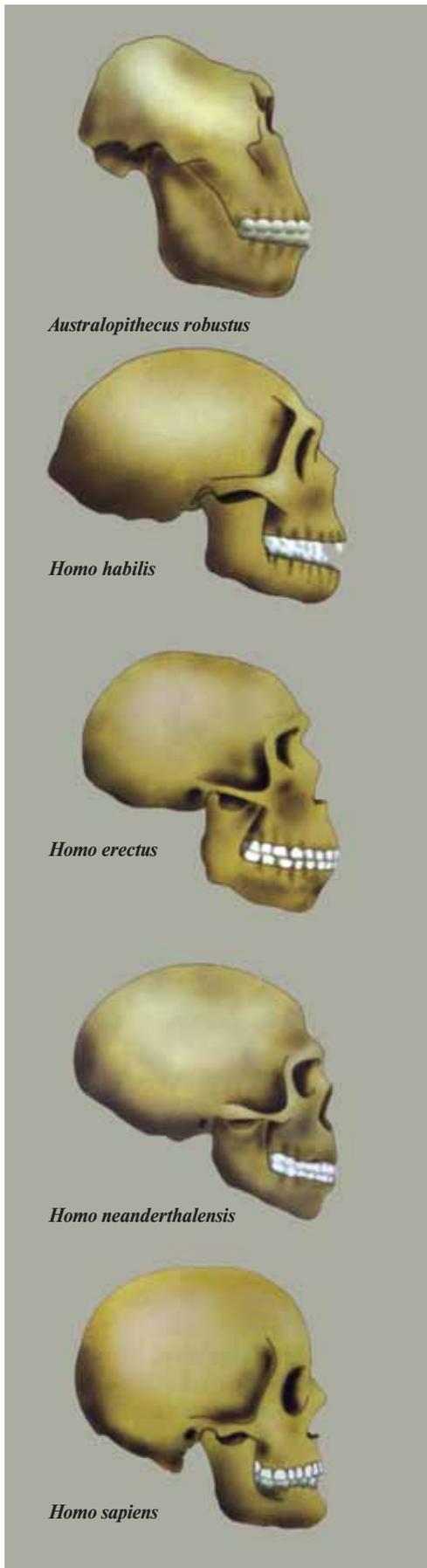
В 2003 году американский нейробиолог Мэтью Либерман из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес) доказал это с помощью компьютерной томографии.

Борьба со стрессом по-научному

Как победить стресс? Еще раз напомним, что стресс — это реакция организма, а точнее, префронтальной коры на то, что человек не замечает изменений и, опираясь на приобретенные рутинные привычки, продолжает функционировать по лимбическому типу. А между тем старые «навыки» уже не соответствуют обстоятельствам. Чтобы прервать сигнал, посылаемый префронтальной корой более древним областям мозга — тем самым, которые отвечали за физиологический стресс еще у рептилий, — надо выйти из автоматического типа поведения и начать по-другому обрабатывать окружающую информацию. Если сигнал не прервать, то он добегит до отделов, которые руководят физиологическим ответом на стресс, и организм получит по полной программе.

Поведение должно стать гибким, нестереотипным. А это, в свою очередь, требует открытости, любознательности, понимания нюансов, логики (автоматизм — нечто противоположное логике). Надо принять новые обстоятельства, новую точку зрения. Совокупность этих действий победит автоматизм, которым руководит поясная извилина, и стресс отступит. Кстати, люди, чья работа предполагает повторяющиеся однотипные действия и ограниченную самостоятельность, особенно подвержены стрессу.

В общем, в сложной ситуации достаточно просто мобилизовать префронтальную область — она и сама способна решать трудные задачи. Для этого есть специальные приемы. У психологов существуют опросники, заполнив который, любой человек может оценить свое состояние. Даже сам факт ответа на вопросы порой смягчает сложную ситуацию и помогает

*Australopithecus robustus**Homo habilis**Homo erectus**Homo neanderthalensis**Homo sapiens*

Префронтальная область сильно изменилась в процессе эволюции человека — обратите внимание как увеличивается высота лба

наметить пути отхода, стимулировав мозг к нестандартным ответам. (Поскольку стресс и нерациональность тесно связаны, то если рационализировать ситуацию, можно утихомирить стресс даже при отсутствии решения.) Вопросы психологов помогают испытуемому активизировать шесть состояний ума, которые благоприятны для работы префронтальной коры и уменьшают активность поясной извилины. А именно: любознательность, готовность к принятию ситуации, гибкость — относительность (способность рассмотреть ситуацию с разных точек зрения), логическое мышление и выработка личного мнения.

В психологических терминах поможет разобраться конкретный пример. Если ваш муж требует развода и хочет оставить детей себе, то «любознательность» состоит в том, чтобы спросить себя, что же не так происходит между вами; «принятие» приведет к мысли, что совместная жизнь действительно закончилась; «гибкость» побудит вас не приписывать бывшей половине одни лишь отрицательные качества; «относительность» заставит принимать в расчет претензии другого; «логическое мышление» поможет сформулировать цели и пути их достижения; и наконец, «личное мнение» может предполагать обращение в суд или, наоборот, примирение, но главное — чтобы решения всегда были максимально объективными и открыты.

Описание методов борьбы со стрессом уместилось в несколько строк, однако выполнение этой задачи под руководством психотерапевта займет много сеансов и отнимет кучу денег. Все же кое-что можно попытаться сделать самим. Ведь часто нет необходимости активировать все шесть «префронтальных» качеств. Достаточно пробудить любознательность и гибкость в широком смысле слова — и человек уже почувствует, что стресс отступает. Исследователи доказали это, в частности, на учениках летной школы. Когда будущим пилотам сначала предлагали несколько самых общих упражнений, стимули-

рующих хотя бы одно из шести перечисленных качеств, последующие испытания на тренажерах показывали, что их реакция более адаптирована к сложным ситуациям.

Стресс — бич нашего времени. Даже в наиболее развитых странах — тех, которые действительно заботятся о социальном благополучии и имеют отлаженные структуры социальной помощи, — граждане принимают огромные количества снотворных и антидепрессантов. Но зная, что стресс — всего лишь послание, которое одна часть мозга адресует другой, мы можем искать иные методы борьбы. Это сигнал, что мы должны адаптировать наше поведение к новым условиям. Многие народы тысячелетиями умеют это делать. Было показано, что у тибетских монахов медитация стимулирует префронтальную область до такой степени, что у них пропадают самые естественные и автоматические реакции организма — например, вздрогнуть при выстреле. То есть их тренированный организм не по зубам даже самому сильному стрессу.

В общем смысле культура, путешествия, интерес к новому — все это может бороться со стрессом, пока у человека в ходе эволюции не «дозреет» префронтальная кора головного мозга и не отрегулируются ее сложные функции. Но это произойдет не завтра — похоже, что мы только в начале пути. Впрочем, уже сегодня мы можем сделать вывод, что рутинная, повторяющаяся работа с небольшой долей самостоятельности — яд для префронтальной коры и существенный фактор стресса.

В. Благутина

По материалам журнала «Cerveau&Psycho», 2009, №9

Кто ответит за духоту в помещении

И. В. Гурина

Современный человек почти 90% времени находится в помещении. Малышей мамы отправляют в детский сад, где группы часто бывают переполнены, школьники и студенты сидят в классах по 40 человек и больше, а взрослые проводят на рабочих местах гораздо дольше положенных восьми часов в день. Когда вы входите в помещение, где много людей, то практически всегда чувствуете, что там тяжелее дышится, чем снаружи. Хочется сказать «не хватает кислорода». Это неверно. На самом деле кислорода все еще более чем достаточно, но в помещении повысилась концентрация углекислого газа. Что происходит при этом с нашим организмом? Насколько это вредно? Современные исследования доказывают, что повышенное содержание CO_2 во вдыхаемом воздухе отрицательно влияет на кровь, слизистые оболочки, дыхательную и мочевыводящую системы, костную ткань, иммунитет и умственную деятельность человека.

Цифры

Лучше всего дышится на природе. В чистом загородном воздухе 380–400 ppm углекислого газа, то есть 0,038–0,04%. Эти концентрации оптимальны для дыхания человека.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за последние 50 лет увеличилось на 20% и постоянно продолжает расти — особенно в крупных городах за счет выхлопов автомобилей и промышленных выбросов. Сегодня уровень CO_2 в воздухе большого города может быть 600 ppm (0,06%) и выше. Не будем подробно обсуждать атмосферу: для нас важно, что при этом происходит в помещениях, где мы проводим почти все время. Закрытые помещения — своего рода ловушки CO_2 . Воздух с уже повышенным или даже нормальным со-

Единицы измерения уровня CO_2 — ppm (parts per million). Это миллионная доля, аналогичная по смыслу проценту или промилле. 1000 ppm = 0,1% содержания CO_2 в воздухе.

держанием углекислого газа поступает через окна и вентиляцию, а потом его концентрация начинает быстро расти из-за дыхания людей, которые находятся в здании. Здесь естьотягающие обстоятельства: принудительной вентиляции может вообще не быть или она работает плохо, а естественная не работает, поскольку пластиковые окна не пропускают воздух и они закрыты, чтобы никто не простудился.

В закрытом помещении уровень углекислого газа повышается гораздо быстрее, чем убывает кислород. Замеры показывают, что, даже когда в школьном классе уровень CO_2 достигает 1000 ppm (0,1%), содержание кислорода практически не меняется (рис. 1).

Конечно, увеличение углекислого газа зависит от количества людей в этом помещении, от их веса и того, что они при этом делают. В тренажерном зале станет душно гораздо быстрее, чем в офисе (табл. 1).

Таблица 1

В зависимости от вида деятельности человека, он выдыхает разное количество углекислого газа

CO_2 л/час	Что делает
18	Сидит
24	Работает в офисе
30	Ходит
36	Выполняет легкую физическую работу
32-43	Выполняет работы по дому
55-75	Делает тяжелую физическую работу
175 и выше	Выполняет спортивные упражнения

Исследователи знают, что существует связь между концентрацией CO_2 и ощущением духоты. Человек начинает ощущать симптомы «нехватки свежего воздуха» (а на самом деле повышенной концентрации углекислого газа) уже при его уровне 0,08%, то есть 800 ppm. Впрочем, в современных офисах бывает и 2000 ppm CO_2 и выше. Но об этом чуть позже.

Что такое ацидоз и чем он плох

В норме кислотность (pH) крови человека равна примерно 7,4. Наш организм настроен на эту цифру, она необходима для работы всех ферментных и био-

логических систем организма. Логично предположить, что даже небольшие постоянные изменения кислотности крови могут оказывать очень сильное воздействие на живое существо.

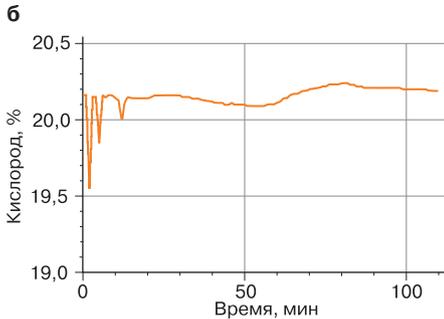
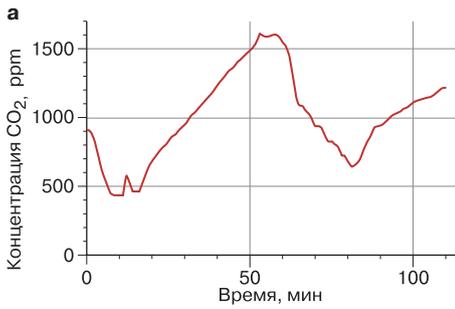
Что происходит при повышении концентрации CO_2 в воздухе, который попадает в организм? Увеличивается парциальное давление CO_2 в наших альвеолах, его растворимость в крови повышается, и образуется слабая угольная кислота ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$), распадающаяся в свою очередь, на H^+ и HCO_3^- . Кровь закисляется, что по-научному и называется ацидозом. Чем выше концентрация CO_2 в воздухе, которым мы постоянно дышим, тем ниже pH крови и тем более кислую реакцию она имеет (рис. 2).

Минимальные физиологические последствия ацидоза — перевозбуждение, учащенное сердцебиение и умеренное повышение давления. При более сильном ацидозе человек становится вялым, сонливым, ощущает беспокойство. Но все это происходит уже при концентрациях углекислого газа, типичных для современных помещений, где много народа. Впрочем, когда человек надолго выходит на свежий воздух, его состояние постепенно приходит в норму.

А если всю жизнь дышать воздухом, в котором много углекислого газа, ежедневно, по 20 часов и больше? При ацидозе происходят биохимические изменения в организме, если же он хронический, то, видимо, они в какой-то момент могут стать необратимыми. В какой именно — ученым еще предстоит выяснить.

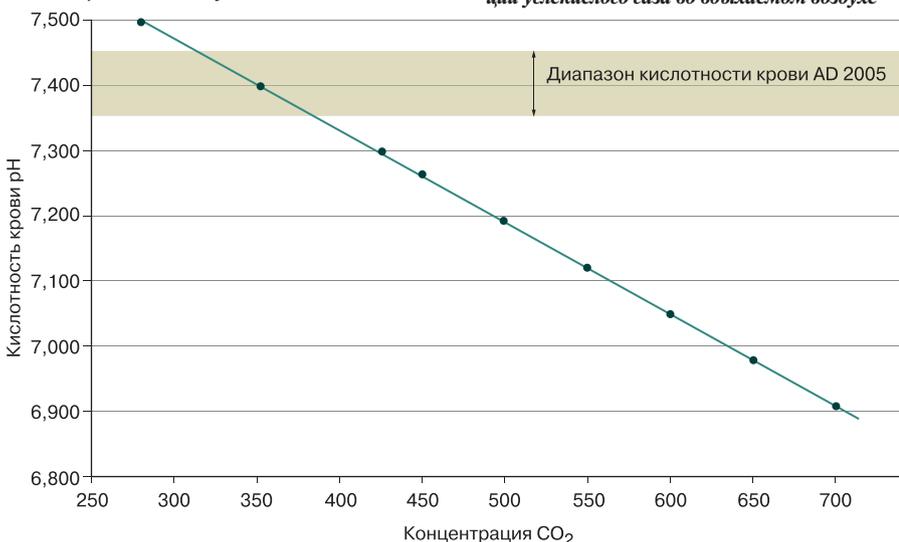
За постоянство концентрации ионов водорода внутри организма отвечают его буферные системы. В частности, большую роль здесь играют почки, которые выводят избыток ненужных веществ. Кроме того, в организме есть неорганические буферы. Одни из самых важных — это бикарбонат (HCO_3^-) и фосфаты. Есть и другие, органические, например гемоглобин и белки плазмы. Но все же 53% общей буферной емкости крови приходится на систему «бикарбонат — CO_2 » (содержание бикарбоната в плазме — 24 ммоль/л).

Когда начинается ацидоз, то сначала организм защищается, повышая концентрацию бикарбоната в плазме крови, — об этом свидетельствуют многочисленные биохимические исследования. Чтобы ком-



1
Уровень углекислого газа в классе во время урока (а) постоянно растет. (Первые 10 минут — настройка приборов, поэтому показания скачут.) За 15 минут перемены при открытом окне концентрация CO₂ падает и затем снова растет. А вот уровень кислорода (б) практически не меняется

пенсировать ацидоз, почки усиленно выделяют H⁺ и задерживают HCO₃⁻. Собственно говоря, концентрация CO₂, при которой начинается повышение бикарбоната в крови, могла бы стать одной из научно обоснованных норм для допустимого содержания углекислого газа в помещениях. Потом включаются другие буферные системы, и вторичные биохимические реакции организма гораздо сложнее (подробно углубляться в них не будем, механизм довольно сложный). Поскольку слабые кислоты, в том числе и угольная (H₂CO₃), могут образовывать с ионами металлов слаборастворимые соединения (CaCO₃), то они откладываются в виде камней, прежде всего в почках. К счастью, человек проводит в душном помещении не



все время, поэтому этот процесс носит обратимый характер — через какое-то время после выхода на свежий воздух карбонат кальция должен раствориться.

Сотрудник медицинской научно-исследовательской лаборатории военно-морского подводного флота США Карл Шафер исследовал, как влияют различные концентрации углекислого газа на морских свинок. Грызунов восемь недель содержали при 0,5% CO₂ (кислород был в норме — 21%), после чего у них наблюдалась значительная кальцификация почек. Она отмечалась даже после длительного воздействия на морских свинок меньших концентраций — 0,3% CO₂ (3000 ppm). Но это еще не все. Шафер и его коллеги нашли у свинок через восемь недель воздействия 1%-ного CO₂ деминерализацию костей, а также структурные изменения в легких. Исследователи расценили эти заболевания как адаптацию организма к хроническому воздействию CO₂. Если ученые давали подопытным животным достаточно времени для восстановления (больше месяца), то эти признаки исчезали. Впрочем, исследователи сами говорят о том, что нужны дальнейшие эксперименты, чтобы установить, как повлияют на состояние млекопитающих более низкие концентрации углекислого газа и когда же изменения в их организмах станут необратимыми.

Прочие эффекты и синдром больного здания

Исследования ученых не ограничиваются ацидозом. Например, обследование 344 сотрудников 86 офисов города Тайбэй (Тайвань) показало, что уже при уровне CO₂ выше 800 ppm (0,08%) у них отмечался рост маркеров окислительного стресса, например 8-OHdG (8-гидрокси-2-дезоксигуанозина), определяемого в моче. Содержание маркеров тем выше, чем дольше человек находится в душном помещении. Так же действуют на организм

2
Изменения pH крови с увеличением концентрации углекислого газа во вдыхаемом воздухе

человека летучие органические соединения, причем они и углекислый газ усиливают негативное влияние друг друга.

Ученые ЕЭС проверили, как чувствуют себя школьники в помещении с концентрацией углекислого газа выше 1000 ppm, или 0,1%. (Таких классов на Западе почти две трети, причем во вполне благополучных странах — в Швеции, Норвегии, Дании, Франции.) В медико-биологических тестах оценивали респираторное и аллергическое состояние 547 школьников в возрасте от 9 до 10 лет. Оказалось, что дети, проводящие много времени в помещении с высоким уровнем CO₂, в 3,5 раза чаще имеют сухой кашель и в два раза больше болеют ринитом.

Корейские ученые также исследовали влияние CO₂ на астматиков. Выборка — 181 ребенок моложе 14 лет из 110 домов и квартир Сеула. В помещениях замеряли уровень содержания веществ, которые считаются основными загрязнителями воздуха: CO, NO, аллергены клещей домашней пыли, тараканов, споры грибов плесени и CO₂. Ученые сделали вывод, что только повышенные концентрации CO₂ учащали приступы астмы у детей. Кстати, респираторные инфекции и астма считаются основными заболеваниями школьников.

Если мы вспомним первичные признаки ацидоза, то поймем, почему вялые и сонливые школьники плохо воспринимают новый материал. Проблема повышенного уровня CO₂ характерна и для детских садов, причем особенно для спален. Бедные дети... К счастью, у школьников каждые 45 минут бывает перемена, на время которой их выгоняют из класса, а тихий час с закрытыми окнами — тоже не очень длинный.

Куда же деться взрослым? Во многих учреждениях очень плохо работает принудительная вентиляция — именно здесь причина зашкаливания CO₂. Мы уже говорили, что пластиковые окна хорошо изолируют тепло и звук, однако начисто лишают помещение естественной вентиляции, превращая его в большой целлофановый пакет. Уровень углекислого газа в таком «пакете» очень быстро нарастает.

Есть здания, которые в специальной литературе называют больными, а люди, работающие там, испытывают синдром

большого здания (СБЗ). У синдрома много проявлений: раздражение слизистых оболочек, сухой кашель, головная боль, снижение работоспособности, воспаление глаз, заложенность носа, сложности с концентрацией внимания. Эта проблема знакома жителям ЕЭС, США, Канады и многих других стран. Некоторые исследователи считают, что именно углекислый газ — одна из главных причин развития СБЗ и этот синдром появляется уже при его уровне свыше 800—1000 ppm. Почему решили, что виновник — углекислый газ? Потому, что когда в офисном помещении его концентрация опускалась ниже 800 ppm (0,08%), то и симптомы СБЗ становились слабее. Кроме того, уровень примесей, которые могли бы вызвать подобные симптомы, растет значительно медленнее, чем уровень CO₂, поскольку люди постоянно выдыхают его.

О синдроме большого здания заговорили после того, как появились дома с хорошей теплоизоляцией и наглухо закрытыми окнами, а также с низким уровнем вентиляции из-за экономии электроэнергии. Конечно, причинами СБЗ теоретически могут быть выделения строительных и отделочных материалов, вещества, которые выделяет человеческое тело, споры плесени и т. д. Если вентиляция в помещении работает плохо, то, безусловно, концентрация этих веществ в помещении также будет расти, но медленнее, чем CO₂. Углекислый газ выступает как тонкий индикатор — он говорит о том, что уровень вентиляции недостаточен, а значит, вырастет концентрация и других загряз-

няющих веществ.

Английские специалисты Мидлсекского университета (Великобритания), проведя тщательное исследование с участием 300 человек, вынесли вердикт: уровень углекислого газа в офисе не должен превышать 600—800 ppm (0,06—0,08%). Если он выше, то внимание снижается на 30 %. При концентрациях CO₂ более 1500 ppm 79% опрошенных испытывали чувство усталости, а более 2000 ppm — две трети испытуемых не могли сосредоточиться. У 97% сотрудников, страдающих мигренью, она появлялась уже при уровне углекислого газа 1000 ppm (0,1%).

Ученый из Великобритании Д.С.Робертсон считает, что люди начинают чувствовать ухудшение качества воздуха уже при концентрации CO₂ 600 ppm, а не при 800, как говорилось в начале статьи. Когда она становится еще выше, у отдельных людей появляется один или несколько классических симптомов отравления углекислотой — проблемы с дыханием, учащенный пульс, головная боль, снижение слуха, потливость, усталость, физиологические расстройства, и все они растут прямо пропорционально уровню CO₂ (табл. 2,3). По другим данным, у 15—33% людей эти симптомы возникают при концентрации 600—800 ppm, у 33—50% при 800—1000 ppm, и 100% будут испытывать их при концентрации 1500 ppm. Расчетная модель говорит, что для того, чтобы поддерживать в помещении CO₂ в пределах 600 ppm, в него должно подаваться принудительной вентиляцией 68 м³ воздуха в час на одного человека.

Как же понять, что это влияние именно CO₂, а не других ядовитых продуктов, образующихся в процессе жизнедеятельности человека (в их число входят ацетон, аммиак, амины, фенолы...)? В Будапештском университете технологии и экономики разработали специальную методику, позволяющую свести к минимуму уровень загрязнения другими веществами. Подтвердилось, что виноват именно CO₂. В исследовании приняли участие молодые и здоровые люди, средний возраст которых составлял 21 год, и, несмотря на то что эксперименты продолжались не дольше 140—210 минут (концентрации доходили до 3000 ppm), чувствовали они себя откровенно плохо. Что же говорить о сотрудниках, которые находятся в офисах по восемь-девять часов ежедневно многие месяцы и годы.

В начале 2009 года сотрудники Национальной лаборатории Лоренса Беркли (США) пытались понять, как углекислый газ в концентрациях 550, 1000 и 2500 ppm влияет на умственную деятельность и здоровье человека. Методика эксперимента была аналогична той, которую использовали венгерские ученые, однако добровольцы, участвующие в данном эксперименте, находились при заданных уровнях CO₂ ежедневно по восемь часов в течение трех месяцев. Полученные данные пока еще обрабатываются, но оптимизм внушает тот факт, что наконец-то появился четкий стандарт эксперимента.

Вот еще один важный момент: сегодня уровень концентрации CO₂ в помещении служит основным показателем качества воздуха. Он выступает как газ-индикатор, по которому можно судить не только о других загрязнителях, но и о том, насколько хорошо работает вентиляционная система в здании. Исследования в школьном классе показали, что если в воздухе присутствуют, кроме углекислого газа, летучие органические соединения и формальдегиды, то достаточно следить только за CO₂. Если вентиляция справляется с ним, то остальные загрязнители также остаются на низком уровне. Более того, по CO₂ можно судить и о количестве бактерий в воздухе. Чем больше углекислого газа, тем хуже справляется вентиляция и тем больше в воздухе разных бактерий и грибов. Особенно отчетливо это заметно зимой, когда интенсивность вентиляции падает, а количество респираторных инфекций растет.

Скрытая проблема

Проблема углекислого газа в помещении существует во всех странах, но в России ее вроде как и нет. Строят новые здания, часто с применением современных «зеленых» технологий, ста-

Таблица 2

Кратковременное и длительное влияние на человека повышенных концентраций углекислого газа

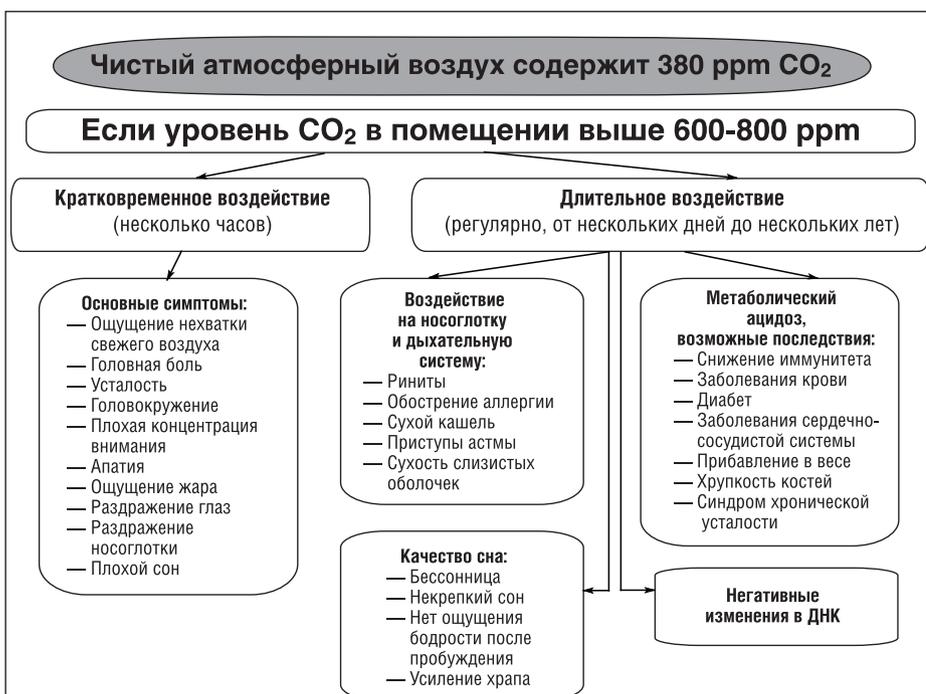


Таблица 3

Как разные количества углекислого газа в воздухе влияют на человека

Уровень CO ₂ (ppm)	Физиологические проявления
Атмосферный воздух 380—400	Идеальный для здоровья и хорошего самочувствия человека
400—600	Нормальное качество воздуха Рекомендовано для детских комнат, спален, офисных помещений, школ и детских садов
600—1000	Появляются жалобы на качество воздуха. У людей страдающих астмой могут учащаться приступы
Выше 1000	Общий дискомфорт, слабость, головная боль. Концентрация внимания падает на треть. Растет число ошибок в работе. Может привести к негативным изменениям в крови. Может вызывать проблемы с дыхательной и кровеносной системой
Выше 2000	Количество ошибок в работе сильно возрастает. 70% сотрудников не могут сосредоточиться на работе

рые здания модернизируют, ставят новые окна. А людям некомфортно, и население больших городов в целом более слабое и больше болеет. Врачи лечат последствия, грешат на общее загрязнение атмосферы, а жесткие нормы на содержание в помещениях углекислого газа в России отсутствуют.

За последние несколько десятилетий практически не появлялись и российские исследования на эту тему. Между тем отдельные замеры в офисах Москвы показали, что в некоторых из них уровень CO₂ — 2000 ppm и выше. В 60-х годах прошлого столетия О.В.Елисеева в своей диссертации провела детальные исследования по обоснованию ПДК CO₂ в воздухе жилых и общественных зданий. Она проверила, как влияет углекислый газ в концентрациях 0,1% (1000ppm) и 0,5% (5000ppm) на организм человека, и пришла к выводу, что кратковременное вдыхание здоровыми людьми двуокиси углерода в этих концентрациях вызывает отчетливые сдвиги в функции внешнего дыхания, кровообращения и электрической активности головного мозга. Согласно ее рекомендациям, содержание CO₂ в воздухе жилых и общественных зданий не должно превышать 0,1% (1000 ppm), а среднее содержание CO₂ должно быть около 0,05% (500 ppm). Несмотря на то что даже кратковременное воздействие вызывало нежелательный эффект, ни ПДК, ни какие-либо другие нормативы по углекислому газу в то время в СССР не были приняты. Нет подобных норм для учебных, офисных и жилых помещений в СНИПах (строительных нормах) и СанПиНах (санитарные правила и нормы).

В странах Европы, США и Канаде, как правило, нормой считается 1000 ppm (0,1%). Именно в соответствии с этими цифрами рассчитывается вентиляция зданий. Во многих школах проводится мониторинг качества воздуха по уровню углекислого газа. Конечно, не всегда и не везде этот уровень соответствует норме. Но в этом случае администрация школ обязана принять меры, чтобы улучшить положение. В Финлян-

дии, например, школу, в классах которой обнаружен повышенный уровень углекислого газа, могут даже закрыть до тех пор, пока не будет налажена вентиляция.

Вообще, на Западе тема качества воздуха в помещении довольно популярна. Ежегодно проводятся конференции по теме «Здоровое здание» и тема вентиляции там поднимается постоянно. Кстати, о вентиляционных системах. С одной стороны, в современном мире все стараются экономить электроэнергию, с другой — нужно поддерживать хороший воздухообмен, а для этого требуется большое количество электрической энергии. В Финляндии ученые предложили удалять углекислый газ с помощью абсорберов, встроенных в вентиляционные системы. Таким образом, возможно, удастся добиться разумного баланса между экономией электроэнергии и безопасным уровнем углекислого газа в помещениях. Такие бытовые абсорберы углекислого газа для помещений уже существуют, было бы желание их применить.

В последние годы в США и в Европе появляются проекты так называемых зеленых зданий. Они построены из экологически чистых материалов и должны потреблять как можно меньше электроэнергии или обеспечивать ею себя сами. Все это хорошо, но это неизбежно приводит к экономии именно на вентиляции. В декабре 2008 года английская газета «Дейли мейл» рассказала о том, как профессор Дерек Клементс-Крум исследовал несколько школ, пытавшихся воплотить в жизнь идею экологичного здания с минимальным потреблением энергии. В этих школах профессор зафиксировал очень высокий уровень CO₂ в классах. В результате у детей был заторможен мыслительный процесс, они были вялыми и не могли нормально учиться.

Появилась информация о том, что на северо-востоке Москвы также будет построен первый «зеленый» высотный административно-жилой комплекс «Кристалл» (187 тыс. м²). Если учесть, что с

**ЗДОРОВЬЕ**

проблемой углекислого газа в помещении в России мало кто знаком, то здоровье людей, которые будут находиться в этом здании, заранее внушает опасения.

В наших школьных классах принудительная вентиляция практически отсутствует. Учителя должны делать «сквозное проветривание» класса во время перемены. Правда, зимой холодно, и это невозможно. Да и после проветривания уровень углекислого газа быстро вырастает в несколько раз, поэтому уже к середине урока дети не могут сосредоточиться. В современных офисных зданиях вентиляция есть, но зачастую при постройке здания рассчитывают на одно количество работников, а потом их оказывается гораздо больше. Кстати, если на улице CO₂ станет в какой-то момент очень много, то мы не сможем обойтись еще и без абсорберов углекислого газа.

В последние годы появились точные инфракрасные сенсоры для замера уровня углекислого газа в помещениях. Они входят в состав газоанализаторов и показывают концентрацию углекислого газа в режиме реального времени, поэтому их удобно ставить в жилых и общественных помещениях, школах и детских садах. Однако для того, чтобы от этих измерений была польза, нужны четкие нормы по уровню углекислого газа в помещениях. А их у нас пока нет.

Что еще почитать о влиянии углекислого газа на здоровье.

D.S.Robertson. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. Current science, 2006, v. 90, № 12.

K. E.Schaefer. Effect of increased ambient CO₂ levels on human and animals. Experientia, 1982, т. 38.

Л.А.Тиунов, В.В.Кустов. Токсикология окиси углерода М.: Медицина, 1980.

Ю.Д.Губернский, Е.О.Шилькрот. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? Журнал АВОК, 2008, № 4.

Л.Л.Гошка. Инженерно-строительный журнал, 2009, № 2.

Невидимая революция

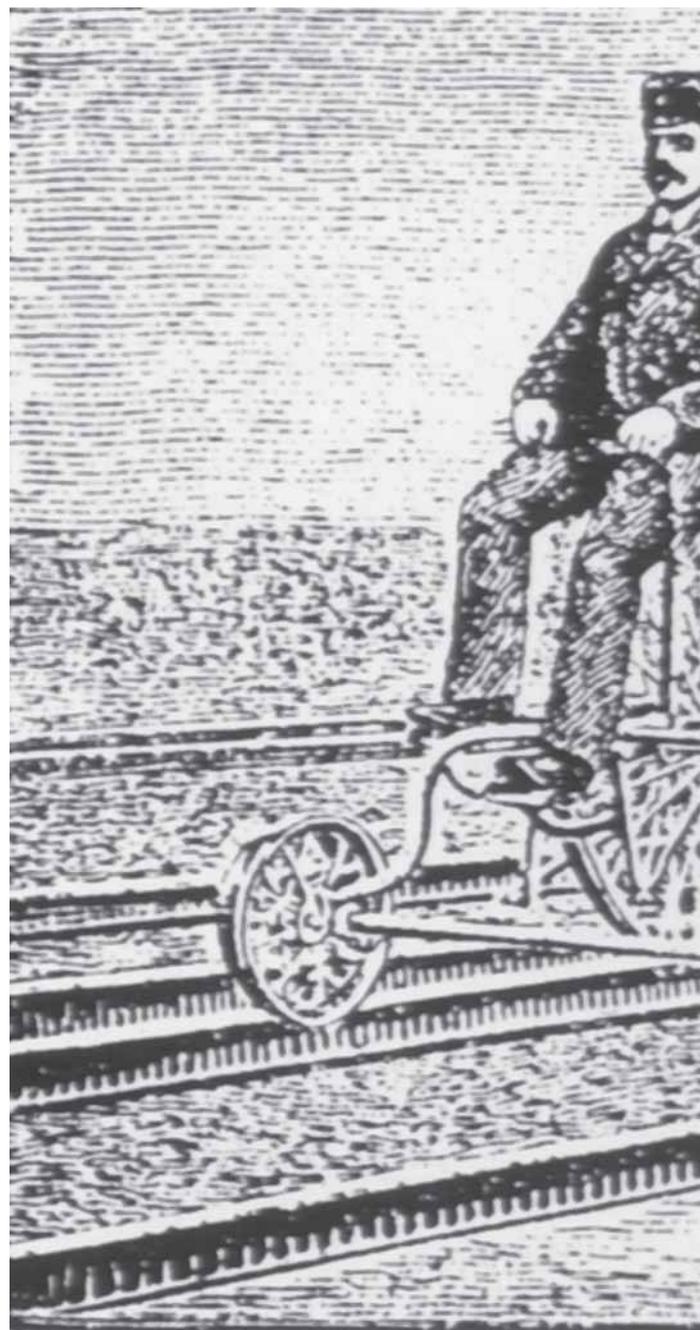
Писать историю, в том числе и историю науки, должны очевидцы, действующие лица и исполнители. Причем писать, не откладывая в долгий ящик, а сразу, по следам событий. Тогда у историков будущего появится шанс сложить из разнообразных свидетельств картину происходящего, похожую на правду. Возьмем, к примеру, новую междисциплинарную область — нанотехнологии. Вроде бы молодая совсем, зарождалась буквально на наших глазах, а сколько уже мифов, разночтений и кривотолков! Поэтому важное дело делают ученые, не ленящиеся уже сейчас рассказывать о том, «как это было». Свой вклад в создание правдивой картины происходящего внес Кристиан Жоаким, известный специалист в области физики твердого тела, директор Центра структурных исследований и разработки новых материалов в Тулузе, который вместе с журналисткой Лоранс Плеввер написал интересную книгу «Нанонауки. Невидимая революция». В ней мы найдем не только историю становления нанотехнологий и сопутствующих ей мифов. Книга интересна еще и тем, что содержит интересные и понятные описания экспериментов, вчерашних и сегодняшних, которые завтра уже станут историческими. Предлагаем вашему вниманию главу «Оставаясь на дне» из этой книги. В ней авторы рассказывают о первых попытках подключить к электродам единичную молекулу. Надеемся, что вам захочется прочитать книгу целиком — и «бумажную», и открытую для чтения электронную версию, которую нетрудно найти в Интернете по названию и именам авторов («Nanosciences. The invisible revolution», Christian Joachim, Laurence Plivert). Кстати, издательство «КоЛиБри» в 2009 году выпустило эту книгу на русском языке.

Оставаясь на дне

В конце концов миниатюризация достигает предела. Приходит день, когда кусочек вещества становится слишком маленьким, чтобы вместили прибор или машину. В 1960-х годах пределом миниатюризации представлялись размеры молекул живого вещества — таких, как белки или ДНК, молекулы из тысячи атомов. Именно в то время узнали о способности макромолекул хранить информацию, транспортировать другие молекулы, вырабатывать энергию и общаться между собой. Существуют даже ферменты с несколькими активными участками, активность которых управляется другими молекулами — такой фермент срабатывает по молекулярному или электрическому сигналу, чем немного напоминает электронное реле.

В 1970 году Жан Моно в работе «Случайность и необходимость» писал, что вызов, брошенный физикам, состоит в том, что минимальная масса электронного реле примерно равна 1^{-2} г, а масса фермента, способного выполнять те же действия, 10^{-17} г, то есть в миллион миллиардов раз меньше. В то время и думать никто не смел о машинах, меньших, чем макромолекулы. Моно бросил ученым вызов: есть молекула, она материальна, устойчива во времени (существует достаточно долго) и имеет определенную протяженность в пространстве — перечисленных качеств довольно, чтобы эту молекулу превратить в машину.

В 1990-е годы родилась иная мысль: почему бы не перевернуть порядок создания машины? То есть начинать не с большого объема вещества, уменьшая его до минимума, а наоборот — взять несколько атомов и построить из них машину? Эта идея и стала фундаментом новой технологии — нанотехнологии.



Дверь в наномир открыл инструмент, изобретенный в 1981 году, — сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Он позволил не только вывести на экран изображение одной молекулы, но и прикоснуться к ней иглой микроскопа. С того момента молекула приобрела статус обособленной единицы материи и начались приключения в мире нанотехнологии. Это она позволяет создавать устройства много меньших размеров, чем все то, что изготавливалось до сих пор: речь идет о приборах величиной порядка нанометра и допусках точности в десятые доли нанометра. Нанотехнология — новый этап многовековой эпопеи, именуемой познанием материи, а не просто еще одна фаза развития материаловедения.

Рождение молекулы

Прикосновение иглы туннельного микроскопа к молекуле превращает ее в самую крошечную машину из всех, какие только возможны. По определению, молекула есть самая маленькая частица вещества. Джованни Альфонсо Борелли



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

(1608—1679) мыслил вещество как нагромождение «маленьких машин» (*machinulae*), способных образовывать различные комбинации или разделяться. Ученые XVII века видели недостатки господствовавшего в то время учения Аристотеля, который утверждал, что все вещество состоит из четырех стихий (элементов): земли, воды, огня и воздуха. Нидерландский врач и математик Исаак Бекман, переписывавшийся со многими своими учеными современниками, регулярно вел научный дневник, который заполнял размышлениями и описаниями экспериментов. 14 сентября 1620 года он записал, что после деления дозы лекарства пополам обе половинные дозы сохранили целебные свойства. Последующие деления показали то же, но, рассуждал Бекман, если делить дозу надвое вновь и вновь, настанет момент, когда крошечный фрагмент утратит исходные качества. Бекман назвал мельчайшую частичку, сохраняющую целительные свойства вещества, «минимумом» — это был эквивалент нынешнего термина «молекула». Бекман думал, что минимум состоит из атомов, которые сделаны из «первичного вещества», но отличаются

друг от друга своими «формами». Он уточнил, что можно различать по крайней мере четыре типа атомов (соответственно четырем стихиям), хотя их может быть и больше (сегодня мы знаем о ста восемнадцати элементах).

В 1621 году к сходным представлениям пришел Себастьян Басон, богослов и регент коллегии в Дофине. Интересуясь происхождением и строением вещества, он сперва исследовал древние источники, предшествующие Аристотелю, стало быть, более близкие ко времени сотворения мира и более достоверные. Он изучил доводы атомистов, доказывавших, что материя непрерывна и состоит из атомов, и решил проверить эти утверждения на опыте, уронив каплю вина в воду. Вино постепенно растворилось в большом объеме воды, что, по мнению атомистов, доказывало: вещество делится на частицы. Решив, что вещество состоит из первичных частиц, Басон тоже заговорил о минимумах. Его минимумы состояли из тех же четырех стихий и отличались соотношениями тех или иных стихий в их составе. Еще он решил, что минимумы собираются в частицы второго порядка, а те —

в частицы третьего порядка и т. д., в конце концов формируя предметы, которые мы видим вокруг себя. Так родилось представление о молекуле — мельчайшей частицы вещества, которая, однако, построена из других частиц. Правда, само слово «молекула» (*molecula*) появилось много позже, в 1636 году, из-под пера Пьера Гассенди: этот французский священник присоединил окончание *-кула* к слову «моль», означавшему тогда то, что теперь обозначается словом «масса» (хотя «молекула» Гассенди не означала молекулу в современном понимании).

Молекулы, пусть тогда и бывшие чистым предположением, совершенно изменили науку о материи. Антуан Лавуазье (1743—1794) показал, что вещество сохраняет свою тождественность, будучи парообразным, жидким или твердым. водяной пар, вода и лед состоят из одного и того же вещества, только молекулы, которые их образуют, выстраиваются по-разному. Лавуазье был большим мастером «молекуляризации мира»: концепция молекулы лишь к концу XVIII века развилась настолько, что ученые начали объяснять наблюдаемые явления, прибегая к этому понятию.

В XIX веке наука о материи продвигалась вперед как никогда раньше. Англичанин Джон Дальтон доказывал, что вещество состоит из атомов с разными массами и атомы объединяются в молекулы, — так впервые было предложено правильное описание материи. Итальянский химик Амедео Авогадро вскоре показал, что в двух герметичных сосудах одинаковой величины при одних и тех же давлении и температуре содержится одно и то же количество молекул, какой бы газ ни содержался в сосуде. Молекула приобрела вещественность, можно сказать, стала осязаемой.

В 1860 году в Карлсруэ собрался большой конгресс, чтобы договориться о терминологии. После горячих споров химики все же согласились принять основные определения, которые почти неизменными используются и теперь. Среди прочего было утверждено и различие между атомом и молекулой (группой атомов).

А как она велика, эта молекула?

С этого времени множились попытки определить физические размеры молекулы, само существование которой все еще оставалось чистой гипотезой. Австрийский ученый Йозеф Лашмидт (1821—1895) вычислил диаметр молекулы воздуха: получилось $9,69 \times 10^{-7}$ мм, то есть 0,969 нанометров, что было бы отличным результатом... если бы «молекула воздуха» существовала. Английский физик лорд Кельвин (1824—1895), воспользовавшись иным методом, оценил размеры атомов цинка и меди в 0,1 нм. (Порядок величины верен.) Задолго до этого Бенджамин Франклин (1706—1790) предложил эксперимент, позволивший сто лет спустя рассчитать размеры молекулы. Франклин, как и многие другие, заметил, что растительное масло не смешивается с водой, а образует на ее поверхности тонкую пленку. Предположим, что толщина пленки — одна молекула, тогда, разделив объем масла на площадь образовавшегося пятна пленки, получим размер молекулы масла — порядка нанометра.

Однако на протяжении XIX века химиков смущала одна загадка: некоторые вещества, состоявшие из, казалось бы, одинаковых молекул, проявляли абсолютно разные свойства. Как это возможно? Шведский химик Йенс Якоб Берцелиус предположил: «Быть может, в будущем эту [тайну] прояснит изучение пространственной формы [молекулы]». Он назвал эти непонятные химические соединения «изомерами». Берцелиус был прав: в 1875 году химики Якоб Вант-Гофф и Жозеф Ле Бель обнаружили, что связи атома углерода направлены из центра атома к вершинам тетраэдра. Молекула оказалась трехмерной. Это значило, что две молекулы, составленные из одинаковых атомов, могут иметь различное строение и, следовательно, разные свойства. Немецкий физик Рудольф

Клаузиус показал, что архитектура молекулярных конфигураций не абсолютно жесткая: атомы совершают небольшие колебания даже в твердом теле. В 1890 году молодой немецкий химик Герман Заксе пошел дальше, обнаружив, что архитектура молекулы не так уж и постоянна, она может искажаться, как будто сделана из мягкого материала. В конце концов на исходе XIX века молекула обрела примерно тот облик, который мы приписываем ей теперь: конструкция из атомов, способная принимать различные конфигурации в пространстве.

Ученые наконец смогли объяснить множество макроскопических явлений, используя понятие о молекулах. Но никто никогда не наблюдал ни единой молекулы — они чересчур малы, чтобы увидеть их в оптический микроскоп. Поэтому молекула оставалась гипотезой, и немало прославленных ученых отказывались признавать ее. Например, несгибаемый Марселен Бертло, выдающийся ученый и государственный деятель, называл молекулу «мистической концепцией». Существование молекул было окончательно признано в 1908 году, когда французский физик Жан Перрен представил неоспоримые экспериментальные доказательства их существования.

Демон Максвелла

В 1871 году шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл вызвал настоящую революцию, которая поначалу, однако, осталась незамеченной. В своем необычном мысленном эксперименте он представил создание, достаточно миниатюрное, чтобы измерять скорости каждой молекулы, заключенной в коробочке. Этот «маленький демон», как он будет впоследствии называться, мог не только следить за молекулами, стремительно движущимися в разных направлениях, но и разделять их по скорости — медленные пропускать в одну сторону, быстрые в другую. Если позволить такому демону работать в некоем пространстве при нормальной температуре, половина его наполнилась бы кубиками льда, другая бы половина стала горячей — отражение того факта, что температура зависит от скорости молекул.

Построение Максвелла — всего лишь мысленный эксперимент, но, придумав своего демона, ученый тем самым предложил новое понимание того, что творится на молекулярном уровне. Конечно, в то время не приходилось и думать о проектировании и тем более о производстве молекулярных устройств. С демоном Максвелла охотно забавлялись творцы термодинамики, но идея молекулярного двигателя, которая естественно следовала из представления о демоне, была забыта почти на сто лет.

В XX веке биологи, в первую очередь Жак Моно, вернули демона Максвелла из забвения. Их задачей было найти объяснение элементарных процессов, происходящих в живой природе, с помощью макромолекул: одни из них придавали прочность клеточным структурам, другие играли более активную роль. В 1947 году американский биохимик Альберт Сент-Дьёрдьи предположил, что белки проводят электроны вдоль своего атомного каркаса примерно так, как это происходит в электрическом проводе. Молекула еще не сравнялась по сложности с демоном Максвелла, но Сент-Дьёрдьи уже приписал ей способность проводить электрический ток и тем самым определил, что проводник не обязательно изготавливать из металлической проволоки. Обретший вторую молодость «маленький демон» продолжил свой путь в науке, теперь в руках у химиков.

В конце 1950-х годов американский физикохимик Генри Таубе использовал идею Сент-Дьёрдьи в своих экспериментах, синтезировав вытянутые молекулы около 1 нм в длину и диаметром 0,2 нм, по которым электроны были способны двигаться почти так же, как по электрическому проводу. Впервые удалось придумать и создать молекулу, вдоль которой могли перемещаться электроны.



В начале 1970-х годов под Нью-Йорком в исследовательских лабораториях Т.Дж.Уотсона, принадлежащих компании IBM, работал американский химик Ари Авирам, который заканчивал свою докторскую диссертацию вместе с Марком Ратнером из университета штата Нью-Йорк. Их основную идею было трудно воспринять любому физика того времени. Они создали более сложное устройство, чем провод: одномолекулярный электрический выпрямитель, то есть молекулу, которая пропускала ток лишь в одном направлении. Молекула длиной 1,2 нм состояла из двух разных частей: одна обогащена электронами, другая обеднена. Молекула, подключенная концами к двум электродам, должна была работать как выпрямитель: электроны с электрода не могли бы пробиться через область, богатую электронами, но зато легко входили бы в область, бедную электронами. Через эту молекулу ток должен протекать только в одну сторону.

Таким образом, через сто лет после демона Максвелла Авирам и Ратнер описали молекулу, способную действовать автономно, как сверхминиатюризированный прибор. Подобно демону, эта молекула сортирует частицы, хотя и не молекулы, а электроны, пропуская их лишь в одном направлении. Мысль о превращении одной молекулы в электронный прибор ознаменовала рождение молекулярной электроники. Но оставалась проблема: как подсоединить к молекуле макроскопические электрические провода.

Как подключить молекулу?

В середине 1980-х годов не существовало способов пропустить электрический ток через единичную молекулу. Авирам с Ратнером не могли никому доказать, что их молекула умеет выпрямлять ток. Одни считали, что молекула слишком мала, чтобы подвести к ней провода. Других молекулярная электроника просто не интересовала: микроминиатюризация и без нее успешно продвигалась вперед. Идея молекулярной электроники постепенно утратила привлекательность.

Хорошо помню, как в 1985 году, будучи молодым ученым, только что получившим докторскую степень, я пришел к директору тулузской лаборатории оптики Национального научно-исследовательского центра (CNRS) с решением задачи подключения, которое долго вынашивал. Идея была простой: с помощью электронного микроскопа сфокусировав пучок электронов на одной молекуле, мы сможем ввести в нее несколько электронов и собрать их на электрод, присоединенный к другому концу молекулы. На поверку эта идея оказалась слишком наивной, и директор ответил мне, что молекула сгорит в электронном пучке, не успев впустить в себя электроны.

Сам Авирам долго обсуждал этот вопрос со специалистами по электронной литографии из IBM. План у него был такой: коль скоро мы можем методами электронной литографии формировать на поверхности кремния металлические проводки размером порядка 20 нм, нельзя ли расщепить такой проводок, чтобы вставить в разрыв несколько молекул? К сожалению, специалисты полагали, что это невозможно сделать с требуемой точностью.

А между тем появилась совсем новая техника — сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), изобретение Европейской исследовательской лаборатории IBM в Цюрихе. Из Швейцарии новинка попала в другие лаборатории IBM и даже в некоторые университетские лаборатории. В 1983 году туннельным микроскопом обзавелась и лаборатория, в которой трудился Ари Авирам. Физики изучали с помощью СТМ полупроводниковые поверхности: атомарное разрешение позволяло не только увидеть и понять структуру полупроводника, но и заметить ее дефекты. Авирама же эта задача не заинтересовала — он был занят синтезом новой молекулы.

В 1986 году Авирам все-таки обратил внимание на туннельный микроскоп и понял, что его чрезвычайно острая игла (шириной всего в несколько атомов) могла бы стать тем самым

ультратонким электродом для подключения к одной-единственной молекуле. Именно в это время я присоединился к его исследовательской группе, работающей над тем, чтобы установить контакт между молекулой и иглой.

Начали мы с подложки из золота, на которой распределили молекулы-выключатели, синтезированные Авирамом. Нужна была идеально гладкая поверхность, любой заусенец мог быть принят за нашу молекулу. Дело оказалось весьма непростым: иголка, перемещаемая по поверхности, все время дрейфовала и не задерживалась возле молекулы даже на секунду. Времени явно не хватало: даже если электроны и переберутся с иглы на молекулу, электронные схемы, управляющие туннельным микроскопом, не успеют засечь сигнал. Тогда мы перенастроили электронику микроскопа на самые скоротечные сигналы — и скрестили пальцы на удачу.

На этот раз кончик иглы продержался над молекулой достаточно долго, чтобы мы успели замерить ее электрические характеристики! Увы, они оказались стандартными, мы не увидели того, на что надеялись. Мы принялись вновь и вновь проводить иглу по поверхности, идентифицируя положение молекул, но ток не менялся — во всяком случае, совсем не так сильно. Наконец после самой тщательной подготовки иглы повышение напряженности электрического поля между иглой и поверхностью подложки вызвало резкий скачок силы тока. Итак, мы сумели пропустить ток через наш молекулярный выключатель!

Но счастье оказалось недолгим. Мы поняли, что в ходе эксперимента несколько атомов золота вырвались из подложки. То, что мы приняли за срабатывание молекулярного выключателя, на самом деле было атомным коротким замыканием. Понадобилось еще десять лет освоения навыков работы с туннельным микроскопом и совершенствования самого микроскопа, чтобы научиться устанавливать электрический контакт между его иглой и одиночной молекулой. Пока что по-иному подключаться к молекуле не получается. И все же в том опыте мы показали, что туннельный микроскоп может соединить несколько атомов в электрическую цепь. Наш эксперимент вводил молекулярную электронику в эру нанотехнологии и повышал интерес к этой области исследований.

Человек передвигает атом

Многие ученые долго считали невозможным подключение единственной молекулы — то есть обмен электронами с ней — из-за квантовых свойств электронов. Электроны подчиняются квантовому закону, следовательно, их поведение внутри молекулы либо рядом с ней по определению случайно, вероятно. А можно ли управлять случаем? Выходило так, что отцы квантовой механики зло подшутили над экспериментаторами. В самом деле, физические свойства атома, по Шрёдингеру, имеют квантовую природу, значит, никак нельзя установить местоположение волны, ассоциируемой с этим атомом, и невозможно манипулировать им так, как если бы он был частицей твердого тела.

Первые изображения атома вольфрама получил в 1950-е годы Эрвин Мюллер методом полевой ионной микроскопии, и это достижение сразу же породило раздоры в стане уче-

ных. Иные из них заходили так далеко, что позволяли себе сомневаться в квантовой теории вещества. Другие, напротив, заявляли, что изображения Мюллера — результат ошибки или эффект интерференции.

В начале 1970-х годов ученики Мюллера заставили атомы прыгать на игле полевого ионного микроскопа, для чего они меняли напряженность электрического поля и температуру иглы. Они смогли почти напрямую проследить на экране траекторию этого атома, который блуждал на поверхности вольфрамовой иглы. Казалось бы, опыт должен был прекратить споры: вопреки Шрёдингеру, оказалось возможным локализовать атом и даже проследить его перемещения! Но дискуссии продолжались.

Они закончились только зимой 1989 года благодаря усилиям неугомонного Дональда Эйглера, работавшего в исследовательских лабораториях компании IBM в Альмадене, штат Калифорния. До Альмадена Эйглер два года провел в лабораториях компании Bell на восточном побережье США, тех самых лабораториях, где родился транзистор, один из важнейших компонентов электроники и ее символ. Теперь он собирался построить сканирующий туннельный микроскоп, чтобы наблюдать, каким образом редкий газ, например ксенон, взаимодействует с металлической поверхностью. В Альмадене Эйглер продолжал сооружать свой ультрастабильный сверхнизкотемпературный туннельный микроскоп, и на это у него ушло три года. Когда же микроскоп был готов, Эйглер, вместо того чтобы проецировать на поверхность металла пучок атомов ксенона, разместил эти атомы на поверхности и стал наблюдать за ними и за их взаимодействием с металлической подложкой. Поскольку атомы редких газов химически весьма стабильны, они слабо взаимодействуют с подложкой и легко покидают ее. Чтобы этого не произошло, Эйглеру пришлось охладить подложку до очень низкой температуры.

И вот однажды ночью (когда вибрации здания минимальны) он увидел последовательность изображений на одном и том же участке металлической поверхности. Игла микроскопа постоянно сканировала поверхность, и результаты каждого сканирования записывались на видеокадры. На следующий день, после того как он быстро прокрутил записанные изображения, он заметил, что атомы перемещались в том же направлении, в котором велось сканирование. Эйглер повторил опыт и увидел, что в зависимости от напряжения, приложенного к игле, и тока получается или обыкновенное изображение, или такое, на котором атомы перемещаются. Итак, налицо доказательство того, что их движение — не игра случая, но результат усилий экспериментаторов, а значит, атомами можно целенаправленно манипулировать — вопреки ожиданию и наперекор всем квантовым предписаниям. Чтобы доказать свою правоту, Эйглер написал слово IBM, выложив буквы 35 атомами ксенона. Эта картинка облетела весь мир и ознаменовала рождение нанотехнологии: человек «высадился на атом», как когда-то высадился на Луну.

Что же происходило под кончиком иглы? Сравним атом ксенона с футбольным мячом на поле стадиона, покрытом травой. Мяч лежит неподвижно, ему не позволяют катиться стебли травы. Когда футболист ставит ногу на мяч, он слегка давит на мяч, удерживая его под бутсой. Если футболист передвинет ногу, сохраняя давление на мяч, тот повернется в ту же сторону. Но если будет приложено слишком большое давление, мяч выскользнет из-под ноги. Примерно то же случилось с атомами ксенона под иглой туннельного микроскопа. Чтобы получить хорошее изображение атома ксенона, не смеща его, иглоку надо подвести на расстояние, большее 0,2 нм (нога футболиста над мячом). Если же промежуток между кончиком иглы и атомом меньше 0,2 нм, игла вступает во взаимодействие с атомом и меняет его взаимодействие с поверхностью подложки. Атом «в западне», и эта западня сдвигается вслед за перемещением иглы туннельного микроскопа.

Достижения Эйглера вызвали большой интерес в Японии. Руководство «Hitachi» потребовало от своих научных сотрудников научиться писать атомами. Но вместо того чтобы выводить буквы на поверхности металла, выставляя на ней атом за атомом, они нашли способ удаления атомов, тоже по одному, с поверхности полупроводника — буквы выкладывались не из атомов, а из дырок, оставшихся после удаления атомов. На надпись «IBM» японцы ответили целым лозунгом: «PEACE'91 HCRL» — Центральная исследовательская лаборатория «Hitachi».

Способ манипулировать атомами, который открыл Дон Эйглер, помог политикам в США, а затем и в Японии быстро развернуть за счет бюджета большие научно-исследовательские программы. Их примеру последовали и другие правительства по всему миру. И все же до середины 1990-х годов больше ни в одной лаборатории не смогли воспроизвести эксперимент Дона Эйглера — хотя бы потому, что нигде в мире ни у кого не было такого хорошего туннельного микроскопа, как в Альмадене. Позднее Герхард Мейер из Берлинского свободного университета сумел придумать усовершенствования, позволившие поставить производство СТМ, пригодных для манипулирования атомами, на поток (каждый такой прибор стоил примерно полмиллиона евро).

И все-таки она движется!

Новаторская работа Дона Эйглера породила новые вопросы. Например, такой: а нельзя ли перемещать одиночные большие молекулы? Иголка может «наступить» не только на атом, но и на молекулу, придавив ее. Однако энергия захвата рассеется на многочисленных химических связях между атомами внутри молекулы. В итоге молекула не сдвинется или улетит, если экспериментатор надавит чуть сильнее.

Мы, то есть физик из цюрихской лаборатории IBM Джим Гимжевски и я, предложили свое решение этой задачи. Джим был в числе тех молодых физиков, которые, по решению руководства IBM, должны были освоить работу с туннельным микроскопом и научиться применять этот прибор во всех областях физики и химии для исследования поверхностей. Прибор позволял наблюдать явления, разворачивающиеся на поверхностях металлов и полупроводников, — можно было, к примеру, «увидеть», как атом бора (специальная примесь в полупроводниках) влезает в атомную решетку полупроводника и вызывает в ней искажения. Микроскоп давал прекрасные и весьма информативные изображения, и IBM очень не хотелось, чтобы ее кто-то опередил. В 1988 году, когда я пытался пропустить электрический ток через молекулу, работая вместе с Авирамом в Нью-Йорке, Джим в Цюрихе получил первые изображения большой молекулы — пигмента фталоцианина — на серебряной подложке.

Джим продолжал работу с изображениями макромолекул, а я помогал ему понять, как они получаются. Сканирующий туннельный микроскоп формирует изображение, пользуясь облачками электронов, окружающих атомы, а не самими атомами. Чем более прозрачно это облако для туннелирующих электронов, тем сильнее сигнал, который выдает микроскоп. Можно составить карту этой прозрачности, которая пропорциональна электропроводимости туннельного соединения «игла — молекула — поверхность». Такая карта не сразу превращается в синтетическое изображение — «фотографию молекулы». Нередко бывало трудно догадаться, взглянув на карту, какова форма молекулы, да и вообще распознать, что это молекула.

В 1995 году мы изучали большую молекулу порфирина и смогли построить карту ее электропроводности, однако так и не поняли некоторые детали этой карты. Джим вместе с молодым физиком по имени Томас Юнг, который входил тогда в нашу группу, занимался изображениями, а я — расчетами для их интерпретации. И вот в апреле приходит электронное письмо от Томаса: «Она движется!»



Незадолго до этого мы с Джимом решили ввести в эксперимент дополнительный параметр — приподнять молекулу над поверхностью, чтобы слегка изменить взаимодействие между ними. Мы задались вопросом, как это повлияет на карту проводимости, и поставили несколько новых опытов с молекулой порфирина, оснащенной четырьмя маленькими молекулярными ножками, которые приподнимали молекулу над поверхностью на 0,4 нм. Томасу было поручено получить серию изображений этой молекулы на четырех лапках. Ему, как и Дону Эйглеру, было невозможно сидеть у экрана компьютера и дожидаться, пока высветится одна картинка, потом другая, и он решил записать их на видео. Утром он просмотрел изображения на повышенной скорости и заметил, что несколько четвероногих молекул сместились в сторону сканирования. Он тут же отправил мне письмо. Так мы нашли способ двигать макромолекулу иглой микроскопа: надо приделывать к молекуле лапки. Идея кажется самоочевидной, но тогда, в начале 1990-х годов, никто не знал, применимы ли в обращении с объектом меньше нанометра те же понятия механики, что и в макроскопическом мире. Мы до того подчинены квантовой механикой, что не смели и думать о приложении классической механики к нанометрическим масштабам, к единичной молекуле.

И все же молекула, несомненно, перемещалась согласно законам классической механики. Мы показали методами численного моделирования, что если ножки молекулы достаточно высоки, а кончик иглы находится над молекулой на таком расстоянии, что взаимодействует преимущественно с ее средней частью, то какая-то доля энергии, которую генерирует игла, не поглощается молекулой, а сдвигает ее. Значит, надо научиться располагать иглу над молекулой на правильной высоте. И больше не нужно замораживать металлическую поверхность, как это было в опытах с атомами ксенона. В самом деле, лапки молекулы достаточно прочно сцепляются с поверхностью в четырех точках, и она послушно остается на месте даже при комнатной температуре.

После этого было много других молекул, которые мы перемещали по металлическим и полупроводниковым поверхностям. Техника манипулирования теперь отлично разработана и осмыслена. Но возникли новые вопросы. Можно ли манипулировать атомами и молекулами на поверхности диэлектрика? В случае металла или полупроводника игла, молекула и сама поверхность взаимодействуют между собой. Поверхность становится частью ловушки, в которую попадает атом или молекула, когда их удерживает игла. На изолирующей поверхности взаимодействия нет, и ловушка не работает. Немало исследовательских коллективов изучало этот вопрос, работая со слабыми (ван-дер-ваальсовыми) взаимодействиями. Следующий вопрос был еще более смелым: на данный момент манипуляции с молекулами и атомами ограничены двумя измерениями, но не удастся ли нам однажды оторваться от поверхности и начать располагать их в трех измерениях?

В любом случае, пока мы не научились манипулировать атомами в пространстве, игла СТМ дает нам ключ к тем законам, которые правят «миром внизу». Манипулирование атомами позволяет ставить небывалые прежде физические опыты: например, исследовать механические или электрические свойства одиночной молекулы.

Первые нанофизические эксперименты

В макроскопическом масштабе выключатель представляет собой металлическую пластинку с пружиной. Поворачиваясь, она замыкает два электрических контакта. В «мире внизу» минимальным таким замыкателем может быть атом. В 1987 году Авирам уже предлагал молекулу-выключатель, и мы предприняли первую попытку «подключить» ее. В 1993 году Дон Эйглер вместо молекулы, которая должна менять свою форму,

чтобы переключать ток, предложил более простое решение: взять атом ксенона и заставить его замыкать и размыкать электрические контакты. Он контролировал его движение, прикладывая напряжение между иглой и подложкой: таким образом атом можно было перемещать по желанию экспериментатора. В отсутствие атома сила тока была очень низкой — это означало, что выключатель в положении «выкл». Когда же атом прикасался к кончику иглы, ток вырастал в пятьдесят раз — положение переменялось на «вкл». Это и был первый в мире атомный выключатель. Десятью годами позже Франческа Мореско из Берлинского университета создала выключатель-молекулу. Преимущество молекулы перед атомами состоит в том, что свойства молекулы можно контролировать. Ее взаимодействие с поверхностью определяется структурой, и, меняя ее, можно делать переключение более быстрым или медленным.

Целью следующего нанофизического эксперимента было подключение одиночной молекулы. В 1987 году мы с Ари Авирамом уже установили экспериментальную процедуру для подсоединения к цепи молекулярного выключателя. Молекулы были рассеяны на металлической поверхности, которая исполняла роль первого контактного электрода. Экспериментатор подводил иглу туннельного микроскопа к какой-нибудь из молекул — игла служила вторым электродом. Надо было медленно опустить иглу на молекулу, чтобы установить электрический контакт. Вопрос был только в том, как узнать, когда установился этот контакт (он установился).

Опускаясь к молекуле, игла ее деформирует, а может и разрушить. Однако ток через молекулу тем сильнее, чем больше искажена ее структура. Фокус в том, чтобы найти компромисс между максимальным значением тока и минимальной деформацией. Для этого нужно тщательно контролировать высоту иглы, чему мы еще только учились в середине 1990-х. Джим Гимжевски и я снова попытались подключить иглу к молекуле, на этот раз к фуллерену (C_{60}). Эксперимент состоял в следующем. Мы поместили несколько молекул фуллерена на поверхность кристалла золота и стали медленно опускать иглу на одну из них, измеряя ток в цепи, состоящей из поверхности золотого кристалла, молекулы фуллерена и иглы. Мы отметили резкое увеличение силы тока, когда расстояние между иглой и поверхностью уменьшилось до 1,1 нм. Слегка приподняв иглу, пока она не достигла «порога касания», мы могли быть уверены, что молекула не деформирована и в то же время контакт с ней установлен. Впервые мы создали электрический контакт с единичной молекулой.

Подключив молекулу, мы измерили ее электрическое сопротивление. Оно определялось только в связи с электродами, то есть поверхностью и иглой, и не было постоянным свойством молекулы. Годом позже Эйглер использовал тот же принцип, чтобы измерить сопротивление самого маленького проводка в мире, состоящего из двух атомов ксенона. Так начинались эксперименты с электрическими свойствами считанных атомов или отдельных молекул.





Бесконечный углерод

В последние годы открыты новые формы углерода – фуллерен и углеродные нанотрубки. Можно ли рассматривать их как аллотропные модификации углерода? И сколько их тогда получается?

Е.Ковалева, Хабаровск

Для начала давайте вспомним, что аллотропией обозначают явление, когда один и тот же химический элемент существует в виде двух и более простых веществ, различных по строению и свойствам. Углерод оказался чрезвычайно плодовитым элементом. По количеству аллотропных модификаций, то есть простых веществ, отличающихся строением и свойствами, ему нет равных. Самые известные модификации углерода – алмаз и графит. Первый – трехмерная структура, в которой атомы углерода в кристаллической решетке располагаются по вершинам тетраэдра. Это невероятно прочный материал. Существует еще и гексагональный алмаз, лонсдейлит, открытый в шестидесятых годах XX века. В нем атомы углерода образуют гексагональную кристаллическую решетку, и, по оценкам исследователей, его твердость чуть ли не в полтора раза больше, чем у обычного алмаза. Лонсдейлит также относят к аллотропным модификациям углерода.

Графит – двумерная слоистая кристаллическая структура. Внутри слоев атомы углерода располагаются в

вершинах шестиугольников и связаны между собой ковалентными связями, а слои держатся друг за друга с помощью куда более слабых сил Ван-дер-Ваальса. Поэтому графит – мягкий материал. У графита, как и у алмаза, тоже есть близкий родственник. Теоретически его можно получить, отделив один слой графита от других. Это и будет графен, в котором атомы углерода соединены в гексагональную двумерную кристаллическую решетку. У графена хорошая тепло- и электропроводность, а по подвижности носителей заряда он опережает кремний более чем в сто раз. Свойства графена были описаны задолго до получения этого материала, а получен он был в виде пленки на подложке окисленного кремния российскими и британскими учеными лишь в 2004 году.

Помимо трехмерных и двумерных кристаллов углерода существует и одномерная структура – карбин. Он представляет собой линейную цепочку атомов углерода, соединенных между собой двойными связями (кумуляционная форма) или чередующимися одинарными и тройными связями (полиацетиленовая форма). Карбин был впервые синтезирован в 1960 году в России в Институте элементоорганических соединений АН СССР в Москве, а затем его нашли в природе в виде прожилок и вкраплений в графит. У карбина тоже необычные свойства: во-первых, он полупроводник, во-вторых, его проводимость резко возрастает под действием света.

Однако этим перечнем из пяти пунктов аллотропные модификации углерода не ограничиваются. Сегодня к ним добавили большое семейство фуллеренов. Сам фуллерен, C_{60} , был открыт в 1985 году, за что Ричард Смолли и Гарольд Крото получили Нобелевскую премию. А сегодня семейство фуллеренов насчитывает почти два десятка родственников – от C_{24} до C_{960} . А после открытия углеродных нанотрубок в 1991 году список аллотропных модификаций прибавил еще один пункт. Наконец, не следует забывать и об аморфном углероде, стеклообразном веществе без упорядоченной кристаллической решетки. К нему относятся сажа, разные угли, кокс. Впрочем, существует точка зрения, что эти вещества имеют мелкокристаллическую структуру.

Здесь можно было бы поставить точку. Но не тут-то было. Совсем недавно ученые заговорили о новой разновидности углерода – М-углероде. Группа исследователей из России, Китая и Америки теоретически подтвердила ее существование. Ее можно получить, если сжать графит под давлением свыше 100 тысяч атмосфер при комнатной температуре. В результате получается углеродный материал с моноклинной структурой кристаллической решетки, с твердостью почти как у алмаза и свойствами диэлектрика. Осталось получить этот материал. Но и после его синтеза нет уверенности, что он завершит разросшийся список разновидностей углерода – уж такой это неисчерпаемый элемент.

Справедливости ради надо отметить, что причисление тех или иных модификаций углерода к аллотропным – вопрос тонкий и вполне дискуссионный. Отличительная особенность углерода – способность его s - и p -валентных электронов образовывать гибридные электронные орбитали. Атомы углерода могут существовать в трех основных состояниях: sp^3 -, sp^2 - и sp -гибридизации. Многие исследователи полагают, что каждое валентное состояние характеризует определенную и единственную аллотропную модификацию, и потому их должно быть всего три: трехмерный алмаз (sp^3), двумерный графит (sp^2) и линейный карбин (sp). Все остальные относятся к промежуточным формам, которых может быть много.

Покажите мне самоорганизацию

Сегодня много говорят о самоорганизации, модная тема. Подскажите, какой простенький опыт, иллюстрирующий это явление в мире неживой природы, можно показать ребенку?

Т.Теплова, Мытищи

Примеров самоорганизации в природе много. Возьмите хотя бы образование кристаллов, снежинок или морозных узоров на стекле. Эти примеры самопроизвольного появления порядка в хаотической системе изумительны по красоте, но кажутся уже привычными. Можно, конечно, вместе с ребенком выращивать кристаллы, скажем, поваренной соли. Но это кропотливый и долгий процесс. Поэтому самый простой опыт, который можно предложить, – ячейки Бенара.

В 1900 году французский ученый Х.Бенар налил на большой противень тонкий слой ртути, а затем стал этот противень равномерно подогрывать. И неожиданно слой ртути распался на шестигранные ячейки, плотно прижатые друг к другу. Только шестнадцать лет спустя лорд Релей (английский физик Джон Уильям Стретт) объяснил этот красивый эксперимент: ячейки возникают в слое любой вязкой жидкости или газа, толщина которого мала по сравнению с горизонтальными размерами. Причина — ламинарная конвекция.

Опыт, демонстрирующий конвективную неустойчивость Бенара, можно сделать на кухне. На сковородку налейте тонкий слой растительного масла и нагревайте ее на огне. При слабом нагреве ничего не происходит. Но если тепловой поток увеличивать, то через некоторое время вся поверхность масла разбивается на правильные шестиугольные ячейки или цилиндры в виде пчелиных сот. Начавшаяся естественная конвекция равномерно перемешивает слои жидкости по всей сковороде. В масле возникают маленькие вихри — моды. Причем выживают только те, которые эффективно используют подводимое к системе тепло. Их взаимодействие и приводит к образованию наиболее выгодных с точки зрения термодинамики структур — шестигранников; жидкость поднимается к поверхности в центре ячейки и опускается у граней.

Неупорядоченная структура жидкости стала упорядоченной. Произошла самоорганизация.

А вот еще один простой опыт, о котором нам рассказал наш читатель много лет назад. Он взял плоскую стеклянную чашечку (можно взять блюдечко), налил в нее густого нитроцеллюлозного клея (толщина слоя ~ 0,3 см), всыпал алюминиевую пудру, а точнее, «краску серебряную» и замесил густую алюминиевую кашу. Эту смесь он высушивал два дня, а затем добавил в чашечку приблизительно 100 мл ацетона и все тщательно перемешал. И вот на поверхности возник узор — сетка, составленная из четко очерченных ячеек неправильной формы. Ячейки непрерывно двигались, изменяясь в размерах. Любопытно еще и то, что сами контуры ячеек образованы темным веществом, то есть каким-то продуктом химической реакции, идущей в растворе. Поэтому картинка получалась особенно наглядной.

Пояс кретинизма

Кретинизм как заболевание еще существует или этот термин сохранился только для шуток и оскорблений?

С.Воронин, Саратов

Кретинизм — это глобальное явление. По сведениям А.М.Леруа, около одного миллиарда людей рискуют заболеть от иодного дефицита, а 6 миллионов сегодня страдают кретинизмом. Кретины — это люди с комплексом неврологических и ростовых нарушений. «Неврологические» кретины страдают умственной отсталостью или глухонемой, и «микседематозные» сильно отстают в росте, у них задержано половое созревание. В Северном Конго у детей, страдающих этим заболеванием, рост и половое развитие останавливаются примерно в девятилетнем возрасте.

Кретинизм развивается на фоне питания с низким содержанием иода. Один из признаков иодной недостаточности — разросшаяся щитовидная железа, или зоб. Дело в том, что для выработки гормона тироксина щитовидной железе нужен иод. Если его мало, железа пытается компенсировать этот дефицит, становясь больше. Ребенок, не полу-



ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ

чающий нужного количества иода от матери, может родиться кретином. Если ребенок питается едой, обеденной иодом, то у него есть шанс стать кретином. Встречается, хотя и редко, кретинизм генетического происхождения. Известны мутации генов, которые нарушают выработку тироксина в организме человека. Но подавляющее большинство с лучаев этого заболевания вызвано простой нехваткой пищевого иода.

В 1810 году по приказу Наполеона Бонапарта ученые обследовали жителей швейцарского кантона Валэ, расположенного у предгорий Альп, и обнаружили четыре тысячи кретинов среди 70 тысяч обитателей кантона. И хотя в Швейцарии уже более 60 лет не регистрируют случаи кретинизма, пояс этой болезни все еще проходит по большинству других великих горных хребтов: Анд, Атласских гор, высокогорных районов Новой Гвинеи, Гималаев. Все эти области объединяет отсутствие иода в почве. В высокогорьях лед и дожди вымывают иод из почвы, поэтому его мало в растениях и в мясе коров, поэтому его мало в той пище, которую едят местные обитатели.

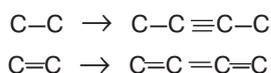
Способы лечения и профилактики заболевания хорошо известны и удивительно просты — употреблять в пищу йодированную соль. Достаточно было принять всего лишь один закон, обязывающий использовать йодированную соль, и в начале XX века зоб и кретинизм исчезли в Европе. Поразительно, что это произошло на протяжении жизни одного поколения.



Карбо-алмаз и карбо-графит

Представляем читателю цикл заметок, в котором наш постоянный автор, профессор М.Ю. Корнилов расскажет о замечательных молекулах, полученных как *in vitro*, так и *in silico* с помощью уникальной компьютерной программы — химического суперконструктора *HyperChem*. Программа позволяет, глядя на экран монитора и оперируя мышью, собирать модели известных молекул, а также совершенно новых, доселе неведомых структур, оптимизировать их геометрию и предсказывать свойства, то есть изображать молекулы химических соединений, прежде существовавших только в голове химика-«модельера». Почему бы и любознательному читателю не попробовать реализовать свои, пусть даже на первый взгляд фантастические идеи? Например, такие, как эта.

«Что за чепуха! — скажет читатель, увидев заголовок. — Алмаз и графит — это ведь уже «карбон», то есть углерод, так что выходит — масляное масло?» Не будем, однако, спешить с такими замечаниями. В органической химии префикс *карбо-*, который полагается писать курсивом и через дефис, с недавних пор стал означать принадлежность к новому типу производных, содержащих ацетиленовые и кумуленовые вставки вместо простых и соответственно двойных углерод-углеродных связей:

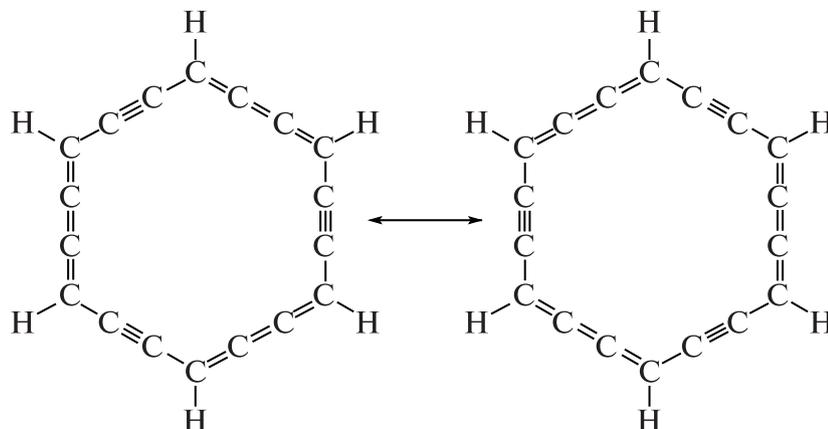
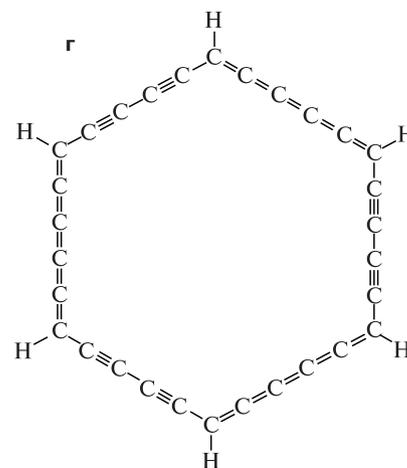
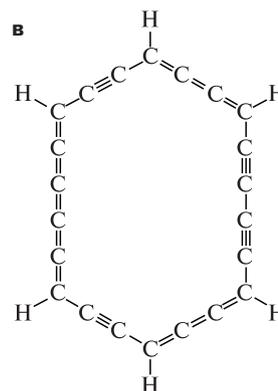
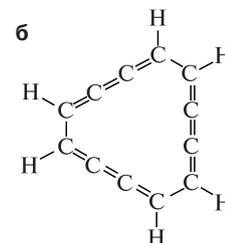
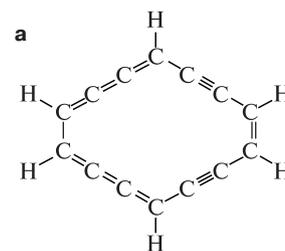


Карбомером называется производное с такими вставками. Одним из первых карбомеров стал *карбо-бензол*, известный, правда, не в виде родоначального соединения (рис. 1), а в виде соединения с фенильными и некоторыми другими заместителями. Синтез его выполнили французские химики в 1995 году (Р.Шовин с сотрудниками, см.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Carbomer>). Для *карбо-бензола*, как и для его «младшего ароматического брата» — бензола без префикса *карбо-*, также характерна делокализация р-электронов, что сообщает его молекуле ароматические свойства и придает стабильность, хотя и меньшую, чем у бензола.

Теоретически возможны, но еще не получены карбо²⁻, карбо³⁻ и т. д. -меры (цифра показывает число ацетиленовых связей в цепочке), а также частичные карбомеры. Число двойных связей в кумуленовом фрагменте должно быть обязательно нечетным. Примеры полных и частичных карбомеров бензола показаны на рис. 2.

Каковы главные отличия *карбо-*структур от их «младших братьев»? Это ажурная структура, высокая гибкость, достаточно тонкие ребра и крупные отверстия в центральной части циклов, позволяющие продевать через них другие молекулы, в том числе такие же *карбо-*соединения, и получать разнообразные катенаны.

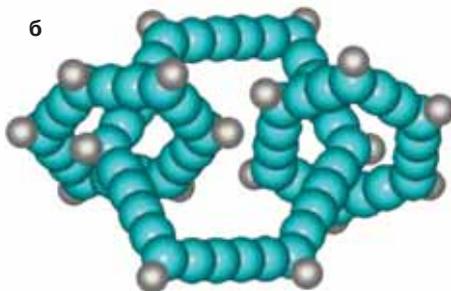
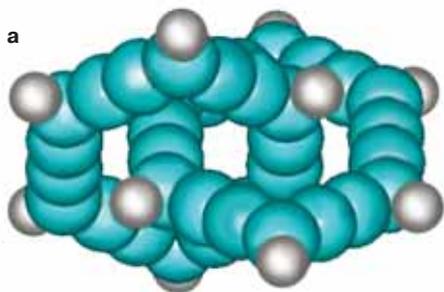


1 Мезомерные структуры карбо-бензола, или (б) карбо-бензола

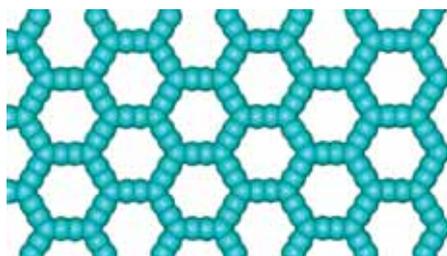
2 (4) Карбо-бензол (а), (3) карбо-бензол (б), (4) карбо-(2) карбо²⁻-бензол (в) и (б) карбо²⁻-бензол (z); (а) и (б) — частичные карбомеры, (в) и (z) — полные

Например, возможны (хотя еще не получены) катенаны из карбомеров бензола (рис. 3).

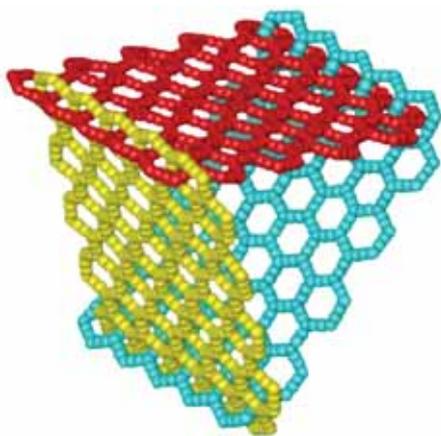
Карбомерия стала еще одним способом, который позволяет бесконечно разнообразить строение и свойства органических соединений, хотя синтез карбомеров пока остается непростой



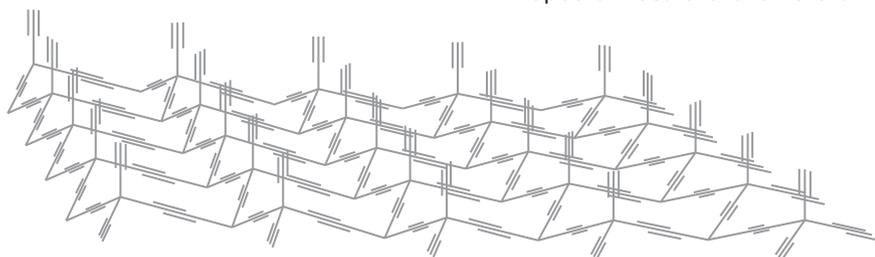
3
Карбо-бензол-катена-карбо-бензол (а)
и карбо-бензол-катена-карбо²-бензол-
катена-карбо-бензол (б)



4
Модель карбо-графита



5
Переплетение трех карбо-графеновых
плоскостей. Для большей наглядности
раскрашены в разные цвета



6
Карбо-циклогексанный слой
для построения модели карбо-алмазной решетки.
Видны ацетиленовые цепочки для последующего соединения слоев

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

задачей. В то же время карбомеры — это необозримое поле для творческих исканий и находок. Не останавливаясь более на низкомолекулярных карбо-соединениях, переходим к высокомолекулярным объектам, названным в заголовке.

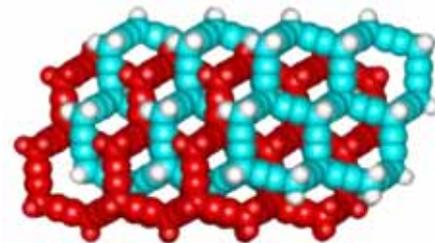
Заметим, что термин «карбомер» используется главным образом для циклических соединений, а алмаз и графит также принадлежат к их числу, хотя и считаются не соединениями, а простыми веществами. Следовательно, их карбомеры также имеют право на существование. Правда, до сих пор никто не видел ни карбо-алмаза, ни карбо-графита, даже в виде моделей. Мы собираемся их вам показать и рассказать об их предполагаемых необычных свойствах.

Собрать модель карбо-графита (рис. 4) несложно, но долго, если нет подходящих шаблонов. Пользуясь ажурной структурой, можно, например, переплести карбо-графеновые пласти (рис. 5), что в принципе невозможно сделать с пластинами обычного графита. Интересен сам по себе факт такого необычного зацепления, хотя вряд ли он может иметь практическое значение. Конечно, карбо-графит можно будет использовать в качестве тончайшего и весьма однородного сита для разделения молекул. По-видимому, из-за более рыхлой структуры слои карбо-графита будут слабее связаны между собой и потому их легко будет разделить и выделить монослой.

Для построения компьютерной модели карбо-алмаза сначала изготавлива-

ем карбо-циклогексанный слой с ацетиленовыми цепочками (рис. 6). Затем соединяем несколько слоев, используя метод удвоения. Оптимизируем геометрию методами молекулярной механики и, если позволяет память компьютера, методами квантовой химии (несколько сот атомов — это под силу не каждому компьютеру, но двухъядерный Athlon™ с тактовой частотой 2 ГГц и ОЗУ хотя бы 1,5 ГБ вполне может подойти).

Блок карбо-алмаза содержит пустоты, в которые без появления напряжений структуры удалось вписать второй точно такой же блок. Это значит, что ковалентные решетки взаимно дополнили друг друга (рис. 7). Из свойств карбо-алмаза можно наверняка предсказать его светопоглощение — это будет бесцветное вещество с максимумом поглощения в ультрафиолете (200—220 нм) за счет изолированных ацетиленовых группировок. По плотности и твер-



7
Два переплетенных блока
 $C_{392}H_{108}$ перигидро-карбо-алмаза.
Для большей наглядности раскрашены
в разные цвета

дости оно намного уступит алмазу, но будет иметь уникальные свойства сорбента и молекулярного сита за счет пустот специфической формы и особенностей стенок каналов — тройных углерод-углеродных связей, к которым имеют сродство ионы никеля, меди, серебра и некоторых других металлов.

Доктор химических наук
М.Ю. Корнилов

МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
**«БИОТЕХНОЛОГИЯ:
ЭКОЛОГИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»**

Проводится в рамках Московского международного конгресса
**«БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**



МОСКВА, РОССИЯ

**15 - 17 марта
2010**

Проводится
Правительством Москвы

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

www.mosbiotechworld.ru

Основные тематические направления конференции

Секция 1. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ.
БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ
Секция 2. ЭКОЛОГИЯ ВОДЫ МЕГАПОЛИСОВ
Секция 3. ВОЗДУШНАЯ СРЕДА МЕГАПОЛИСА
Секция 4. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВОГРУНТОВ МЕГАПОЛИСА
Подсекция 4.1. БИОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ
Подсекция 4.2. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ПРЕПАРАТЫ
И УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ
Секция 5. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
Подсекция 5.1. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
МЕГАПОЛИСОВ

Подсекция 5.2. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ
Секция 6. БИОТОПЛИВО
Секция 7. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ И БИОПОВРЕЖДЕНИЯ
Секция 8. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ
Секция 9. ПРОБЛЕМЫ АЛЛЕРГИИ В МЕГАПОЛИСЕ
Секция 10. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ПОТОКОВ, АТМОСФЕРЫ, ПОЧВ

Круглый стол. СВЯЗЬ ЭКОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ
Круглый стол. БИОТЕХНОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
МЕГАПОЛИСА. КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ
Круглый стол. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И РЕГЛАМЕНТЫ В ОБЛАСТИ
ЭКОЛОГИИ

Прием тезисов до 15 января 2010 г.

Тематика VIII специализированной выставки «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ - 2010»:

Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований. Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы. Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринарии, геологии, промышленных производств, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе. Альтернативные источники энергии, в т.ч. солнечные, ветровые, геотермальные, нано-молекулярные преобразователи энергии. Промышленная и лабораторная безопасность.

Традиционно проводится международный конкурс: "Лучшая продукция специализированной выставки "Мир биотехнологии 2010"



Организатор: ЗАО «Экспо-биохим-технологии» Телефон: (495) 645-78-70, 645-82-57, 939-72-85
E-mail: aleshnikova@mosbiotechworld.ru, atv@biomos.ru, fpkrylova@sky.chph.ras.ru

ВЫСТАВКИ

MVK

www.mvk.ru



Аналитика Экспо

8-я Международная
специализированная выставка

26-29 апреля '10

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»



- Аналитическое оборудование
- Контрольно-измерительные приборы
- Лабораторная мебель
- Химические реактивы и материалы
- Нанотехнологии, наноматериалы
- Биоаналитика

Новые разделы:

- Фильтрация и сепарирование
- Технологии чистых помещений

ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «Международная
Выставочная Компания»



НП «Росхимреактив»



ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

Правительство Москвы
Департамент природопользования и
охраны окружающей среды города
Москвы



Российский союз химиков
ГК «РОСНАНОТЕХ»



ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:

Москва, Россия
Тел./факс: +7 (495) 982-50-65;
e-mail: analyticaexpo@mvk.ru

Греческий огонь без селитры

М.Ю. Тарасов,
ведущий
инженер-технолог,
НИИ физических
измерений



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Греческий огонь — легендарное секретное оружие Византии, которое поджигало ладьи многочисленных врагов империи, пытавшихся брать Константинополь. Этот огонь действовал как напалм — сжигал все, способное гореть, включая людей, и его нельзя было погасить водой. Однако, как всегда бывает с секретным оружием, его тайна погибла вместе с создателями, и с тех пор не одно столетие ученые пытаются разгадать, как же он действовал и из чего состоял. Некоторые авторы считают, что его основой служила нефть или смола с добавками угля и серы, другие обходятся без нефти, ограничиваясь селитрой, серой и углем — фактически черным порохом. Еще кто-то «добавляет» в состав фосфид кальция, способный выделять при реакции с водой горючий фосфин. Н.А.Паравян (см. «Химия и жизнь», 1993, № 3), основываясь на труде дьяка О.М.Радищевского, составившего по поручению царя Михаила Федоровича наставление по пушечному делу, считает, что основа огромной поражающей силы этого оружия — реакция негашеной извести с водой, которая дает тепло для воспламенения серы: при добавлении воды этот процесс только ускоряется. Попробуем предложить еще одну версию, но сначала перечислим по порядку, что мы об этом оружии знаем.

1. Появление греческого огня относят или к 330 году, когда правил Константин Великий, или ко времени императора Константина IV, который применил его в 673 году при защите Константинополя от арабов (изобретателем, как писал спустя 150 лет Константин VII Багрянородный, был некий Каллиник, бежавший в столицу из захваченного Иллиополя, ныне ливанского Баальбека).

2. Греческим огнем сперва пользовались исключительно как сильным зажигательным средством, огненной жидкостью. Имеются, однако, сведения, что он служил и метательным средством — для бросания больших камней из металлических труб: так его применяли во флоте императора Алексея Комнина, правившего с 1081 по 1118 год.

3. Император Лев VI, отец Константина VII, в своей «Тактике» указывает, что греческий огонь с громом и дымом выстреливался из трубы, которую «следуя обыкновению, должно всегда иметь на носу корабля для бросания этого огня в неприятеля».

4. Большинство исследователей сходятся на том, что греческий огонь представлял собой жидкую горючую смесь, которая была способна гореть даже на поверхности воды, могла быть потушена песком, мочой или уксу-

сом и выпускалась из особых устройств, именуемых сифонами, причем огонь, по утверждению очевидцев, был «живым», то есть двигался.

5. Сифоны (средство применения) были как стационарными, так и переносными.

Перечисленного вполне достаточно для расшифровки секрета греческого огня. Оговоримся сразу, что никакой селитры, негашеной извести, а тем более мистики в его рецепте нет. Разберем по порядку.

С негашеной известью у греческих огнеметчиков были бы проблемы: после реакции с водой получившаяся гашеная известь вполне может зацементировать все отверстия метательного орудия. Если же начинать ею горшки, то действительно, попав на мокрую палубу, такой состав воспламенится, а вот в воде горшок утонет. Однако греческий огонь горел на воде, уничтожая моряков с пораженных судов.

Что же касается селитры, то ее природных залежей в Европе немного, зато они есть в тропических странах, где растения не успевают перерабатывать весь азот отмершей органики — в Китае и Индии. Видимо, именно там и заметили, что щепотка селитры вспыхивает при попадании в огонь, отчего ее и стали применять для изготовления пороха. Однако сообщения о китайском огнестрельном оружии — выталкивании горячего снаряда из бамбуковых трубок — относятся к XII веку. Сведения о применении пороха в VIII веке отсутствуют. А ведь для изготовления орудия надо было не только придумать рецепт с использованием этого экзотического вещества, но еще и организовать его массовое производство. Действительно, когда огнестрельное оружие стало появляться в Европе, все монархи повелели организовать производство селитры из мочи людей и животных, и эти производства действовали вплоть до открытия залежей гуано в Латинской Америке. В современных огнесмесьях — пирогелях есть и селитра, и нефтепродукты, однако селитра в них служит не для производства залпа, а повышения зажигательной способности. Более того, пирогелями из огнеметов стрелять невозможно — из-за добавок порошков они почти не текут. Поэтому ими наполняют бомбы, ампулы, фугасы. Взрывы же напалмовых бомб, известные из фильмов — это воспламенение аэрозоля и паров горючего при ударе снаряда о землю.

Необходимо учитывать, что даже первые пороховые составы, появившиеся спустя 300 лет после изобретения Каллиника, не обладали метательными свойствами: их применяли

только в зажигательных снарядах для различных механических метательных машин. Однако и сами такие машины — баллисты и катапульты — были давно известны и не могли очень уж удивить современников. (Напомним, что Латернский собор католической церкви в 1139 году особым постановлением запретил греческий огонь.)

По непонятным мне причинам исследователи упускают две ключевые детали: доступность сырья для массового производства данного оружия — и личность изобретателя. Если же обратить внимание на эти обстоятельства, то станет очевидным, что греческий огонь — это нефть с некоторыми добавками для повышения эффективности.

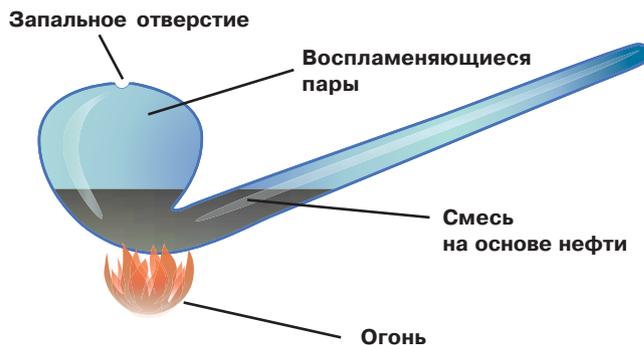
В отличие от селитры, нефти в Византии было много, ею, можно сказать, была пропитана южная граница империи: на территориях современного Ирана и Ирака люди издревле вели добычу и переработку данного сырья. Что же касается Каллиника, то он не только жил на юге, но и занимался науками: в некоторых текстах его называют инженером. Не исключено, что помимо всего прочего он интересовался и химией. Тогда открытие греческого огня прекрасно согласуется с историей науки. Именно в этот период изучались и совершенствовались процессы перегонки веществ, в частности столь интересного, как нефть. Вероятнее всего, изобретатель детально изучил перегонку нефти со всеми сопутствующими ей неприятностями, вроде взрывного закипания перегретых жидкостей и взрывов паровоздушных смесей. Исходя из своего печального опыта, он мог предложить два способа огнеметания, основанных на создании высокого давления.

1. Подрыв топливовоздушной смеси в устройстве особой конструкции (сифоне) над слоем зажигательной жидкости. Современный аналог — фугасный огнемет.

2. Быстрое (мгновенное) закипание зажигательной жидкости в другом устройстве, несколько отличающемся от первого.

Устройства первого типа были стационарными, второго — носимыми, секрет же греческого огня состоит в их конструкции.

«Сифон» — греческое слово, обозначающее трубу или трубку. В современной технике сифоном принято называть изогнутую трубу с одним и более коленами или змеевик. Из этого определения устройство стационарного сифона сразу же становится понятным: заглушенная с одной стороны труба с коленом, в которое заливают нефть.



Возможно, стационарный сифон для греческого огня выглядел так

При этом с заглушенной стороны над нефтью образуется полость, заполненная воздухом. Для создания в ней взрывоопасной смеси из воздуха и легкогорючего газа требовалось нагреть находившуюся в сифоне нефть. При достаточной концентрации испарившихся легких фракций смесь в полости подрывается, и горячая нефть вылетает через незаглушенный конец трубы. Выбрасываемую из сифона жидкость не обязательно специально поджигать — с этим могли справиться горячие газы, прорывающиеся после истечения нефти из жерла сифона. Не исключено, что при воспламенении распыленной нефти случался объемный взрыв, повергавший противника в ужас.

Описанное устройство несколько отличается от того, что изображали древние художники. Возможная причина в том, что речь идет о секретном оружии. Художник побоялся разглашать государственную тайну и нарисовал только ту часть устройства, которую от врага не спрячешь, а именно ствол.

Описываемые в статье устройства работоспособны, чего, к сожалению или к счастью, не скажешь о рецептах Марка Грека. Впервые о греческом огне я прочитал в журнале «Наука и жизнь», мне тогда было лет 10—11. Как вы думаете: устоял я перед соблазном их практической проверки или нет? А вот проверять работоспособность предлагаемой схемы я не собираюсь и никому не рекомендую. Это очень опасно!

О селитре, порохе и огне

Профессор **М. Сухаревский**, «Взрывчатые вещества и взрывные работы». М.: Государственное техническое издательство, 1923.

§ 1. Нельзя с точностью определить время изобретения черного пороха и первого применения его в смысле использования его мощной энергии. Уже в очень ранние периоды у различных народов можно найти указания на горящие метательные снаряды. Вначале примененные лучины были вскоре

заменены сажей, селитрой, смолой, т.е. такими веществами, которые легко воспламенить и трудно загасить. Но тем не менее их легко было обезвредить охлаждением или лишением их воздуха. Сам же снаряд не должен был обладать значительной скоростью, чтобы не погаснуть от охлаждающего влияния воздуха.

Все эти недостатки зажигательных снарядов были устранены в знаменитом греческом огне (около 673 г.). Секрет его изготовления и употребления в начале был известен только в пределах Византийской империи. Появление огня произвело на всех современников колоссальное впечатление. Утверждали даже, что все предметы, зажженные греческим огнем, не могут

быть потушены. Успех греческого огня надо отнести к открытию селитры и ее качествам.

Уже в старину были известны выветривания осадков солеобразных растворов, образующихся в почве многих сухих местностей.

Так описанный Диоскоридом и Илиниусом «камень города Ассоса» (город в Мизии), по всей вероятности, не что иное, как селитра, т.е. нитрат калия. То же можно сказать и о составе, известном под названием «китайского снега». В арабских рукописях можно найти указания на соль, похожую по своим свойствам на селитру и именуемую там «Barud».

В начале селитру употребляли в медицине, как обеззараживающее и ох-



АРХИВ

лаждающее средство при нарывах и ранах. Возможно, случайно открыли, что, будучи брошена на горячие угли, селитра горит ярким пламенем.

Так, китайцы употребляли селитру для добывания огня, для фейерверков и т. д., на что указывают названия: «китайская соль» и «китайский снег», которыми арабские писатели обычно обозначали селитру. Однако совершенно невозможно более или менее точно определить время ее открытия. Возможно, что употребление горючих составов с селитрой для военных целей было введено в Китае не раньше, чем в Европа. По этому поводу Бертелло («*Materes explosives*», t. II, 354) приводит несколько данных, найденных иезуитскими миссионерами в древнекитайских рукописях. Они гласят: «В 969 году по христианскому летосчислению и во второй год царствования Тай-Тсу, основателя династии Зонгов, этому императору был представлен состав, который зажигал стрелы и кидал их на большое расстояние. Около 1002 года, в царствование его наследника Тжин-Тсонг, были в употреблении особые трубки, которые бросали зажженные стрелы и бомбы на расстояние от 700—1000 шагов».

При этом нельзя забывать, что речь идет здесь о ракетах, но ни в коем случае не о пушках, а также не о черном порохе. На осаду города Кай-фунг-фу указывают, как на первый случай применения пушек, т. е. употребления черного пороха. Однако автор этого сообщения Петр Гаубил оговаривается, что употребленная с обеих сторон машина, под названием Хо-пао, по всей вероятности, не была пушкой, а простым металлическим орудием, которое бросало сосуды, наполненные горючим составом, на довольно значительные расстояния. Подобно этому, употребленные около 1271 года при осаде города Сианг-Ианг машины были построены инженерами — иностранцами, итальянцами и персами, как о том повествует и Марко Поло в соответствии с китайскими историками.

По этим и другим источникам можно с несомненностью установить, что китайцы в это время еще не были знакомы с употреблением черного пороха. Даже в 1621 году пушки были им совершенно неизвестны; du Halde уверяет, что мандарины были повержены в крайнее изумление при пробной стрельбе из пушек, которые город Макао преподнес в подарок китайскому императору.

Считают, что честь открытия селитры принадлежит китайцам, которые смешивали ее с горючими веществами, в особенности с серой и углем, и употребляли эти составы для фейерверков. Они открыли также, что при

сожжении этих составов получается толкающая сила, которую и использовали для военных целей в виде ракет, однако не ранее X столетия, т. е. в то же время, когда это открытие было сделано и на Западе. Но китайцам не принадлежит честь открытия взрывной силы газов, образующихся при сожжении в закрытых сосудах селитровых смесей, следовательно, они не знали черный порох в современном смысле этого слова.

С упоминанием о «греческом огне», как о изобретении некоего Каллиника из Гелиополиса, мы впервые встречаемся в 673 году. Благодаря греческому огню был уничтожен флот арабов, осаждавший Константинополь, и с тех пор в течение долгих столетий греческий огонь был страшным орудием в руках византийцев, в особенности же в морских битвах. Император Лев-философ в своих военных трудах говорит, что греческий огонь выбрасывается с ужасающим грохотом из особых труб и что его неугасимое пламя уничтожает неприятельские корабли. Использована ли здесь и в какой степени толкающая сила горящих газов — установить трудно. Но зато с несомненностью установлено, что селитра входила в этот состав.

Обычно греческий огонь помещался в выдолбленные камни или в железные сосуды, снабженные отверстиями; выбрасывался он метательными машинами. Византийцы употребляли также и такие сосуды (под названием «тирозионов»), которые бросались в неприятеля руками — т. е. нечто подобное современным ручным гранатам.

§2. Изготовление и способ употребления греческого огня был долгое время известен только одним грекам. Недаром византийский император назначил самые ужасные наказания за разглашение этого секрета. Но понемногу секрет все-таки распространился и, наконец, стал достоянием и врагов. Ведь не через Китай, а через Константинополь магометане познакомились с греческим огнем, который они так ужасно использовали во время крестовых походов. По описанию Жуанвилля («История короля Людовика Святого») можно судить, какой ужас распространяли неприятельские огненные машины среди войска Людовика.

Однако точный состав греческого огня греки тщательно скрывали. Они называют горючие составные части сажу, нефть, серу, но о самой важной части, о селитре, они не говорят ни слова. Менее скрытны арабские писатели. В одном арабском манускрипте, переведенном Reinaud и Fore («*Du feu gregorois et des origines de la poudre a canon*», 1845) указываются



несколько смесей селитры с различными горючими веществами.

Много рецептов селитровых горючих смесей мы находим в знаменитой книге Марка Грека: «*Libre ignium ad comberendum hostes*». Время появления этого труда точно не установлено; приблизительно можно назвать промежуток между XI и XIII столетиями. Гуттман («*Industrie der Explosivstoffe*») полагает, что этот труд не мог быть написан ранее 1229 года, так как арабы до этого года не употребляли селитру для горючих смесей, а автор главным образом пользовался арабскими источниками. Среди рецептов мы находим составы, которые очень близки теперешнему черному пороху, так, например: 2 фунта серы, 2 фунта липового угля и 6 фунтов селитры. Но так же, как и арабские источники, Марк Грек говорит лишь о том, что назначенные смеси — устройство пожара. Он описывает даже и ракету, но употребления этих смесей, как толкающей силы в пушках, он еще не знает. Но все-таки ракета также отчасти использовала толкающую силу. Марк Грек называет ракету *ignis volatilis* или *tunica ad volandum*. Селитровый состав обычно помещался в трубу, закрытый или суженный конец которой нагревался. Воспламененная масса выбрасывала содержимое в горящем виде наружу. Следует обратить внимание и на то, что тогдашняя селитра представляла из себя весьма не чистый нитрат калия. Если бы вышеуказанная смесь состояла из чистой селитры, то она при воспламенении дала бы взрыв, а не горела бы как ракета. У Марка Грека мы находим также и описание «*tunica tonitrum faciens*». Но и здесь речь идет не о моментальном взрыве. Наполненная наповалину горячей смесью гильза разрывалась с грохотом, как только газы приобретали достаточную упругость. Цель ее — устрашать врагов своим грохотом.



Вальтер Нернст и Фриц Габер: пересечение параллелей

Кандидат
химических наук
А.С. Садовский

В журнальных биографических очерках для подробностей места не остается. В этом рассказе мы ограничились лишь двумя историями из жизни Вальтера Нернста и их последствиями. Одна связана с аммиаком, другая, менее известная, — с химическим оружием. В них обеих присутствует и другой нобелевский лауреат, Фриц Габер. При изложении истории аммиака или химического оружия обычно основное внимание уделяется именно ему. Мы поступим наоборот.

Памятный год

Вальтер Нернст, оставив должность директора Института физической химии в Гёттингене, в 1905 году принял приглашение возглавить Вторую химическую лабораторию Берлинского университета. Ее тут же переименовали в Физико-химический институт. Незадолго до этого ему был присвоен почетный титул «Geheimer Regierungsrat» — тайный советник, и теперь официально к нему надо было обращаться «герр профессор». К тому же он стал членом Прусской академии.

Осенью, в начале семестра, новоиспеченный академик прочитал вступительную лекцию, очевидно, в торжественной обстановке и с воодушевлением. И в этой лекции он впервые произнес то, что раньше никак не удавалось сформулировать: «Чтобы по термодинамическим данным вычислять химическое равновесие, нужно дополнить классическую термодинамику положением: в близости абсолютного нуля свободная энергия перестает меняться с изменением температуры». Так на глазах у публики было совершено открытие третьего закона термодинамики, или тепловой теоремы Нернста. В память об этом в университете установлена бронзовая доска.

В этом же году вышла в свет книга Фрица Габера «Термодинамика реакций химических газов», о которой Нернст отзывался очень хорошо (вскоре ее переведут на английский язык). Габер полагал, что он сам был очень близок к открытию третьего закона термодинамики, и



Вальтер Нернст

говорил, что Нернст увел идею буквально у него из-под носа. Отношения между ними вскоре испортились.

Нобелевка от обиды

Габер состоял приват-доцентом в Высшей технической школе в Карлсруэ. (В Германии начала прошлого века высшими школами обычно называли учебные институты, а исследовательские — просто лабораториями.) В 1904 году он опубликовал экспериментальную работу, выполненную по заказу фирмы, основанной братьями Маргулис в Вене. Четко поставленной задачи не было (его наняли в качестве консультанта для исследования возможностей фиксации атмосферного азота), и Габер вместе с ассистентом Габриелем ван Ордом решил оценить положение равновесия реакции синтеза аммиака. Выяснилось, что при атмосферном давлении реакция с приемлемой скоростью шла на железном катализаторе лишь после нагрева до 1000°C, равновесие же было сдвинуто в сторону разложения аммиака, содержание которого оставалось очень низким, в пределах 0,005–0,0125%. Работать со столь низкими концентрациями, понятно, тяжело. Габер провел измерения и на других катализаторах и решил, что верхняя граница ближе к истине. Братьям же дали ответ, что синтез возможен, но тех-

нически невыгоден, для получения аммиака лучше поискать другие источники.

Нернст тут же принялся сопоставлять новый закон термодинамики с имеющимися экспериментальными данными. Все совпадало — за исключением синтеза аммиака. Верхняя граница, указанная в статье Габера, сильно отличалась от расчетного значения. Об этом он написал Габеру, а сам ввиду важности объекта взялся вместе с Фрицем Йостом за собственные измерения. У него было великолепное оборудование — иридиевая «колба» и печь позволяли работать при высоком давлении (до 75 атм.) и высокой температуре (до 2000°C). Измерения были получены при повышенном давлении. С докладом по этому поводу Нернст выступил в мае 1907 года на заседании Бунзеновского общества.

Получив письмо от Нернста, Габер уже с другим помощником повторил эксперимент и подтвердил достоверность нижней границы. Верхней же он и так доверял, полагая, что чем больше аммиака, тем точнее измерения. Вторая работа появилась в печати буквально накануне указанного заседания, за день-два. Таким образом, Габер приготовился к защите, но переговорить мэтра ему не удалось — Нернст был в другой весовой категории. Его позиция сводилась к тому, что измерения по равновесию синтеза аммиака при атмос-



Фриц Габер

ферном давлении вообще неточны и неправильны. Нернст к тому же приписал Габеру практический вывод, противоположный тому, что он сделал: обвинил Габера в том, что, основываясь на завышенных и очень неправильных цифрах (*stark unrichtigen Zahlen*), тот предлагает техническую реализацию метода получения аммиака. Получилось, что Нернст любую реализацию метода, под давлением или без, расценивает как неинтересную для промышленности.

Габер только что стал полным профессором. Оскорбление его так задело, что, по воспоминаниям его жены Клары, он покрылся сыпью, его стали мучить боли в животе. Честолюбивый Габер чувствовал: достоинство и репутацию можно спасти, только добившись успеха в синтезе аммиака. Он с горечью осознал свое упущение — была же возможность достичь результата при повышенном давлении, не надо было спешить. Затем Габер приложит все усилия, чтобы вернуться к исследованию синтеза аммиака и получить положительный результат. В конечном счете это и принесет ему Нобелевскую премию.

Примирение

В начале 1908 года Габер сумел заключить контракт на исследование синтеза аммиака с БАСФ (то есть Баденской анилиновой и содовой фабрикой). Полученные средства пригодились для оснащения оборудованием. В руках у него оказался редкий металл — осмий, на котором он сразу получил показатели, приемлемые для промышленности: при температуре 500°C и давлении до 200 атм. образовывалось около 6% аммиака с приличной производительностью единицы объема катализатора. А еще ему весьма повезло, что за техническую реализацию запатентованного способа взялся энергичный и талантливый Карл Бош (см. «Химия и жизнь», 2009, № 11). В 1912 году на-

чалось строительство промышленной установки в Оппау, работа двигалась в ударном темпе. И тут вдруг все прекратилось — до окончания суда. Фирма «Хёхст» решила осадить конкурента и обратилась с иском на аннулирование патентов Габера, принадлежавших по контракту БАСФ. Иск был очень хорош и с юридической, и с технической точки зрения. Среди аргументов отвода патентов Габера фигурировал и факт его дискуссии с Нернстом на заседании Бунзеневского общества. «Хёхст» консультировалась с Вильгельмом Оствальдом, который к тому моменту уже получил Нобелевскую премию «в знак признания работ по катализу». В этом иске он имел свой собственный интерес — утвердиться в положении «интеллектуального отца аммиачной промышленности», «дитя» которого попало в чужие руки. В заявке Оствальда 1900 года уже было все: повышенные давление и температура, схема с рециркуляцией газа и катализаторы. Однако БАСФ ее забраковала, так как Бош нашел методическую ошибку и доказал, что проволока из чистого железа, используемая Оствальдом, на самом деле из-за низкой активности катализатором не была. В итоге не хватало самой важной пуговицы.

После речи адвоката истца в суде воцарилась похоронная тишина. Неожиданно в зал чуть ли не в обнимку вошли Нернст и Габер. С трибуны Нернст засвидетельствовал, что на заседании Общества он сравнивал свои данные со старыми данными Габера. То, что представлено в патентах БАСФ, — это поистине великолепно, это прорыв и так далее. Нернст отлично знал патентное право, у него была богатая практика с собственными изобретениями электрической лампы и механического пианино. Адвокат «Хёхст» сразу оценил обстановку: иск проигран, надо готовить деньги на возмещение судебных издержек. Остальные просто изумились. Все знали о размолвке между Нернстом и Габером, к тому же Нернст был самым успешным учеником Оствальда. Однако из присутствующих мало кому было известно, что незадолго до этого Нернст побывал на БАСФ, где оформил контракт сроком на пять лет, став консультантом с очень неплохим жалованьем — 10 тысяч марок в год.



Нобелевской награды по химии Нернст и Габер были удостоены почти одновременно. Нернст получил ее в 1920 году «в признание работ по термодинамике», и в том же году Габеру вручили премию «за синтез аммиака из составляющих его элементов», присужденную в 1918 году, — вручение задержалось из-за траура в шведской королевской семье. Церемония прошла не слишком гладко, научная общественность стран Антанты бурно не одобряла решение Нобелевского комитета из-за участия Габера в разработке и применении химического оружия. За это ему грозил суд, и он даже подготовил оправдательную речь. Однако пальма первенства в разработке химоружия на самом деле принадлежала Нернсту, о чем и теперь вспоминают редко и вскользь.

За Родину! За кайзера!

Нернст был не меньшим патриотом Германии, чем Габер, к тому же он увлекался автомобилями. Когда началась война, Нернст вместе с Рентгеном, Планком, Оствальдом, Габером и другими коллегами подписал манифест национал-патриотического толка «К культурному миру», сел в свой собственный автомобиль, что тогда было редкостью, и поехал на фронт. В составе Королевского добровольного автомобильного корпуса Первой армии он участвовал в нескольких боях. Самым тяжелым стало сражение под Марной в начале сентября 1914 года на подступах к Парижу. Мобильным отрядам придавалось особое значение, однако на блицкриг сил не хватило. Немецкие войска были отброшены. Кстати, в критический момент одну из бригад Марокканской дивизии за два рейса перебросили прямо на передовую 600 машин парижских таксистов — «Марнские такси».

Вскоре Нернсту пришлось временно покинуть фронт. Передаем ему слово. «Бауэр, будучи майором оперативного отдела Верховного командования армии, услышал о моем присутствии. Он нашел меня, и мы подробно обсудили конкретные военно-технические вопросы. Непосредственным результатом этого явилось то, что в этот же вечер, сопровождаемый майором артиллерии Михелисом (теперь он отставной генерал-майор), я уехал на

своем автомобиле в Кельн, чтобы провести испытания на полигоне Ван, расположенном около больших химических заводов Леверкузена. Я едва ли преувеличу, если скажу, что дальнейшее внедрение предложений, сформулированных вместе с Бауэром, приведет к полному изменению ведения войны...» Речь шла о химическом оружии.

Химическими средствами в военных целях, а именно слезоточивыми гранатами с этилбромацетатом, первыми воспользовались французы. Это произошло еще в августе 1914 года. В боевой суматохе их действие, однако, осталось для противника незамеченным. Европейские государства еще считались с Гаагской декларацией, подписанной ими в 1899 году: она запрещала применять снаряды с удушающими и ядовитыми веществами. Нернст предложил уловку, позволяющую юридически обойти декларацию. Ее суть состояла в том, чтобы начинять шрапнельные снаряды не только пулями (взрывчаткой), но и отравляющим веществом. В результате его использование выглядело бы не основной, а вспомогательной функцией, своеобразной модификацией дозволенного средства.

Часть взрывчатки в 105-миллиметровых шрапнельных снарядах заменили хлорсульфонатом дианизидина. Их стали называть Ni-снарядами, от «Niespulver» — «чихательный» порошок. Однако при создании или применении средства были допущены просчеты: лакриматор не давал эффекта, видимо, потому, что разрушался при взрыве снаряда. По крайней мере, сын начальника штаба немецкой армии Эриха фон Фалькенхайна выиграл шампанское, на пари продержавшись в облаке в течение полных пяти минут без видимого дискомфорта. Неудивительно, что 3000 Ni-снарядов, выпущенных 27 октября 1914 года под Невшателем, не произвели на англичан особого впечатления. В рапорте все же значилось, что они облегчили действие немецких войск.

Высшее немецкое командование решило подключить к проблеме большие научные силы. Так, Габер, выполняя ответственное задание, репрофилирует руководимый им Институт физической химии им. кайзера Вильгельма и вскоре становится главным военным химиком. А Нернста в 1915 году переводят в научные консультанты Первого траншейно-минометного батальона. Потом он займется баллистикой, теорией взрыва, детонацией. В 1917 году станет официально известно о Фонде кайзера Вильгельма для поддержки военных и технических исследований. Председателями двух из шести подкомитетов фонда окажутся Габер (химикаты и газы) и Нернст (физика, баллистика, телеграф и телефония).

Нернст был награжден боевыми орденами Железного креста 2-й и 1-й степени, а его выдающийся вклад в науку отметили высшей наградой, прусским рыцарским орденом «За заслуги». Но все это не могло скрасить глубокое горе супругов Нернстов: на войне погибли оба горячо любимых сына.

Операция под Ипром

Война принимала затяжной, «окопный» характер. Противника трудно было достать артиллерией в укрытиях, требовались иные, дополнительные меры. Команда Габера, оставив надежду вписаться в Гаагскую конвенцию, разработала уже не шрапнельный, а специальный химический снаряд серии «Т», снабженный лакриматором ксиллилбромидом, но и он в боевых условиях на Восточном фронте показал столь же скромные результаты. Помимо материальных затрат, на подобные эксперименты в военное время уже было привлечено несколько тысяч военных и гражданских лиц, считая закрепленных на спецпроизводствах. Настала пора решительных действий.

Газовую атаку не с лакриматором, вызывающим дискомфорт, а со смертельно опасным хлором немцы предприняли 22 апреля 1915 года под Ипром. Операцию под кодом «дезинфекция» готовил Габер, он же лично руководил и газовой атакой. Химический удар, как и было задумано, оказался сильным: паника, потери неприятеля в живой силе — 15 тысяч человек, погибших — 5 тысяч. Однако он не стал сокрушительным. Полной победы, то есть прорыва фронта и выхода к Ла-Маншу, так и не получилось, хотя она была очень близка. Формально Габер не нарушил дек-

ларацию, ведь хлор выпустили не из мин или снарядов, что в ней было оговорено, а из обычных газовых баллонов. Он был полупродуктом и широко использовался на БАСФ в синтезе анилиновых красителей. Однако все это теперь не имело значения. Начало настоящей полномасштабной химической войне было положено, а Габер вошел в историю и искусство как злодей, сделавший химию орудием убийства.

Продемонстрировав мощь нового оружия, он торжествовал. Однако его жена Клара, первая в Германии женщина — доктор химии, восприняла случившееся совсем по-другому — она застрелилась из служебного пистолета мужа. На шум выстрела раньше всех прибежал их двенадцатилетний сын (после Второй мировой войны он тоже кончит жизнь самоубийством). А Габер в тот же день отправился на Восточный фронт.

...Умер Габер в 1934 году — в Швейцарии по дороге в Палестину (Хаим Вейцман предложил ему возглавить Исследовательский институт Зива, который ныне носит имя самого Вейцмана). Умер почти нищим, разбитый физически и морально, и был похоронен в Базеле. К печальному концу его привел не только антисемитизм гитлеровских нацистов. Вот что писал о Габере П.Л.Капица (см.: «Химию и жизнь», 1987, №3): «Он приехал в Англию, в Кембридж. В Кембридже лишь немногие захотели поддерживать с ним дружеские отношения, и он чувствовал себя очень одиноко. Мы, физики, Резерфорд и все остальные, совершенно не были склонны встречаться с ним, потому что в моральном отношении он не отвечал нашему представлению о действительно большом ученом. В Кембридже он прожил недолго».

Убежище

Нернст и Габер были внесены в обширный список лиц, обвиненных Антантой в военных преступлениях, точнее, в нарушении традиционных правил или методов ведения военных действий. Победители потребовали их выдачи. Габер по поддельным документам укрылся в Швейцарии, а Нернст решил спрятаться у себя на родине, подальше от столицы, для чего срочно подыскал поместье в глуши. Требование Антанты осталось невыполненным, а недвижимость у него сохранилась. Габер тоже вернулся на родину и, более того, продолжил заниматься отравляющими веществами.

Нернст и Габер оба родились на территории современной Польши. Родина Нернста — маленький городок Вомбжезьно на северо-востоке Пруссии, этот район в 1919 году отошел по Версальскому договору к Польской республике. Отец Нернста был судьей, мать



Клара Габер

умерла, когда Вальтеру было десять лет. Он был очень близок с семьей Рудольфа Нергера, дяди по материнской линии. В поместье Энгельсбург, которое арендовали Нергеры, Нернст проводил каникулы, приезжал туда и взрослым. Сейчас высказываются предположения, что Нергеры были поляками, тогда наполовину поляком был и Нернст. К национальному вопросу мы еще вернемся, а пока заметим, что в Энгельсбурге будущий великий ученый мог прочно привязаться к природе и к простым радостям сельской жизни.

В 1922 году Нернст ненадолго возвратился в Гёттинген — его привлекло предложение возглавить Физико-техническое общество, по существу, немецкую «палату мер и весов» или «бюро стандартов». Он соглашался занять пост президента при условии, что «будет разрешено часто проводить время в течение двух-трех дней в его загородном доме около Берлина, чтобы таким образом оставаться в хорошем состоянии. Во время зимы посещения могли быть раз в месяц, а во время летнего периода чаще, без вычета их из установленного отпуска».

На самом деле у Нернста уже не было ни одного загородного дома под Берлином.

В 1907 году он купил дом в 60 км к югу от Берлина в Рице (район Потсдам-Миттельмарк). Точнее, это было поместье с 50 га пахотной земли, а для охоты он еще арендовал большой прилегающий участок с лугами и лесом. Сюда навещали соседи, ученики и коллеги, здесь проходили детские праздники. Впоследствии дом был стилизован под замок с зубцами на крыше. Внутри по стенам развешаны картинки пастелью, которые нарисовал учитель Нернста Оствальд, а в праздники дом озаряли «лампочки Нернста» — в них свет излучал стерженек из смеси оксидов магния, тория, циркония и иттрия. В поместье опробовали аммиачные удобрения, разводили в прудах карпов. Нернст шутил: «Я развожу таких животных, которые находятся в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Разводить теплокровных — это значит обогревать на свои деньги мировое пространство». Как видно, аграрные опыты были близки к его научным интересам.

После гибели на фронте летом 1917 года второго сына Нернст просто не мог бывать в Рице — там все напоминало о безвозвратно утраченном. Поместье было поспешно продано. Купить недвижимость в эпоху гиперинфляции оказалось непросто. Под влиянием грозящей экстрადиции, революционных волнений, охвативших Берлин в конце 1918 года, и сообщений о сохранении семейных средств было выбрано местечко Цибелле на краю Силезии, в 150 км

от Берлина, если мерить по прямой. Купчая была оформлена только в 1922 году. Имение занимало почти 300 га — более 100 га пахоты, 70 га леса и, тут уж будем точны, 42 га прудов. Всю землю и воду рационально использовали для земледелия, охоты и разведения карпов. Нернст переехал сюда после отставки в 1933 году, здесь же и умер. В 1945 году территория Цибелле отошла к Польше, местечко стало называться Нивицей, а центральную усадьбу, уцелевшую от бомбежек, разобрали, и все, что могло пойти в дело, отправили на восстановление Варшавы.

Отставка и последние шаги

Нернст активно выступал против нацизма до прихода к власти Гитлера, позиция его не изменилась и позднее. Когда профашистские физики начали кампанию за исключение Эйнштейна из Прусской академии, Макс фон Лауэ, Вальтер Нернст и Генрих Рубенс опубликовали письмо в его защиту. Отставка Нернста с поста профессора Берлинского университета совпала по времени с приходом Гитлера к власти. Прямой связи здесь нет: отставка прошла в плановом порядке, хотя и без торжественных мероприятий. Празднование 70-летнего юбилея Нернста в следующем 1934 году стало его частным делом: в Цибелле приехали только Лауэ с немногими друзьями.

Тем не менее режим не отплатил Нернсту за открытую оппозицию. «Герр профессор» спокойно занимался и хозяйством, и наукой (космофизикой), и выезжал за границу. Так, в январе 1936 года он прочел в Вене и Граце лекции «Утверждение некоторых новых фундаментальных физических законов, основанных на астрономических измерениях» и «Происхождение неподвижных звезд», затем собирался поехать в Чехословакию и Швейцарию.

Позже Нернст становится более осмотрительным. В деловых письмах он уже не допускает вольностей и заканчивает стандартным «Хайль Гитлер!». Сначала полуофициально, а потом и официально Нернсту было предложено ответить на вопросы о своих предках и предках жены, дочери известного гёттингенского хирурга Лохмейера: власть повсеместно выявляла людей еврейского происхождения. Хотя Нернст всячески уклонялся от заполнения нацистского вопросника, но, очевидно, ему все-таки пришлось сдать эту анкету. Что он там написал, остается неизвестным. В Оксфорд Нернст приехал в 1937 году: поездка была приурочена к вручению ему почетного доктора наук по поводу пятидесятилетия научной деятельности. Организовал ее ученик Нернста, а теперь директор Кларендонской лаборатории



ХИМИКИ — НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

Фредерик Линдемман (сэр Червелл), который был близок к Уинстону Черчиллю. Здесь же работал и другой ученик — Франц Саймон, так что Нернст никак не мог себя чувствовать одиноким, подобно Габеру в Кембридже.

В Англию он стремился попасть еще и для того, чтобы повидаться со старшей дочерью Хильдой. Она вышла замуж за ассистента отца — Хайнца Канна, когда тот был еще студентом-химиком. Их семья сразу же после прихода нацистов к власти эмигрировала в Англию. Младшая дочь Анжела тоже вышла за еврея Альберта Гана, он был юристом, участвовал в Первой мировой войне, принял христианство. Поэтому эмигрировали они только в 1938 году, сначала в Англию, а год спустя из-за материальных затруднений оказались в Бразилии. С престарелыми родителями в Германии оставалась только третья дочь Эдит.

Когда началась Вторая мировая война, Нернст поступил так же, как и в Первую: несмотря на перенесенный в 1939 году сердечный приступ, приехал в Берлин и предложил свои услуги управлению Военно-морского флота. В университете на Бунзенштрассе ему выделили помещение, где он занялся усовершенствованием торпеды с приводом на сжатом воздухе: ученый хотел применить разработанный в прошлую войну патрон для траншейных минометов. Но случилась неприятность, корпус торпеды не выдержал и взорвался. Нернст прекратил участие в проекте и вернулся в свое убежище. Самочувствие его было неважным. Повторного приступа он не перенес и 18 ноября 1941 года скончался.

Поскольку Нернст и Габер были участниками одних и тех же событий, параллели в их судьбах проследить нетрудно. Особенно они заметны в истории с разработкой и применением химического оружия. Среди видных ученых Германии не только они были причастны к этой разработке. Во время войны в Институте физической химии им. кайзера Вильгельма вместе с Габером работали и другие будущие нобелевские лауреаты: Отто Ган, Густав Герц и Джеймс Франк. Но, как следует из рассказа самого Нернста, он все же был первым.



Медицинская генетика в России

Доктор
медицинских наук
А.М.Полищук

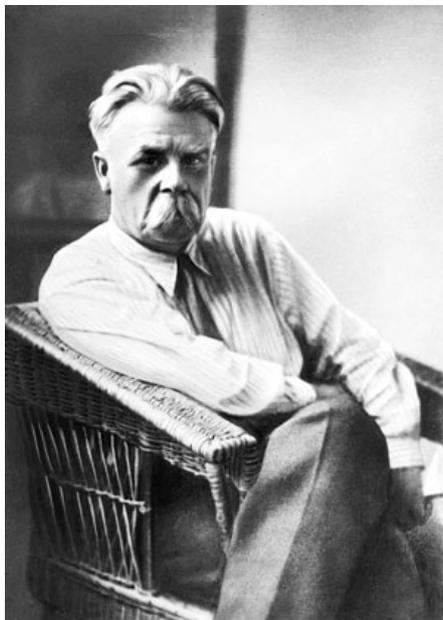
А.М.Полищук закончил 1-й Ленинградский медицинский институт им. И.П.Павлова в 1963 году — как раз тогда, когда генетика в нашей стране выходила из подполья.

Учился в аспирантуре в лаборатории радиационной генетики Института цитологии и генетики СО АН СССР в Новосибирске под руководством Ю.Я.Керкиса. С 1978 по 1982 год заведовал кафедрой биологии и генетики Томского мединститута, откуда ушел под давлением КГБ (подозревался в хранении и распространении антисоветской литературы). Непосредственный участник восстановления медицинской генетики. Статья дана в сокращении (полный вариант со списком литературы см. на нашем сайте).

Возникновение и расцвет

И в России, и на Западе медицинская генетика возникла из евгеники — той ее части, которая ставила своей задачей предотвращать рождение людей с физическими и психическими наследственными дефектами. В начале 30-х годов прошлого века эта наука достигла пика популярности в обществе, отражаясь даже в законодательстве многих стран мира. Однако в конце 30–40-х годов в нацистской Германии ее подменили доктриной об избранности арийской расы, чистота которой должна была поддерживаться благодаря расовой политике. В рамках этой политики проводились насильственная стерилизация и массовые умерщвления людей, считавшихся малоценными. Все это дискредитировало евгенику, и само ее название долго ассоциировалось с понятиями «нацизм» и «фашизм». Вместе с тем стремительное развитие генетики показало реальную возможность диагностики и профилактики наследственных заболеваний человека, что, по существу, и было целью той части евгеники, которая называлась негативной. Поэтому она продолжала развиваться в качестве самостоятельного направления, но уже под названием «медицинская генетика». <...>

В России начало евгенического движения следует датировать 1865 годом. Тогда в журнале «Русская старина» были опубликованы очерки



Николай Константинович Кольцов

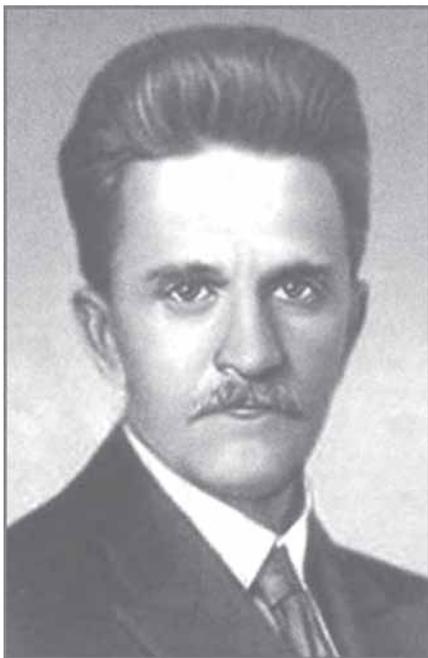
В.М.Флоринского, в которых развивались идеи усовершенствования человеческой породы. Евгеника в России и СССР была особо тесно связана с генетикой, поскольку ими занимались одни и те же люди. Они были созданы в основном усилиями двух молодых талантливых ученых: Н.К.Кольцова в Москве и Ю.А.Филипченко в Петрограде. В 1920 году Н.К.Кольцов создал в Москве Русское евгеническое общество, при котором издавался «Русский евгенический журнал». В 1920 году в Институте экспериментальной биологии (ИЭБ), руководимом Н.К.Кольцовым, был организован евгенический отдел, развернувший исследования по генетике человека. Здесь были начаты первые работы по наследованию групп крови, содержанию каталазы в крови, наследованию цвета волос и глаз, изменчивости и наследственности сложных признаков с использованием близнецового метода. При отделе работала первая медико-генетическая консультация.

В 1921 году Ю.А.Филипченко организовал в Петрограде Бюро по евгенике, где, в частности, было выполнено уникальное популяционно-генетическое исследование творческих способностей человека. <...> Подавляющее большинство ученых, внесших решающий

вклад в формирование и развитие медицинской генетики в нашей стране, были либо учениками Кольцова и Филипченко, либо учениками их учеников.

Официальной датой возникновения медицинской генетики как самостоятельной дисциплины в России следует считать 15 мая 1934 года. В этот день на конференции в Медико-биологическом институте его директор Григорий Соломонович Левит выступил с докладом «Антропогенетика и медицина», в котором определил новую дисциплину. Историк генетики В.В.Бабков так охарактеризовал его значение: «Левит стал основоположником российской медицинской генетики, сформулировал ее ключевые принципы и идеи». <...> В 1928 году он организовал Кабинет наследственности и конституции человека при Медико-биологическом институте в Москве. В 1930 году Кабинет был расширен до Генетического отделения Медико-биологического института, а Левит назначен его директором, что позволило ему переориентировать тематику института на генетику человека. В 1935 году учреждение было переименовано в Научно-исследовательский медико-генетический институт имени М.Горького. Работы здесь развивались по трем направлениям: клинко-генетическому, близнецовому и цитологическому. <...>

В области клинко-генетических исследований важное значение имели работы С. Н. Давиденкова о генетике бокового амиотрофического склероза и Левита о различных проявлениях большинства патологических мутантных генов человека. Принципиально важным было замечательное теоретическое исследование В.П.Эфроимсона, выполненное в 1932 году, о равновесии между накоплением мутаций и интенсивностью отбора. В ней ученый оценил темп мутационного процесса у человека. Успешно развивалось «близнецовое» направление. К 1933 году исследованием были охвачены 600 пар близнецов. Были получены интересные результаты о роли наследственности и среды в физиологии и патологии ребенка, в изменчивости электрокар-



Юрий Александрович Филиппенко

диограммы, в проявлении некоторых психических признаков. В цитологическом направлении нужно назвать исследования, проводимые в лабораториях П.И.Живаго и А.Г.Андреса в Институте экспериментальной биологии и в Медико-генетическом институте. К ним относятся разработка Г.К.Хрущевым и Е.А.Берлиным метода культивирования клеток крови для кариологического анализа (анализа количества и внешнего строения хромосом. – *Примеч. ред.*), а также проведенный впервые в мире А.Г.Андресом и М.С.Навашиным анализ тонкого морфологического строения хромосомы человека. Подчеркивая значение этих работ, президент III Международного конгресса по генетике человека Л.С.Пенроз в 1966 году сказал: «Если бы эти лаборатории в СССР продолжали работать, то большинство открытий по кариотипу человека, сделанных в течение последних девяти лет, могли бы появиться на двадцать лет раньше».

В Ленинграде медицинская генетика развивалась благодаря деятельности крупного специалиста по нервным болезням С.Н.Давиденкова. <...> Он начал заниматься генетикой нервных болезней в Москве в институте, возглавляемом Левитом. В 1932 году переехал в Ленинград, где возглавил кафедру нервных болезней в Ленинградском институте усовершенствования врачей. Здесь были выполнены замечательные работы по генетике болезней нервной системы. <...>

К концу 30-х годов медицинская генетика в Советском Союзе и в теории, и в практике соответствовала самым высоким мировым стандартам. Но как раз в тот момент, когда был подготов-



Соломон Григорьевич Левит

лен ее мощный взлет, развитие медицинской генетики в СССР было резко оборвано.<...>

Разгром

Пик разгрома медицинской генетики пришелся на годы Большого террора (1936—1939), но начался он гораздо раньше, а «недобитых» в этот период репрессировали после августовской 1948 года сессии ВАСХНИЛ (Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И.Ленина). <...>

Трагически сложилась судьба многих генетиков, в том числе и С.Г.Левита. В 1936 году он был исключен из партии «за связь с врагами народа, за протаскивание враждебных теорий в трудах института и за меньшевистствующий идеализм». В вину ему поставили и то, что он подписался под письмом в защиту арестованного друга, и за попытку на собрании критиковать работу Т.Д.Лысенко. В 1937 году Левита уволили с должности директора, а институт закрыли. Спустя год он был арестован, приговорен к смертной казни за терроризм и шпионаж и расстрелян. Левит был реабилитирован посмертно в 1956 году. <...> Трижды арестовывали В.П.Эфроимсона. Гонениям подвергся и профессор С.Н.Давиденков. Его научные работы по медицинской генетике не публиковались, а доцентура в Ленинградском институте усовершенствования врачей была закрыта. Кольцов был уволен с должности директора ИЭБ и в том же 1940 году умер от инфаркта миокарда. <...>

Во время Великой Отечественной войны репрессии заметно утихли, но вновь усилились уже в 1946 году. <...> Разгром произошел в августе 1948 года на сессии ВАСХНИЛ, где генетику заклеямили как «буржуазную лженау-



ку». Августовская сессия ВАСХНИЛ послужила сигналом к широкомасштабной кампании по разгрому «идеалистической» биологии в Советском Союзе. Уже 24—26 августа состоялось расширенное заседание Президиума Академии наук СССР, 4 сентября — президиума Академии педагогических наук РСФСР, 9—10 сентября — Президиума Академии медицинских наук СССР. На этом заседании Президиум АМН СССР официально запретил медицинскую генетику. Все эти заседания высших научных учреждений страны были посвящены внедрению «едиственно верной», «материалистической» «мичуринской» биологии. Последовали оргвыводы: увольнения генетиков и замена их сторонниками Лысенко (были уволены или понижены в должности около 3 тысяч ученых), пересмотр программ по биологии и генетике в университетах, медицинских и педагогических вузах, научных планов в научно-исследовательских институтах и лабораториях. На генетику был наложен официальный запрет, который держался до 1964 года. <...>

Восстановление

<...> Развитие ядерной энергетики, ядерного оружия и космонавтики, несмотря на запреты, стимулировало возобновление работ по цитогенетике человека. Для этих отраслей требовалось уметь оценивать опасность радиоактивного излучения и разработать методы радиационной защиты. В 1956 году в Москве в Институте биологической физики АН была организована лаборатория радиационной генетики. Заведующим был приглашен известный генетик Н.П.Дубинин, который после сессии ВАСХНИЛ работал орнитологом на Урале. Он собрал генетиков, отлученных от науки после погрома 1948 года, и развернул работы по радиационному мутагенезу. В лаборатории проводилось также цитогенетическое обследование испытателей, готовящихся стать космонавтами.

В 1957 году в составе Сибирского отделения АН СССР (Новосибирск) был организован Институт цитологии и ге-

нетики (ИЦИГ СО АН СССР). Директором был назначен Н.П. Дубинин. Как и в Москве, он начал собирать изгнанных из науки генетиков. В частности, на должность заведующего лабораторией радиационной генетики он пригласил ученика Ю.А.Филипченко – Ю.Я.Керкиса. Керкис и его сотрудники одними из первых в мире использовали в качестве объекта исследования культуру клеток человека для определения дозы радиоактивного излучения, удваивающей частоту спонтанных мутаций, и показали, что эта доза равна 8–10 рентгенам.

В 1958 году в Президиуме АМН СССР была создана комиссия по медицинской генетике, но во главе ее был поставлен верный лысенковец, академик АМН Н.Н.Жуков-Вережников. Микробиолог по специальности, он, мягко говоря, не был крупным специалистом в области медицинской генетики. Поэтому руководимая им комиссия включила в Государственный план развития науки на ближайшую пятилетку проблему «Исправление испорченной генетической информации у человека путем направленного воздействия на испорченные гены». Только вопиющим невежеством можно было объяснить такую постановку проблемы: в те годы не существовало даже подходов для ее решения. Специалистам потребовалось много усилий, чтобы убедить Президиум АМН распустить эту комиссию. Вместо нее, во многом благодаря стараниям А.А.Прокофьевой-Бельговской и В.П.Эфроимсона, был создан Совет по общей и медицинской генетике под председательством академика АМН И.Д.Тимакова. <...>

Еще в 1958 году С.Н.Давиденков организовал в Ленинграде Медико-генетическую лабораторию АМН, которую после его смерти в 1961 году возглавила Е.Ф.Давиденкова. Другим центром возрождения медицинской генетики в Ленинграде стал Институт экспериментальной медицины АМН СССР. В начале 60-х годов в этом институте С.А.Нейфах организовал одну из первых в стране лабораторию биохимической генетики, где начались исследования молекулярных механизмов наследственных болезней. <...> С.А.Нейфах одним из первых в мире высказал мысль о роли мутаций митохондриальной ДНК в этиологии болезней, наследуемых по материнской линии. В результате изучения биохимических и генетических аспектов ферилпировиноградной олигофрении его ученик А.М.Шапошников в 1967 году создал первую в стране диету для лечения ферилпировиноградной олигофрении. <...>

Наиболее бурно возрождение медицинской генетики происходило в Мос-



Александра Алексеевна Прокофьева-Бельговская

кве, во многом благодаря активности А.А.Прокофьевой-Бельговской. В конце 50 — начале 60-х годов за рубежом появились публикации о новых методах анализа хромосом, позволяющих оценить их роль в патологии человека, а также тестировать мутагенную активность различных воздействий на культивируемых клетках человека. Кадров, владеющих такими методиками, в СССР практически не было. А.А.Прокофьева-Бельговская внесла огромный вклад в ликвидацию этого пробела. Она возглавила две лаборатории: лабораторию кариологии в Институте молекулярной биологии АН СССР (1962) и Лабораторию цитогенетики в Институте морфологии человека АМН СССР (1964). На базе первой исследовали хромосомы испытателей, готовящихся к космическим полетам. Здесь же В.М.Гиндилис оценил количественные параметры хромосом человека и получил количественные характеристики индивидуальных хромосом. До появления методов дифференциального окрашивания это был единственный метод идентификации хромосом человека. Другой сотрудник этой лаборатории, А.В.Микельсаар, впервые в СССР исследовал корреляцию генотип-фенотип у человека, изучая хромосомы детей с множественными пороками развития. Там же Прокофьева-Бельговская организовала курсы для обучения врачей методам цитогенетики. За 1962—1964 годы эти курсы прошли десятки врачей.

Примерно в то же время похожие курсы проводила в Ленинграде профессор Е.Ф.Давиденкова. Они были частью программы по созданию медико-генетической службы, над проектом которой работали А.А.Прокофьева-

Бельговская, Е.Е.Погосянц, В.П.Эфроимсон при участии молодых коллег, К.Н.Гринберга и В.М.Гиндилиса.

Во второй лаборатории, куда в качестве заместителя Прокофьевой-Бельговской был приглашен молодой генетик из Института атомной энергии АН К.Н.Гринберг, развернулись интенсивные исследования в области хромосомной природы ряда заболеваний и дефектов развития у человека. В этой лаборатории были воспитаны первые специалисты по медицинской генетике, ставшие известными и учившие уже следующее поколение: О.Подугольникова, В.Кухаренко, А.Ревазов, Г.Мирзаянц, Ю.Селезнев, А.Синкус, А.Кулиев. В 1963 году в Институте экспериментальной и клинической онкологии АМН была организована Лаборатория цитогенетики, в которой под руководством Е.Е.Погосянц началось изучение цитогенетики лейкоми у человека. Как видно, восстановление медицинской генетики начиналось преимущественно с цитогенетики человека и происходило в рамках АМН и АН.

Началом восстановления «клинической части» медицинской генетики можно считать выход в свет книги В.П.Эфроимсона «Введение в медицинскую генетику», опубликованной в 1964 году после трехлетней борьбы с лысенковцами. Эта книга долгие годы была единственным пособием по медицинской генетике для тысяч отечественных врачей.

В сентябре 1965 года на заседании Президиума АН СССР впервые открыто подверглись критике методы и результаты деятельности Лысенко, и запрет на генетику был снят. <...>

В 1967 году Г.И.Лазюк организовал в Минске Лабораторию тератологии и медицинской генетики, которая со временем стала крупнейшим в стране учреждением по изучению причин врожденных пороков развития. Позже лаборатория была преобразована в филиал ИМГ АМН СССР. В том же году В.П.Эфроимсон стал заведовать отделом генетики Московского института психиатрии РСФСР. Здесь развернулись работы по генетике олигофрений, психозов, эпилепсий, шизофрении. В 1969 году под руководством и при авторском участии Прокофьевой-Бельговской вышла книга «Основы цитогенетики человека», ставшая важным учебным пособием для врачей и биологов, занявшихся медицинской генетикой. <...>

Важнейшим событием стало создание в 1969 году Института медицинской генетики (ИМГ). Директором института был назначен Н.П.Бочков, ученик выдающегося генетика Н.В.Тимо-



феева-Ресовского. Этот институт стал ведущим и координирующим учреждением страны по медицинской генетике. В него перешла Лаборатория цитогенетики человека, руководимая А.А.Прокофьевой-Бельговской, были организованы Лаборатория общей цитогенетики под руководством А.Ф.Захарова и Лаборатория мутагенеза и популяционной цитогенетики, возглавляемая Н.П.Бочковым. Кроме того, в состав института вошел коллектив Московской медико-генетической консультации, который стал основой Лаборатории клинической генетики.

В первые годы существования института тон задавали цитогенетические лаборатории. В Лаборатории цитогенетики человека исследования сосредоточились на трех направлениях: фенотипика хромосомных аномалий на клеточном уровне, цитогенетика спонтанных аборт и полиморфизм гетерохроматиновых районов хромосом человека (разнообразие уплотненных, малоактивных участков хромосом. – *Примеч. ред.*). <...> В ходе этих исследований в институте был создан музей культивируемых клеток человека с хромосомными и генными мутациями, который вскоре стал основой Всесоюзной коллекции клеточных культур. Другое направление — популяционную цитогенетику человека — возглавил Н.П.Бочков. Еще в 1967 году он организовал в Москве обследование новорожденных, чтобы определить частоту аномалий X-хромосомы. Эти исследования были продолжены в ИМГ. К началу 70-х годов было цитогенетически обследовано 6000 новорожденных и оценены частоты различных хромосомных аномалий, а также частоты возникновения хромосомных и генных мутаций у человека. <...> В институте начались разработка скрининг-программ для ранней диагностики и профилактики наследственных заболеваний, исследования по генетике развития (В.И.Иванов) и популяционной генетике наследственных болезней (Е.К.Гинтер).

В 1982 году по инициативе Н.П.Бочкова был открыт Томский отдел ИМГ. Он включал Лабораторию популяционной генетики человека и Лабораторию цитогенетики. Руководителем отдела был приглашен молодой энергичный доцент Новосибирского мединститута В.П.Пузырев. Через пять лет он возглавил НИИ Медицинской генетики в составе Томского научного центра Сибирского отделения АМН, организованного на базе отдела. <...>

Медицинская генетика в Ленинграде получила новый импульс к развитию в 1987 году, когда в Институт акушерства

и гинекологии АМН им. Д.О.Отта пришел В.С.Баранов, создавший и возглавивший Лабораторию пренатальной диагностики наследственных и врожденных болезней. Там быстро наладили все известные в то время методы инвазивной пренатальной диагностики наследственных болезней. Одним из основных направлений стала разработка научных основ генодиагностики распространенных наследственных болезней, в частности методы ДНК-диагностики муковисцидоза и миодистрофии Дюшенна. Уже через два года на базе лаборатории был открыт Федеральный центр по пренатальной диагностике муковисцидоза.

С появлением в стране отечественных компьютеров начал развиваться генетический анализ количественных признаков человека, главным образом мультифакториальных болезней (определяемых совокупностью многих факторов, как наследственных, так и факторов среды. – *Примеч. ред.*). В 1969 году В.М.Гиндилис возглавил группу медицинской генетики в Институте психиатрии АМН СССР. Здесь он и его сотрудники разработали метод многомерного анализа генетически детерминированных признаков, позволяющий количественно оценить вклад генетических факторов в развитие эндогенных психозов. Чуть позже, в середине 80-х годов, известный специалист в области генетического анализа количественных признаков Э.Х.Гинзбург из ИЦиГ СО АН обратился к изучению генетики мультифакториальных болезней. <...>

Из теоретических достижений следует отметить гипотезу М.Д.Голубовского о существовании у мужчин доминантной мутации, обуславливающей двойное (двумя сперматозоидами) оплодотворение яйцеклетки. Это может привести либо к триплоидии и последующему выкидышу, либо к пузырному заносу, либо к образованию химер. Гипотеза <...> предсказывала существование третьего, доселе неизвестного, типа близнецов — полуторазиготных, у которых материнские геномы одинаковы, а отцовские — разные. Спустя 20 лет такой тип близнецов был обнаружен в независимом исследовании.

Генетика — практике

Медленнее всего восстанавливалась медико-генетическая служба в системе практического здравоохранения. Одна из причин этого заключалась в ужасающей генетической необразованности врачей. Уже в те годы было известно, что в медико-генетическом консультировании нуждается не ме-

нее 8% населения. Для оказания им помощи необходимы широкая сеть медико-генетических консультаций и хорошая генетическая образованность врачей, так как именно они направляют пациентов на консультацию. Однако после почти 30-летнего запрета генетики о компетентности медиков в этом вопросе говорить не приходилось. Так, в конце 60-х годов в Московском детском психоневрологическом диспансере собрался консилиум для обсуждения тяжело больного ребенка со множественными пороками развития. Присутствующий цитогенетик сообщила, что у ребенка обнаружена делеция короткого плеча хромосомы 18. На это одна из врачей заметила: «Ну, знаете, делеция делецией, но не надо забывать, что ребенок перенес операцию по поводу грыжи под общим наркозом». <...>

Результаты опроса, проведенного в 1978 году в двух районах Москвы, можно считать типичными для того времени: из 530 врачей на вопросы по медицинской генетике ответили только два. Лишь в конце 80 — начале 90-х годов стали создаваться профильные кафедры в медицинских вузах. В 1988 году Н.П.Бочков организовал кафедру медицинской генетики в 1-м Московском медицинском институте. В 1989 году Е.И.Шварц создал аналогичную кафедру в Ленинградском педиатрическом институте в составе научно-учебного комплекса, включающего Лабораторию молекулярной генетики человека ЛИЯФ АН СССР. Студентов обучали не только общей медицинской генетике и частным разделам молекулярной медицины, но и практическим методам ДНК-диагностики. Позднее кафедры медицинской генетики стали возникать в других медицинских институтах. <...>

Первые медико-генетические консультации возникали по инициативе и под патронажем академических учреждений. Так, специалистами по медицинской цитогенетике стали готовить в начале 60-х годов на базе лабораторий в Москве под руководством А.А.Прокофьевой-Бельговской и в Ленинграде под руководством Е.Ф.Давиденковой. В 1964 году Ю.Я.Керкис в Новосибирске (ИЦиГ СО АН) организовал один из



первых в стране практикумов по кариологии человека, где врачей Сибири и Дальнего Востока обучали метафазному анализу хромосом. Он же инициировал создание в Новосибирске Медико-генетической консультации (МГК) и приложил много усилий для ее становления, в частности для организации цитогенетической лаборатории при МГК. <...>

В апреле 1967 года был издан приказ министра здравоохранения СССР о медико-генетической помощи населению. Первые консультации появились в Москве при детском психоневрологическом диспансере № 6 и в Ленинграде, на базе 11-й детской поликлиники. Затем возникли консультативные кабинеты по медицинской генетике при республиканских, краевых и областных больницах. К 1979 году в стране работало 45 таких кабинетов, однако этого не хватало, и было создано три медико-генетических центра. <...> За последующие пять лет число консультативных кабинетов достигло 85. В Москве, Ленинграде, в Белорусской и Литовской ССР была внедрена массовая диагностика фенилкетонурии у новорожденных, организовано их лечение и диспансеризация. Более 700 врачей, включая врачей-лаборантов, прошли подготовку по медицинской генетике на кафедре Института усовершенствования врачей МЗ СССР. <...>

Очевидный прогресс все же не соответствовал нуждам практического здравоохранения. <...> Методы пренатальной диагностики наследственных болезней с помощью амниоцентеза и биопсии ворсин хориона проводились только в отдельных НИИ и так и не были внедрены в широкую практику здравоохранения. В стране не была создана система организации помощи больным с наследственными заболеваниями и их семьям. Поэтому прежние медико-генетические центры были упразднены, а вместо них образованы республиканские и межобластные медико-генетические центры. <...> Ко времени распада СССР в стране действовало 85 медико-генетических консультаций и кабинетов, включая 10 межобластных. В семи медицинских вузах организованы кафедры медицинской генетики. Широ-

ко использовался ультразвуковой скрининг беременных, начато обследование новорожденных на врожденный гипотиреозидоз.

Отставание и новые препятствия

Несмотря на успехи, медицинская генетика в СССР к концу XX века все же сильно отставала от западной. В 1964—1995 годах наука там шагнула далеко вперед. К середине 90-х годов были картированы гены шестидесяти новых болезней человека, идентифицированы гены предрасположенности к раку молочной железы у женщин, разработаны и внедрены в практику методы флуоресцентной гибридизации *in situ*. <...> Советская медицинская генетика не заняла того места в мировой науке, на котором она находилась в 30-е годы, и в этом смысле она так и не восстановилась после разгрома. Основными причинами были недостаточная материальная поддержка, волюнтаристский характер распределения средств и неудовлетворительная подготовка кадров в вузах. <...> Инакомыслие подавлялось, не всегда можно было опубликовать работу по истории генетики, генетике поведения и генетическому подходу к социальным явлениям. Так, М.Д.Голубовского за статью, опубликованную в 1966 году в популярном журнале «Радио и телевидение», обвинили в том, что его утверждения идут «вразрез с программой партии, с основополагающими высказываниями В.И.Ленина, с коренными положениями советской юридической науки». Голубовский же всего лишь утверждал, что интеллект, а также антисоциальное поведение формируются как под влиянием наследственности, так и воспитания, и усомнился в том, «что изменением социальных условий можно добиться полной ликвидации преступности».

Три года спустя А.А.Прокофьева-Бельговская и К.Н.Гринберг опубликовали в журнале «Здоровье» (1969, № 11) статью под названием «Наследственность». Статья рассматривалась специальной комиссией Президиума АМН, созданной по поручению ЦК

Автор благодарен В.С.Ахуну, М.М.Гинзбургу, М.Д.Голубовскому, Н.М.Горенштейн, Э.Д.Крупникову и О.А.Подугольниковой за помощь, критические замечания и интерес к работе.

КПСС. Приказом по АМН СССР авторам было поставлено на вид за то, что у них отсутствует «критическая оценка взглядов Ф.Гальтона и других буржуазных ученых на определяющую роль наследственности в формировании умственных способностей и форм социального поведения человека».

В 1971 году в журнале «Новый мир» появилась статья В.П.Эфроимсона «Родословная альтруизма». Автор утверждал, что столь сложная сфера человеческого духа, как этика, формируется под совместным влиянием наследственности и воспитания и что естественный отбор внес свой вклад в формирование этических принципов современного человека. Статья сопровождалась комментариями академика Б.Л.Астаурова (тоже ученика Кольцова), в которой он поддерживал и разъяснял основные положения работы Эфроимсона. Обе статьи обсуждались на заседании Отдела науки ЦК КПСС, на котором академик Н.П.Дубинин охарактеризовал статьи как рецидив буржуазной евгеники в худших ее формах. Книга Эфроимсона «Генетика этики и эстетики», написанная в конце 70-х, была издана только в 1995 году. Такая же судьба постигла его книгу «Генетика гениальности», которая более 20 лет не могла пробиться в печать и вышла лишь в 1998 году. В 1976 году лаборатория В.П.Эфроимсона в Институте психиатрии была закрыта. Магнитофонная запись доклада Прокофьевой-Бельговской о своей научной жизни, прочитанного в день 80-летия (в 1983 году) на заседании ученого совета ИМБ, была «арестована», и ее удалось опубликовать только через десять лет, так как в докладе юбиляр коснулась вопросов истории медицинской генетики.

Горбачевская перестройка, распад СССР и запрет на деятельность КПСС в 1991 году имели двойные последствия для науки. С одной стороны, прекратился идеологический диктат КПСС, и ученые получили свободу творчества. С другой стороны, финансирование науки государством практически прекратилось. Начался процесс «утечки мозгов». С этой проблемой российская наука вступила в XXI век.





КНИГИ

**Х.-Д.Хельте, В.Зиппл,
Д.Роньян, Г.Фолькерс**
Молекулярное моделирование:
теория и практика
М.: Бинум, 2010



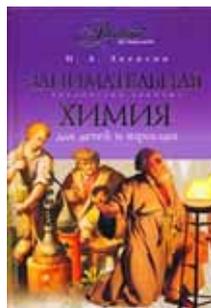
Книга, написанная учеными из Германии, Франции и Швейцарии, посвящена бурно развивающейся компьютерной химии. Авторы описывают основные методы молекулярного моделирования и дизайна лекарственных веществ. Изложены теоретические основы моделирования пространственной структуры малых молекул и построения зависимостей биологической активности от пространственной структуры (QSAR), основы моделирования белковых молекул, методы молекулярного докинга и виртуального скрининга, подходы, принятые при выборе биомиметики. Приведены примеры моделирования антагонистов дофаминового рецептора D_3 .

**В.П.Малышев, А.М.Турдукожаева,
Е.А.Оспанов, Б.Саркенов**
Испаряемость и кипение
простых веществ
М.: Научный мир, 2010



Цель издания — скорректировать справочные данные и согласовать температуру и теплоту кипения при стандартном давлении с температурной зависимостью равновесного давления пара простых веществ. Выявлены ошибочные данные и рекомендованы сглаживающие зависимости давления пара в полном диапазоне температур (от нуля до критической точки), на основе модели испарения, содержащей только температуру кипения при стандартном давлении. Полученные данные могут представлять теоретический и практический интерес для химиков и металлургов, занимающихся разработкой технологических процессов и вопросами охраны окружающей среды.

И.А.Леенсон
Занимательная химия
для детей и взрослых
М.: АСТ, 2010



Автор этой книги, доцент химического факультета МГУ, написал ее для всех любознательных людей. «Наука начинается с удивления», — сказал Аристотель. Прочитав этот труд, вы узнаете, как работают в автомобиле подушки безопасности, из каких металлов делают монеты разных стран, какие бывают в химии рекорды, почему лекарство может оказаться ядом, как химики разоблачают подделки старинных картин, как журнальная шутка лишила победы «знаковок» в известной телевизионной игре «Что? Где? Когда?»... Книга будет интересна и дилетантам, и профессиональным химикам — каждый найдет для себя что-то новое и занимательное.

**С.Л.Баженов, А.А.Берлин,
А.А.Кульков, В.Г.Ошмян**
Полимерные композиционные
материалы. Прочность и технология.
М.: Интеллект, 2010



Рассмотрены методы создания и эксплуатационные характеристики композиционных материалов на основе полимерных матриц. Сравняются характеристики волокнистых и дисперсно-наполненных композитов. В рамках различных теоретических моделей объяснены методы расчета механических свойств композитов. Авторы рассматривают теплофизические свойства, поверхностные явления, горючесть, механизмы увеличения ударной прочности и эластичности наполненных материалов. Описаны технологические процессы получения дисперсно-наполненных композитов и армированных материалов. Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и применением полимерных материалов.

Для студентов вузов, аспирантов и специалистов.

**Э.Преч, Ф.Бюльманн,
К.Аффольтер**
Определение строения
органических соединений:
таблицы спектральных данных
М.: Мир, 2009



Авторы этого справочного издания — специалисты из Швейцарии и Японии. Оно посвящено одному из важнейших разделов современной органической химии — определению строения органических соединений, и переиздавалось за рубежом несколько раз. Главная роль в определении строения веществ принадлежит спектроскопическим методам анализа.

В издание включена большая подборка спектральных данных (ЯМР ^{13}C , ЯМР ^1H , ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия, спектроскопия в видимой и УФ-областях). Материал представлен в удобной, наглядной форме. К таблицам даны необходимые комментарии.

Для химиков-органиков и специалистов в смежных областях науки, а также для аспирантов, дипломников и студентов, избравших своей специальностью органическую химию.

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



Энциклопедия культуры

Юрий Норштейн.

«Снег на траве»,
Москва, издательство
«Красная площадь»,
2008

Юрий Борисович Норштейн назвал «Снег на траве» книгой об искусстве мультипликации. Но любой открывший эту книгу понимает, что это не узкоспециальное издание и не учебник в обычном понимании этого слова, а прекрасная энциклопедия. Энциклопедия мультипликации? Не совсем так. Мультипликация — стержень книги, на который нанизаны размышления о природе этого искусства, и технические находки, которыми Норштейн щедро делится с коллегами, и сюжеты из истории искусств и просто из истории, и рассказы о семье, и портреты людей, вместе с которыми Юрий Борисович работал и работает, и диалоги со слушателями лекций по искусству мультипликации, и... Всего не перечислишь.

Так что же это за жанр такой? Пожалуй, именно энциклопедия. Потому что по охвату произведений и жанров живописи, графики, кино, скульптуры «Снег на траве» — действительно энциклопедия, но не в сухом хронологическом изложении, а написанная легким, можно сказать, ажурным слогом. Еще одно доказательство, что талантливый человек талантлив во всем. Да и не в слог дело, а в смысле. Эта книга — не профессиональное руководство, хотя и по этой части она вне конкуренции. В «Снеге на траве» Норштейн рассказывает, что такое мультипликация — «совершенно непонятное искусство», которое сравнимо «с театром, но в большей степени прежде всего — с литературой, хотя, казалось бы, природа мультипликации чисто изобразительная». В подтверждение этого на страницах книги мы находим цитаты из Баратынского, Пушкина, «Слова о полку Игореве», Маяковского и Пастернака, Мандельштама и Да-

вида Самойлова, Шекспира и Киплингга, Назыма Хикмета и Пабло Неруды, Басё и других японских поэтов... Перечисление, кажется, затянулось, но оно не полное.

А начинает Юрий Норштейн свой рассказ с анализа того, какими приемами в живописи и графике передается эффект движения. В качестве примеров он берет картины разных эпох и стилей. Например, дивной «Битве при Сан-Романо» Паоло Уччелло посвящены шесть страниц. Сравнивая три полотна Уччелло на эту тему, Норштейн обнаруживает, что ощущение движения художник передает, по сути, кинематографическим способом, принятым в мультипликации! Это открытие, совершенное «на глазах» у читателя и подтвержденное компьютерной обработкой картины, увлекает не хуже лихо закрученного детектива. Но разумеется, это лишь один из множества эпизодов книги. Достаточно сказать, что только в пер-

вом томе «Снега на траве» использованы 1045 иллюстраций (живописные, графические работы, фотографии, кадры из фильмов). Среди них наскальная живопись и Сальвадор Дали, фрески Джотто и детские рисунки, Филонов и роспись нижегородской прялки. И каждая работа сопровождается уважительным анализом — и «Менины» Веласкеса, и рисунок четырехлетней Дуси Геллер «Лошади приснился страшный сон, и она описалась». А на первой странице книги Юрий Норштейн называет своих учителей: «пещеры Альтамира и Ласко, «Спас» Андрея Рублева, последняя скульптура Микеланджело «Пьета Ронданини», «Менины» Веласкеса, последний период Гойи, «Возвращение блудного сына» Рембрандта, Ван Гог, «Мусоргский» кисти Репина, Павел Федотов, Шарден, Милле, русский и европейский авангард, фильм Жана Виго «Аталанта», шеститомник Эйзенштейна».



Обо всех этих и многих других работах написано в «Снеге на траве». И конечно же эта книга — энциклопедия. Энциклопедия культуры! Читать ее намного интересней и полезней иного учебника по мировой художественной культуре. Великолепный знаток искусства, Юрий Борисович Норштейн обращается к своим ученикам (и к читателю): «Должна быть богатейшая сумма знаний, чтобы видеть, как в разные времена менялось отношение к изображению, к вещественному миру, к портрету, как симметричность портретного строения менялась на его жанровость, как менялась крупность портрета, как портретная официозность менялась на индивидуальность и приходило открытие, что каждый человек бесконечно интересен». И показывает это на примере знаменитых полотен.

Взгляд Юрия Норштейна порой парадоксален. В его смысловом поле наскальная живопись соединяется с

авангардом, а парадный портрет императора Павла I с монологом Поприщина из гоголевских «Записок сумасшедшего» (там, где он воображает себя королем Испании). И действительно, очень похоже! Как мы сами-то не догадывались?

Книга увлекательна. Стоит ее открыть на любой странице и поймать взглядом любую строчку — и уже не оторвешься. Колдовство какое-то! Юрий Норштейн умеет емко и образно излагать мысли. Вот, например: «Кинокадр — вспышка сознания». «Простота сюжета — пространство для фильма». «Ребенок не знает, что он мыслит как иконописец». Метафоричность мысли не случайна для мультипликатора. В своей книге Юрий Борисович объясняет, что одна из главных задач в мультипликации — передача словесной метафоры в движении. То есть художник должен изобразить движение не буквально, а об-

разно. То, что Норштейн называет «патологическим правдоподобием», приводит к потере образности. Но об этом нужно читать в «Снеге на траве», так будет и понятней, и интересней.

Страницы, посвященные истории создания и технике исполнения знаменитых мультфильмов, интересны не только специалистам. Вот Юрий Борисович пишет о своих героях: «В мультипликации есть один момент, который мне по душе. Мне нравится, что персонажи бессловесны. Они мне не возражают. Но в них есть одна жесткая черта: они абсолютно неумолимы». Вот он рассказывает, какую запись использовали в качестве звуков, издаваемых младенцем в «Сказке сказок»: «У нашей знакомой ощеннлась ее собака. Всех щенков разобрали, остался один, последний. Его то чмокать мы записали и подложили под изображение младенца, сосущего грудь». Вот делает вывод в рассказе о технике рисунка: «Мы не знаем силы штриха». Конечно, интересно узнать о возникновении замысла и работе над любимыми фильмами «Ежик в тумане», «Цапля и журавль», «Сказка сказок» и пока не законченной «Шинелью». Оказывается, у «Ежика» планировался другой финал, на который не хватило пленки.

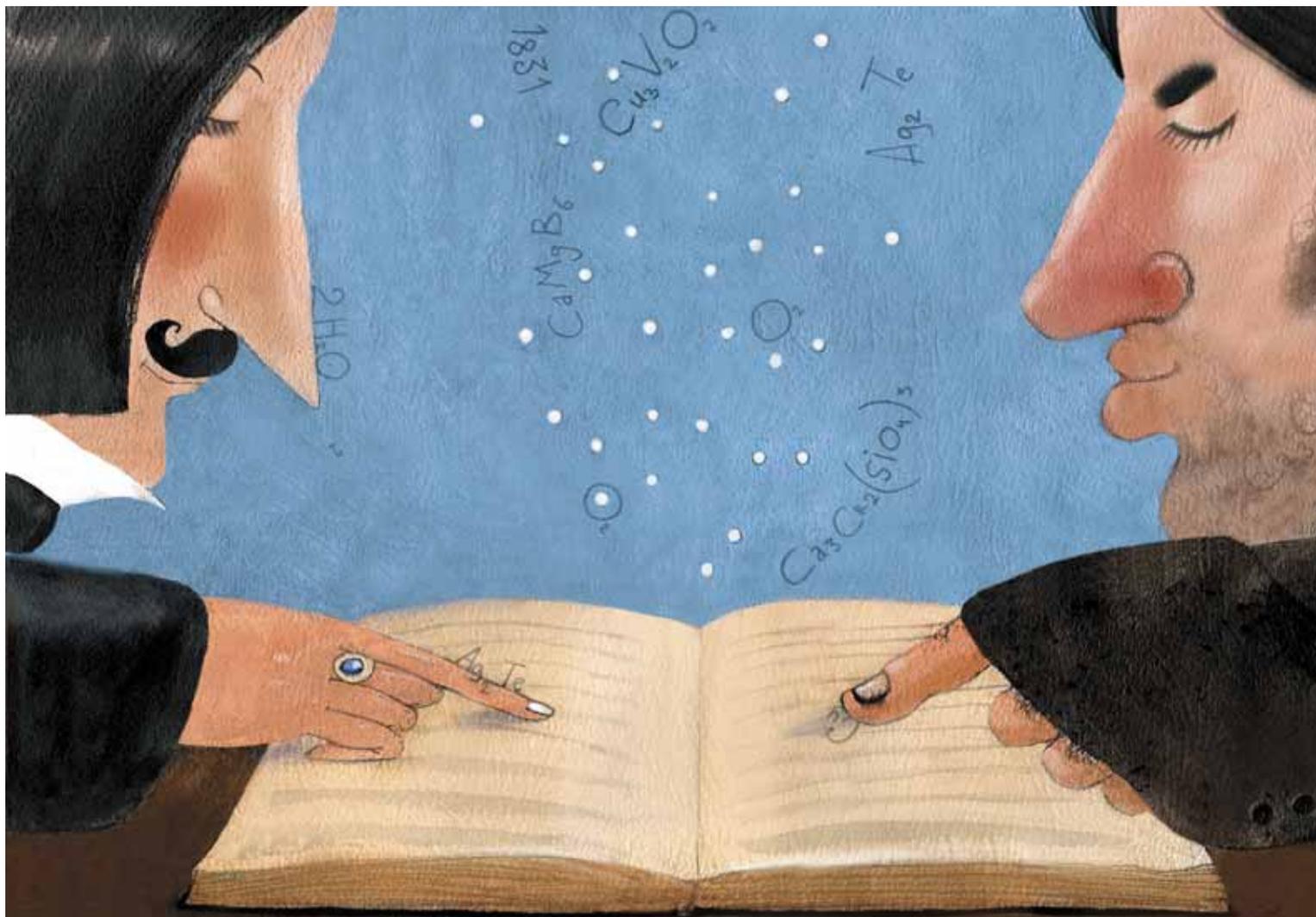
Обо всем не расскажешь, но еще одна важная особенность «Снега на траве» — та дань почтения, которую автор отдает своим родным, друзьям-единомышленникам. Обо всех он пишет с уважением и любовью, подтверждая свои же слова: «Все мировое искусство имеет смысл, если в наших душах открывается любовь». Особенно это чувствуется, когда Юрий Борисович пишет о жене, Франческе Ярбусовой. Ей посвящен «Снег на траве». Графические портреты и фотографии Франчески иллюстрируют рассказ о ее работе над фильмами вместе с Норштейном. И разумеется, книга изобилует ее рисунками.

Вряд ли стоит еще объяснять, почему этот двухтомник приводит в восторг каждого из читателей. Кстати, он отлично оформлен — то, что называется «подарочное издание». Полезную информацию о «Снеге на траве» можно получить на сайте www.norshteyn.ru.

А напоследок — фраза из книги «Снег на траве», которую следовало бы написать у входа в каждое учебное заведение: «Творчество начинается после пути, проработанного знанием».

Е.Лясота





О чем мог прочитать Петрушка в учебнике химии

И.А.Леенсон

Те, кто читал «Мертвые души» Н.В.Гоголя (а таковых среди читателей журнала большинство), вероятно, запомнили слугу Чичикова Петрушку — персонажа, по выражению автора, «второстепенного или даже третьестепенного». Вот как описывает его Гоголь в начале второй главы первого тома: «Характера он был больше молчаливого, чем разговорчивого; имел даже благородное побуждение к просвещению, то есть чтению книг, содержанием которых не затруднялся: ему было совершенно все равно, похождение ли влюбленного героя, просто букварь или молитвенник, — он все читал с равным вниманием; если бы ему подвернули химию, он и от нее бы не отказался. Ему нравилось не то, о чем читал он, но больше самое чтение, или, лучше сказать, процесс самого чтения, что вот-де из букв вечно выходит какое-нибудь слово, которое иной раз черт знает что и значит».

Любого химика это описание должно чрезвычайно заинтересовать. Иностранных языков Петрушка, конечно, не знал. Значит, учебник химии некий доброжелатель ему мог «подвернуть» только на русском языке. Николай Васильевич начал работу над своим главным трудом в 1835 году. Были ли в то время русскоязычные учебники химии?

Учил ли Гоголь химию?

В 1748 году М.В.Ломоносов организовал при Петербургской академии наук первую в России химическую лабораторию. В те времена немногочисленные российские химики учились по иностранным учебникам, а курс химии для студентов читался только на медицинском отделении Московского университета, основанном в 1755 году им же. Ординарным профессором химии и минералогии (а по совместительству — врачом университетской больницы) был приглашенный из Лейпцига доктор медицины Иоганн Христи-

ан Керштенс (1713–1802). В 1760 году он начал преподавать в университете курс общей химии. При этом пользовался, в частности, большим двухтомным трактатом «Основания химии» (Elementa Chemiae) лейденского профессора медицины, ботаники и химии Германа Бургаве (1686–1738), написанном на латыни.

В конце XVIII века в России были открыты специальные высшие учебные заведения: Медико-хирургическая академия, Горное училище и другие. В 1802–1805 годах учреждены Дерптский (ныне Тартуский), Харьковский и Казанский универ-



ситеты, в 1816-м — Варшавский, в 1819-м — Санкт-Петербургский. Возникла потребность в химических учебниках. В 1774–1781 годах делаются переводы руководств по химии французских и немецких химиков, поскольку именно эти страны в течение многих десятилетий были «законодателями моды» в химии. Среди переведенных книг — «Основания теоретической химии» французского химика Пьера Жозефа Макёра (1718–1784); «Начальные основания химии» профессора Геттингенского университета Иоганна Христиана Поликарпа Эркслебена (1744–1777), а также «Бургавову химию».

Однако к началу XIX века переведенные учебники перестали удовлетворять возросшим требованиям к преподаванию химии — бурно развивающейся науки, открытия в которой следовали чуть ли не ежегодно. О том, насколько трудно было писать учебники, свидетельствует высказывание крупнейшего европейского химика первой половины XIX века Йёнса Якоба Берцелиуса: «Пусть дьявол пишет учебники по химии, ибо все меняется через короткий срок». Лауреат Нобелевской премии по химии Вильгельм Оствальд считал, что хороший учебник химии должен не только излагать основы науки, но также указывать на возможные направления будущего ее развития. Учебники химии, имевшиеся к концу XVIII века, основывались на господствовавшей в те времена теории флогистона, и потому к концу века, после работ Лавуазье, безнадежно устарели. Так, учебник Макёра, активного сторонника теории флогистона, был впервые издан в 1749 году, учебник Эркслебена — в 1775-м, Бургаве — в 1732-м. Назрела необходимость в современном учебнике, написанном на русском языке, следовательно — отечественным химиком. Как справедливо утверждал крупнейший отечественный историк химии Д.Н.Трифонов, «полнота и качество химического образования в значительной степени связаны с наличием соответствующих учебных руководств».

Первый такой учебник был издан профессором Медико-хирургической академии и Главного педагогического института (с 1819 года — Петербургского университета) Александром Ивановичем Шерером (1772–1824). В своем «Руководстве к преподаванию химии», опубликованном в 1808 году, автор пропагандирует кислородную теорию Лавуазье. Позднее Шерер предложил буквенную символику для химических элементов на основе их немецких названий.

В 1813–1817 годах в Харькове был опубликован учебник химии в пяти частях Федора Ивановича Гизе (1781–1821). При крещении (Гизе родился в Шаумбурге, Нижняя Саксония) он получил имя Иоганн Эммануэль Фердинанд и был «переименован», как и многие другие обрусевшие немецкие ученые, после приглашения в 1804 году на должность адъюнкта химии в Харьковский университет. Любопытно название его учебника: «Всеобщая химия для учащихся и учащих». В 1830 году вышли в свет «Начальные основания химии» профессора физики при Санкт-Петербургском университете Николая Прокофьевича Щеглова (1794–1831).

Но самый удачный отечественный учебник под названием «Основания чистой химии», выдержавший с 1831 по 1849 год семь изданий, написал ученик Гизе, Герман Иванович Гесс. Именно он служил основным учебником химии для всех выс-

ших учебных заведений России в течение нескольких десятилетий, вплоть до 60-х годов. По учебнику Гесса училось целое поколение отечественных химиков, в том числе Д.И.Менделеев и А.М.Бутлеров, им пользовались также Н.Н.Зинин и А.А.Воскресенский. А после появления «Введения к полному изучению органической химии» А.М.Бутлерова (1864) и «Основ химии» Д.И.Менделеева (1861) уже отечественные учебники стали переводить с русского языка на иностранные, в том числе и на немецкий.

Гесс написал действительно современный учебник. А на его основе в 1834 году издал и первый отечественный школьный учебник химии (второе издание — 1835). Его объем по сравнению с учебником для студентов автор уменьшил почти в 2,5 раза. Однако при жизни Гесса химия так и не стала обязательным учебным предметом в гимназиях.

Трудно сказать, какой именно учебник могли «подвернуть» Петрушке, но, скорее всего, это мог быть именно учебник Гесса, наиболее распространенный в то время; напомним, что Гоголь начал работать над своей поэмой в 1835 году, а впервые она была опубликована в 1842 году. Сам Гоголь изучал в гимназии химию — об этом свидетельствует «Список воспитанников, окончивших в 1828 году полный курс учения в гимназии высших наук с показанием поведения и успехов, по которым выданы им аттестаты». В соответствии с этим списком у Гоголя были «хорошие показания» по физике и химии, по «военным наукам» — «очень хорошие», по «чистой математике» — «средственные».

Русский химик Жермен Анри Гесс

Прежде чем перейти, вслед за Петрушкой, к непосредственному чтению учебника Гесса «Оснований чистой химии», следует кратко рассказать об его авторе. Гесс (1802–1850) родился в многоязычной Швейцарии. Соответственно по-французски его имя звучало как Жермен Анри (German Henri), а по-немецки — Герман Генрих (Hermann Heinrich). Если бы Гесс жил в наше время, то его фамилия (Hess) в соответствии с правилами транскрипции звучала бы как «Хесс». Ребенком Гесс был привезен в Россию, где его отец преподавал живопись, стал известен при императорском дворе. В 1805 году в гостеприимный для иностранцев Петербург переехала и мать Гесса. На новой родине имя Гесса постепенно русифицировалось — сначала он стал Германом Германовичем, наконец, Германом Ивановичем. По совету матери Гесс поступил в 1822 году в Дерптский университет, на медицинский факультет. После его окончания он получил золотую медаль за диссертацию на степень доктора медицины «Изучение химического состава и лечебного действия минеральных вод России» (написана и издана на латыни в 1825 году). Затем недолго стажировался в аналитической химии в Стокгольме, у самого Берцелиуса.

Службу молодой врач проходил в Иркутске, где успешно боролся с заразной глазной болезнью, принявшей форму эпидемии. Гесс тщательно проанализировал добывавшуюся в Иркутской губернии поваренную соль и показал, что ее низкое качество вызвано присутствием посторонних солей кальция, магния и алюминия. А за присланное в Академию наук исследование местных минеральных вод Гесс в 1828 году получает звание адъюнкта академии. Как было записано в академическом Уставе 1747 года, «всяк академик иметь должен при себе адъюнкта, который должность имеет помощника академику, а притом стараться должен как академик об адъюнкте, так и адъюнкт сам о себе, чтобы ему со временем заступить академика своего, по отбытии его, место». Адъюнкты имели право участвовать в собраниях академии и подавать свои голоса. Прослуживший шесть лет «с отличным усердием» адъюнкт имел право требовать перевода в должность экстраординарного академика. Таким образом, адъюнкт при-

мерно соответствовал современному члену-корреспонденту. Действительно, в августе 1830 года Гесса избрали в академики — «экстраординарные» (до 1912 года это было «промежуточное» звание между адъюнктом и действительным членом). В этом звании Гесс разработал курс практической и теоретической химии для Технологического института, в котором он занял кафедру химии. Он преподавал химию и в других петербургских учебных заведениях. В мае 1834 года Гесс был избран на высшую академическую должность — стал ординарным академиком.

И еще один необычный факт биографии: в конце 1820 — начале 1830-х годов Гесс учил химию цесаревича Александра, будущего императора Александра II. Уж не знание ли основ устройства материи помогли Александру стать настоящим реформатором? Гесс дослужился до высокого чина статского советника, в мае 1834 года стал действительным членом Академии наук. Незадолго до конца жизни Гесс принял русское подданство.

Что же помогло Гессу написать столь востребованный учебник? Еще в 20-х годах он проштудировал многотомный «Учебник химии» Берцелиуса, который представлял собой фактически энциклопедию химических знаний того времени. Начитанность и собственный экспериментальный опыт сделали Гесса самым эрудированным химиком в России. Широкой публике, в том числе и школьникам, Гесс известен как один из основоположников термохимии и автор носящего его имя закона. К сожалению, термохимические работы Гесса были по-настоящему оценены значительно позже, когда Вильгельм Оствальд перепечатал их в своей серии монографий «Классики науки» (см. «Химию и жизнь», 2009, № 6).

Среди работ Гесса — открытие ряда новых минералов и определение их состава. Среди них были такие сложные, как гидроборацит $\text{CaMgB}_6\text{O}_8(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ и фольбортит $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (понятно, что об определении строения этих минералов в те времена не могло быть и речи). А один редкий минерал, найденный впервые в 1843 году в Казахстане, был назван в честь Гесса; гессит — это теллурид серебра Ag_2Te .

Химия глазами гоголевского Петрушки

Что же мог вычитать Петрушка в учебнике Гесса? А главное, что он мог в нем понять? Казалось бы, для человека, едва умеющего читать, химия сродни китайской грамоте. Это действительно так — но только если судить по современным учебникам, даже школьным. Учебник Гесса написан совершенно иначе. Конечно, Гесс рассчитывал не на Петрушек, а на людей, имеющих начальные естественно-научные познания. «Я предполагаю у своих читателей или слушателей первоначальные познания в физике и сразу вступаю в область химии, — пишет он в письме Берцелиусу. — Я начинаю с того, что даю им представление о химическом соединении, говорю о химическом средстве, о кратных отношениях, о знаках и формулах. Я всегда начинаю с опыта и вывожу из него заключения». В учебнике Гесса мы находим высказывание, которое следует иметь в виду всем современным авторам пособий по химии: «Кто у нас берется писать руководства по химии? Лица, только читающие, но отнюдь не занимающиеся опытами и исследованиями, люди, которые нашлись бы в затруднении составить самый краткий прибор».

Здесь и далее будет цитироваться учебник «Основания чистой химии, изложенные Г.Гессом», издание шестое, печатано с разрешения Императорской Академии наук марта 30-го дня 1845 года. Том довольно объемистый — 616 страниц текста, не считая оглавления. Правда, это не оглавление в современном понимании, а подробный предметный указатель. И еще одна странность для современного читателя: в учебнике нет оглавленных разделов, глав и параграфов, весь текст разделен на пронумерованные пункты, идущие один за другим.



Г.И.Гесс

Несмотря на внушительный объем учебника, в его предисловии Гесс пишет, что начальный курс должен быть по возможности кратким. Поэтому учебник содержит, как пишет автор, «немного предметов, которых бы не надлежало знать всякому, кто хочет учиться Химии». Как видим, к любому предмету у Гесса особое уважение. И далее следует интересное замечание: «Я старался описывать избранные предметы так, чтобы учащиеся могли понимать их без помощи преподавателя. Неорганическую Химию я старался сделать сколько возможно полно не относительно отдельных фактов, но относительно основных понятий в науке. Что же касается до Органической Химии, то теперь все в том согласны, что она в настоящем состоянии науки, несмотря на быстрые ее успехи, не может быть изложена удовлетворительным образом. Поэтому я извлек из этой части науки только то, что с некоторою достоверностью известно. Если кому из читателей изложение это покажется слишком коротким, но предмет любопытным, то я достиг своей цели».

В учебнике очень мало химических формул. Правда, те, которые есть, весьма непривычны для современного читателя. Книга написана простым языком, почти не отличающимся от современного; исключения представляют только старые формы творительного падежа. Учебник не перегружен терминами и понятен новичку. Откроем его.

«Простое наблюдение над телами, нас окружающими, показывает, что они весьма различны между собою. Некоторые из них одарены жизнью, другие, напротив того, безжизненны. Одаренные жизнью называются телами орудными, или органическими, прочие же — телами безорудными, или неорганическими». Причем к первым Гесс относит тела как растительные, так и животные. Далее автор обращает внимание читателя на внешние различия неорганических тел. «Некоторые тела с первого взгляда оказываются сложными: например, гранит, в котором мы без труда познаем три вещества, совершенно различные. Другие, напротив, кажутся однородными, например, мел. Если раздробить кусок мела, то в таком случае все части, как бы они малы ни были, не изменятся в свойствах, а будут отличаться одна от другой только своей величиною». Действительно, если Петрушка видел обломки гранита или отполированный камень, он легко мог различить в нем блестящие слюды и другие вкрапления.

Далее Гесс объясняет очень важную вещь — чем физические явления отличаются от химических. «Ежели тот же мел подвергнуть действию сильного жара, в таком случае он ощутительно изменится в своих свойствах, потеряет 43,5 из 100

по весу, и превратится в то тело, известное под названием негашеной извести. Мел, действием жара, разделится на две части: на жженую известь и на отделяющееся газообразное вещество». Здесь Петрушка, вероятно, впервые узнает для себя нечто новое.

Далее Гесс таким же простым и образным языком описывает разложение при нагревании «красной ртутной окиси», которая при этом превращается в черное тело и выделяет (из трубки под водой) пузырьки газа. (И если Петрушка никогда не слышал раньше слова «газ», он из этого описание поймет, что речь идет о чем-то похожем на воздух.) А из черного порошка будут получаться (возгоняться) блестящие капельки ртути. «Итак, — делает заключение Гесс, — действием жара порошок разложится на два вещества, вовсе одно от другого различные: на жидкий металл — ртуть и на газ. Правильность сего заключения доказывается еще тем, что вес обоих отделившихся тел равен весу употребляемого порошка, и тем, что из ртути и газа (подобному полученному) можно опять составить красный порошок.

Показанное разложение нельзя, подобно механическому разделению тела, продолжать по произволу. Ртуть уже никаким способом не разложится опять на два тела. Такие тела, которые не могут быть разлагаемы, называются простыми телами. Газ, отделившийся при сем опыте, есть также простое вещество».

Итак, в первых четырех пунктах своего труда (а всего их в учебнике 1791!) изложены самые основы химии, понятные даже младшему школьнику. Так что большой объем учебника, очень подробное описание, не мешает, а скорее помогает усвоению материала.

И на закуску...

Некоторые читатели любят поскорее заглянуть в самый конец книги. Что же найдет Петрушка в последних четырех пунктах учебника, с 1788-й по 1791-й? Оказывается, также совершенно понятные умеющему читать обывателю сведения. Прочитываем их. «Многие способы употребляются для сохранения яств, как-то: сушение, соленье, квашение. Они отчасти не требуют объяснения, отчасти еще не могут быть удовлетворительно объяснены. Я сообщу здесь только один способ, который менее употребляется, нежели сколько он того заслуживает. Если вскипятить молоко, налить его потом в жестянку и запаять ее совершенно, так, чтобы воздух не мог в нее проникать, то через это молоко не сохранится еще от порчи. Но если запаянную жестянку погрузить в кипящую (так у автора. — *И.Л.*) воду и продержать ее в кипятке в продолжение 20 минут, то молоко может сохраниться в ней неопределенное время, 20 и более лет, не подвергаясь ни малейшей порче, лишь бы только наружный воздух не проник в нее. Причина этого явления еще не известна, но факт не подлежит сомнению. По опытам г-на Шванна, мясо, находящееся в воде и прокипяченное, не гниет, если к нему пропускать только предварительно прокаленный воздух. Эти опыты делают вероятным, что гниение происходит единственно от органических зародышей, находящихся в воздухе.

Подобно молоку, можно сохранять мясо, овощи и все, не очень кислые яства, которые могут быть варены; готовые супы, соусы и пр. сохраняют в полной мере даже весь аромат положенных в них кореньев. Этот способ сохранения, которым мы обязаны Апперту, дает возможность иметь, например, на кораблях, в течение самого долговременного мореплавания, совершенно свежие припасы. В Англии их приготавливают в большом количестве. Жестянки, для лучшего их сбережения, окрашивают снаружи масляною краскою, чтобы предохранить их от ржавчины. Когда хотят открыть жестянку, то, чтобы ее не испортить, обводят по краям крышки раскаленным паялом: крышка отстает, и жестянка снова может быть употребляема по-прежнему».



РАССЛЕДОВАНИЕ

Заметим, что Луи Пастер опубликовал основные положения теории брожения, решающую роль в которой он отвел живым организмам, лишь в 1876 году, через 26 лет после смерти Гесса. А кто такой Апперт (Аппер)? В России его имя практически неизвестно, в отличие от Франции, где его именем в разных городах названы десятки улиц, а в родном городе Шапоне находится посвященный ему музей. В 1795 году командующий Парижским гарнизоном генерал Наполеон объявил о присуждении награды за способ сохранности продуктов для находящейся в походе армии. За дело взялся кондитер Николая Франсуа Аппер и в 1809 году, после 14 лет опытов, предложил правительству свой способ. За это открытие он был удостоен почетного звания «Благодетель человечества», награжден золотой медалью, а огромную премию — 12 тысяч золотых франков ему выплатил помнивший свое обещание французский император Наполеон. На полученную премию Аппер открыл фабрику консервов. Ему же мы обязаны также изобретением бульонных кубиков. О качестве продукции Аппера говорит такой факт: на Лондонской выставке в 1857 году были вскрыты консервы, сделанные в 1813 году, и они были вполне пригодны для еды. К этому можно добавить, что упомянутый Гессом «г-н Шванн» — выдающийся немецкий анатом, физиолог и гистолог Теодор Шванн (1810–1882), открывший пепсин и создавший клеточную теорию строения живых организмов. Все свои основные исследования Шванн провел в 1834–1839 годах, а это значит, что при написании учебника Гесс был в курсе самых современных достижений науки.

Консервные банки после использования чаще всего выбрасывают. А делают их из белой (луженой жести). Если бы Петрушка заинтересовался этим производством, он с интересом прочитал бы о нем в пункте 796. «Делание жести основано на свойстве олова соединяться удобно с железом. Производство это состоит преимущественно в следующем: листовое железо очищают слабою кислотою от покрывающего его слоя окиси, сушат и прокатывают между твердыми цилиндрами, чтобы образовать сколько возможно гладкую поверхность. Листы вторично очищают слабою кислотою и кладут их потом в чистую воду. В воде их очищают еще пенькою с песком. Совершенно очищенные листы погружают на час времени в расплавленное сало; потом на 1 1/2 часа в расплавленное (не совершенно чистое) олово. Вынув их из расплавленного металла, ставят на (особенного устройства) сковороду, чтобы излишнее олово могло стекать с поверхности; наконец погружают еще раз на короткое время в расплавленное сколь возможно чистейшее олово. Через это листы покрываются тонким слоем чистого олова. Лучшую жечь полируют».

Последние пункты учебника выглядят просто и бесхитростно. А никакого специального Заключения или чего-либо подобного просто нет. И никакой неловкости от этого не происходит...

Автор благодарит И.И.Гольдфаина, подсказавшего тему этой статьи.



Стая диких леопардов



Надежда Новоселова

«Здравствуй, дорогая мамочка!

Наконец-то могу написать тебе. У нас сейчас ночь, все спят, а я сижу под фонарем, любуюсь странными танцами мошкеры в желтых лучах, страшно скучаю по дому. До рассвета осталось всего ничего, июньские ночи короткие, а с восходом солнца снова начнутся бессмысленные пляски на плацу, все эти «Делай раз, делай два, делай три, налево, направо, кругом, шагом марш!». К вечеру я устаю настолько, что уже почти не помню себя прежнего. Да и был ли он, прежний — хороший парень Рэнди, немного художник, немного музыкант, немного поэт? Из зеркала на меня ввалившимися дикими глазами смотрит туповатая рожа вечно голодного существа, мечтающего только нажраться до отвала и проспаться неделю подряд.

А запахи, мама, какие запахи неизменно сопровождают жизнь простого солдата! Представь себе несколько десятков молодых, активно функционирующих мужских тел, собранных в небольшом замкнутом помещении, и не забудь, что лето замечательно теплое, тренировки ежедневные, а помыться удастся не чаще раза в неделю. До отхожего места, уж извини за неаппетитные подробности, идти метров сорок. А когда ты все же соберешься навестить меня, я непременно покажу тебе наших изумительно красивых навозных мух. Они огромные, размером со шмеля, а их брюшки весело переливаются всеми цветами радуги. Если я когда-нибудь вернусь, то обязательно посвящу целое настенное панно этим замечательным тварям.

Но больше всего угнетает абсолютная, идеальная бессмысленность здешнего существования, мама. Бутафорская армия бутафорской страны, причуда города, невесть что о себе возомнившего, бред полусумасшедшего режиссера, воплощенный в наши жизни. Мама, тебе не кажется, что пора прекращать этот глупый спектакль?

Я понимаю, статус Матери Солдата чрезвычайно тебя возвысил, но, мама, очень тебя прошу, откажись от него. Обещаю, что после моего возвращения ты не будешь ни в чем нуждаться. Знаю, тебе никогда не нравились мои картины и песенки, ты считала меня несерьезным — хорошо, я найду постоянную работу с неплохим заработком и никогда не буду надоедать тебе глупыми стишками. Подумай, ведь положение Матери Менеджера или Матери Строителя ничуть не хуже твоей теперешней роли!

Уже рассвело, мама, через несколько минут тишина бесславно погибнет, уничтоженная жутким воем сигнала к подъему. Очень прошу тебя, разреши мне вернуться домой.

Твой любящий сын Рэндалл».

ИЗ ГОРОДСКОЙ ХРОНИКИ:

«Чертовски приятно, дорогие читатели, что жизнь города становится восхитительно непредсказуемой! С появлением новой звезды, умопомрачительной Элеоноры, в театре все пошло кувырком — в хорошем смысле слова! Кто бы мог подумать, что эта скромная простая женщина, еще вчера не претендующая даже на роль без слов, вдруг сделает такую головокружительную карьеру! Положа руку на сердце, надо сказать, что не всякая мать в состоянии проявить такие чудеса мужества и самопожертвования, жизненно необходимые для роли Матери Солдата, как мадам Смит. А если знать, что совсем недавно она потеряла горячо любимого мужа, рука об руку с которым проведено ни много ни мало, а четверть века, остается только благоговейно преклоняться перед нашей примой! Энергия и жизнерадостность этой очаровательной дамы просто покорила всех членов труппы, и Солдатские Матери единодушно признали ее своим лидером!

Продолжение следует! Только с нами вы всегда в курсе последних сюжетных поворотов!»

«Сынок, получила твое последнее письмо и долго плакала. Почему ты вырос таким самовлюбленным эгоистом, Рэнди? Впрочем, я ничему не удивляюсь, ты такой же, как твой покойный отец, пусть земля ему будет пухом. Двадцать пять лет я мучилась от его легкомыслия и безалаберности, и вот сейчас вижу, что и ты пошел по той же дорожке. А ты подумал, чего мне стоило добиться статуса Солдатской Матери — мне, простой жене кочегара — ведь твой папочка при жизни пальцем не шевельнул, чтобы стать хотя бы начальником котельной! Его вечное брнчание на гитаре, ненормальные друзья, появлявшиеся в любое время дня и ночи, чудовищная мазня, в которой идиоты с выпученными глазами находили тайный смысл, — если бы ты знал, до чего мне это осточертело!

Но вам, конечно, не было никакого дела до меня, вы только хихикали: опять наша мамочка начала брюзжать, как весело! Двадцать пять лучших лет жизни я положила на тусклое бессмысленное прозябание во имя сохранения семьи, ради тебя, Рэнди, и только сейчас могу наконец вздохнуть полной грудью и почувствовать себя нормальным человеком, достойным членом общества — да просто женщиной, сынок, я ведь еще молода и хороша собой! А ты предлагаешь мне снова опуститься на самое дно только потому, что тебе, видите ли, не нравятся мухи! Я терпела ваши с отцом выходки всю жизнь. Тебе придется потерпеть всего лишь

ФАНТАСТИКА

пару лет. Ты хоть представляешь, что скажут люди, если узнают, что я добровольно отказалась от роли Матери Солдата? Со мной перестанут здороваться и навсегда переведут в статистики. Поэтому прекрати ныть и будь женщиной. Трудности закаляют.

Посылаю тебе свою фотографию, хотя ты об этом и не просил. Поставь ее в изголовье походной кровати, и пусть моя улыбка напоминает тебе о далеком доме.

Жду твоего возвращения, сынок. Служи хорошо.
Твоя любящая мать».

«Привет, солнышко!

Малышка, прошло всего два месяца с тех пор, как меня забрали, а кажется, что мы не виделись лет сто. Или двести. Недавно видел во сне, что ты рядом, стоишь в нарядном зеленом платье, покусываешь травинку и рассказываешь что-то очень важное. Я сглупил — протянул руку, чтобы обнять тебя, и проснулся. Так и не услышал самого главного. Но ведь ты обязательно напишешь все, что я не смог разобрать, хорошо?

Не волнуйся за меня. Ты же знаешь, что наша армия ни с кем никогда не воевала, да и нужна она только для того, чтобы в Большой Пьесе существовали героические персонажи. Когда я вернусь, мы с тобой покидаем в чемодан самые нужные вещи, совсем немного, и уйдем из этого города куда глаза глядят. Я сыт по горло всякого рода игрищами. Мы с тобой заживем свободной жизнью. Я буду писать настоящие картины, ты займешься своими любимыми кошками, и вечерами мы станем долго-долго бродить по темным улицам и разговаривать обо всем на свете. А потом, лет через триста или пятьсот, состаримся и умрем в один день. Но не раньше, слышишь?

Мэй, детка, хочу попросить тебя об одолжении. Я знаю, что ты не жаждешь знакомиться с моей мамочкой, но не могла бы ты как-то повлиять на нее? Если дорогая мадам Элеонора откажется от роли Солдатской Матери, я сразу смогу вернуться. Честно сказать, солдат из меня никакой. И я очень скучаю без тебя.

Целую тебя. Вспоминаю наше прощание и целую еще и еще.

Очень люблю тебя, Мэй!
Твой глупый солдат Рэнди».

ИЗ ГОРОДСКОЙ ХРОНИКИ:

«Как мы и предсказывал, волнующие повороты не заставили себя ждать! Благодаря неумной энергии нашей обожаемой Элеоноры в спектакле появилась новая роль. Невеста Солдата, трогательное хрупкое создание, образец вечной любви и беззаветной верности! Девушки приглашаются на кастинг, но одна маленькая птичка нашептала нам, что на эту роль уже есть весьма и весьма достойная кандидатура. В следующих выпусках мы постараемся узнать ее имя, а также расскажем вам о некоторых подробностях жизни мадам Элеоноры.

Только с нами!»

«Здравствуй, дорогой Рэнди!

Я очень рада, что ты меня не забываешь. У нас все по-прежнему, самое интересное происходит только с участниками Большой Пьесы, а остальные просто скучно су-

ществуют. Хотя, Рэнди, похоже, скоро ты сможешь меня поздравить. Меня берут в Игру и обещают дать хорошую роль! Только ты должен помочь мне. Сейчас расскажу все подробнее, я так волнуюсь. Ну, слушай.

Как ты просил, я поговорила с твоей мамой. Сначала было очень страшно, ведь ты рассказывал про нее такие ужасные вещи. Но на самом деле мадам Элеонора оказалась чудесной доброй женщиной. Она так переживает за тебя, Рэнди, а ты этого совсем не ценишь, гадкий мальчик! Мы с ней даже подружились, и она сказала, что я очень милая девочка и она чувствует — я вполне достойна этой роли!

Теперь самое главное, Рэнди. Ты должен! **ОБЯЗАТЕЛЬНО!** прислать подтверждение того, что ты меня любишь, считаешь своей невестой и женишься на мне после своего возвращения! Тогда мне достанется роль Невесты Солдата, представляешь? Я просто счастлива, считаю дни до получения твоего письма с подтверждением. Только оно должно быть написано именно на бланке вашей части, или как там это называется, иначе ничего не выйдет.

Подумать только, я всю жизнь мечтала о самой малюсенькой роли — и вдруг такая удача! Спасибо твоей маме. Ура! Очень-очень жду весточки от тебя!

Твоя Мэй, почти Невеста Солдата!»

«Дэн, дружище, привет!

Послушай, весь мир действительно сошел с ума или мне просто так кажется? Сначала моя дражайшая матушка просто вывернулась наизнанку ради получения статусной роли, теперь туда же кидается малышка Мэй. Объясни мне, Дэн, неужели участие в Пьесе стоит всех человеческих чувств и привязанностей? И уже не жаль единственного сына, и уже наплевать на любовь?

Похоже, ты остался единственным, с кем еще можно просто разговаривать, не опасаясь, что за репликами диалогов торчат слоновьи уши режиссера Большой Пьесы. Я уже ничего не понимаю.

Извини, больше не могу писать. Начинается утро, а с ним — весь круговорот бессмысленной муштры. Может быть, вечером. Если останусь жив.

Твой друг Рэнди».

ИЗ ГОРОДСКОЙ ХРОНИКИ:

«Совершенно случайно вашему покорному слуге удалось узнать, что к многочисленным достоинствам несравненной мадам Элеоноры относится и необыкновенная скромность, внушающая еще большее уважение к звезде Большой Пьесы! Даже близкие друзья не догадывались, что эта милая, сдержанная, всегда улыбающаяся женщина была ангелом-хранителем величайшего художника современности, его добрым гением, его верным незаметным оруженосцем. Тихий ежедневный подвиг, не требующий ни признания, ни благодарности, — спросите себя, дорогие читатели, многие ли из вас способны на такое самоотречение?

В следующем выпуске — история любви Невесты Солдата! Или Героя?

Только с нами вы узнаете все!»

«Привет, Рэнди!

Похоже, мне надо поблагодарить тебя, приятель. Я тут навел кое-какие справки и выяснил, что наши маменьки чуть

не повырывали друг у друга остатки волос в битве за статус Солдатской Матери. Элеонора оказалась более настойчивой стервой, а иначе куковал бы я на твоём месте.

Кстати, тебе, конечно, не сообщили, что мадам Смит добилась еще и статуса Вдовы Великого Человека? После смерти твоего отца совершенно случайно выяснилось, что он был прекрасным художником, гордостью нации и все такое, так что эта сучка (ничего, что я так неуважительно?) скоро станет практически всемогущей, при таких-то бонусах!

Сочувствую, приятель. С другой стороны, ты вполне можешь претендовать на роль какого-нибудь Сына Художника — абсолютная ерунда, согласен, но с этого старта легко выбиться, например, в Героя-Любовника.

Шучу, шучу, не злись, Рэнди. На самом деле все действительно очень печально. Вашей с отцом мастерской больше нет, там теперь салон Матери Солдата. Мадам устраивает кастинг молоденьких статисточек на эпизодические роли. Одну из них ты знаешь.

И еще, Рэнди. Я долго не мог тебе это написать. Думаю, Мэй тоже ничего не сообщала. Но у них с Элеонорой появилась идея фикс — девочки во что бы то ни стало хотят сделать тебя Героем. Лучше всего — Павшим Героем. Я слышал, что уже всю пишет сценарий столкновения нашей героической армии со злобным противником. Не знаю, как они собираются организовать противника, но думаю, их вполне устроит и нападение диких животных.

Так что думай, Рэнди, думай. Я не хотел бы терять такого друга. Верю, что найдешь способ выпутаться».

«Спасибо, Дэн!

Правда, не знаю, чем мне поможет знание о моей грядущей героической гибели. Но все равно спасибо. Я правильно понял, сценарий вступает в силу сразу после того, как Мэй получит свое вожделенное подтверждение? Или мадам настолько жаждет суперстатуса, что совершенно спокойно наплюет на Почти-Невесту Солдата? Что-то мне подсказывает, что да, наплюет.

Уничтожь, пожалуйста, все, что связано со мной, — письма, фотографии, видео. У меня есть кое-какие мысли, и я не хочу, чтобы ты пострадал ни за что. Ничему не удивляйся. Обо всем остальном сообщу, как только смогу.

На всякий случай прощай».

«Дорогой наш солдат, почему от тебя так давно нет известий? Мы надеемся, что ты уже научился достойно переносить тяготы службы и больше не обращаешь внимания на глупых насекомых. Проверь еще раз, может быть, ты по своей ужасной рассеянности просто забыл отправить Мэй ее подтверждение? Поспеш, Рэнди, дорогой, для девочки это необыкновенно важно. В столь юном возрасте получить такую прекрасную роль — это очень почетно и перспективно.

Ждем с нетерпением! Твои Мама и Невеста, Элеонора, Мэй».

ИЗ ГОРОДСКОЙ ХРОНИКИ

«Такого история Большой Пьесы еще не знала! Никто не мог предугадать невероятного сюжетного поворота! Все линии спутаны! Пошатнулись устои нашего общества!



ФАНТАСТИКА

Мы не в силах описать бурю эмоций, бушующую в наших потрясенных душах, но ради вас, дорогие читатели, мы все же попытаемся взять себя в руки.

Итак, факты, и только факты, какими бы фантастическими они ни казались. В нашей армии произошел вопиющий случай — солдат дезертировал с поля битвы. Это невозможное событие произошло в тот момент, когда в расположение нашей армии проникла стая разъяренных леопардов. Со слов очевидцев, часовой Рэндалл Смит, заметив неумолимо приближающуюся смертельную опасность, грубо нарушил все возможные правила: он не стал удерживать стратегическую площадку! Вместо того чтобы принять неравный бой, рядовой Смит швырнул на землю оружие, плюнул на него и со словами «Да будьте вы все прокляты с вашей Большой Пьесой!» бегом скрылся из расположения части. Благодарение Всевышнему, никто из наших славных ребят не пострадал. Их воинственные крики отогнали зверей, и те, поджав хвосты, убежали в свое логово. Но что теперь будет с бывшей Матерью Солдата Элеонорой Смит? Возможно, мы необъективны, но все же рискнем предположить, что таким не место в Большой Пьесе! По-человечески ее можно пожалеть, но как могла женщина, воспитавшая дезертира, получить столь ответственную роль?

В следующих наших выпусках мы постараемся разобраться в ситуации. Только с нами вы узнаете все!»

ОФИЦИАЛЬНОЕ УВЕДОМЛЕНИЕ (опубликовано во всех печатных изданиях):

«Режиссерская группа Большой Пьесы сообщает, что Элеонора Смит (бывш. Мать Солдата) пожизненно исключена из списков нашего театра. Поздравляем Кэтрин Рейн, достойно воспитавшую сына Дэниела. Ее просьба о назначении на роль удовлетворена. Желаем счастливой службы Дэниелу Рейну».

«Дэн, дружище!

Я надеюсь, ты вспомнил, куда мы в детстве прятали тайные письма, и догадался выпотрошить фото моей мамочки. Когда налюбуйешься местными мини-шмелями, дай мне знать — нарисуй звездочку на стене казармы, или, например, разбей мой любимый фонарь. Я смогу вытащить тебя в течение суток. Только не забывай — при таком раскладе с любимым городом придется расстаться навсегда.

Решайся, Дэн! И пока ты еще служишь — передай от меня прощальный привет мадам Элеоноре. А Мэй... ей ничего не передавай.

До встречи».



Пшеничные крупы

Из чего делают пшеничные крупы? На первый взгляд этот вопрос кажется странным — пшеничные крупы делают из пшеничных зерен, из чего же еще? Но пшеница бывает двух видов: мягкая, она же обыкновенная, и твердая (*Triticum aestivum* и *Triticum durum*). Зерна мягкой пшеницы содержат 10–15% белка, а твердой — не меньше 16%, а порой и более 20%. Но, увы, твердая пшеница более чувствительна к неблагоприятным условиям и уступает мягкой по урожайности, поэтому в мировом земледелии преобладают сорта пшеницы мягкой. Однако крупы делают главным образом из твердых сортов.

Зерновка пшеницы состоит из трех основных частей: зародыша, оболочек и эндосперма — мучнистого ядра, в котором сосредоточены запасные питательные вещества. Пшеничные крупы представляют собой дробленый эндосперм, тщательно освобожденный от зародыша и по возможности от оболочек. В зависимости от величины кусочков различают крупу «Полтавскую» (она бывает разного помола), «Артек» и самую мелкую — манную.

Зародыши пшеницы содержат белок, фитоэстрогены и фитостеролы, а также масло, богатое ценнейшим витамином Е и незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами: линолевой и линоленовой. Однако всю это полезность приходится выбрасывать, чтобы крупа при хранении не прогоркала.

Почему манная крупа бывает разного цвета? Манную крупу делают не только из твердых сортов пшеницы, но и из мягких. У «мягкой» манки крупинки белые и непрозрачные, быстро развариваются и при этом сильно увеличиваются в объеме. Из твердой пшеницы получается желтая полупрозрачная крупа. Каша из нее более крупитчатая и меньшего объема. Бывает и пестрая манка из смеси твердых и мягких пшениц.

Чем полезны пшеничные крупы? Хотя самые ценные вещества пшеничных зерен при производстве круп удаляют, совсем бесполезными их назвать нельзя. Первое достоинство пшеничных круп — питательность (335,5 ккал на 100 г). Во-вторых, это диетический продукт. Он почти не содержит клетчатки (поэтому легко усваивается) и совсем не жирный. Белков в пшеничных крупах примерно 16%, углеводов — 70%, из которых львиная доля приходится на крахмал. В пшеничных крупах есть витамины группы В, Е и РР, а также микроэлементы, в том числе фосфор, калий и кальций, но в небольших количествах. Неудивительно, что пшеничные каши сдабривают вареньями, ягодами и зеленью — это позволяет не только улучшить вкус блюда, но и насытить его витаминами.

Особенно диетологи уважают манную кашу. Манка — единственная крупа, которая переваривается в нижнем отделе кишечника, поэтому ее часто назначают при болезнях желудка. Кроме того, манка очищает организм от слизи и выводит жир.

Всем ли полезна манная каша? Помните, у Льюиса Кэрролла:

А я раздумывал, как впредь / Питаться манной кашей, / Чтоб ежемесячно полнеть / И становиться краше? Так вот, от регулярного питания манной кашей вы точно пополнеете, и, если такая задача перед вами не стоит, налегать на нее не следует. Блюда из манной крупы не рекомендуют людям с избыточным весом, а также большим сахарным диабетом и атеросклерозом.

В манной каше много белка глютена, он же клейковина, который может вызвать пищевую аллергию. Кроме того, примерно один из 800 европейцев страдает тяжелой наследственной болезнью целиакией — непереносимостью глютена. Под влиянием глютена у больных целиакией истончается слизистая оболочка кишечника и нарушается всасывание всех питательных веществ, особенно жиров.

Еще одна опасность манной каши — фитин, смесь кальциевых и магниевых солей различных инозит-фосфорных кислот. Фитин препятствует усвоению кальция, делая его малодоступным для всасывания в кишечнике. Поэтому маленькие дети, которых по два-три раза в день пичкают манной кашей, недополучают кальция и нередко заболевают рахитом, а люди постарше страдают остеопорозом. С другой стороны, фитин препятствует вымыванию из костей того кальция, который там уже есть, поэтому при остеопорозе он может быть и полезен.

Помимо кальция, фитин «изымает из обращения» витамины D и РР, дефицит которых вызывает рахит и пеллагру, а также ионы цинка, что чревато выпадением волос и ранним облысением. Так что фитин в больших количествах все-таки не полезен. Правда, его используют в качестве лекарства при различных заболеваниях, в том числе нарушениях кальциевого обмена, но принимают только по назначению врача, а не ложками, как рыбий жир.

Почему не вреден пшеничный хлеб — ведь он тоже содержит фитин? Пшеничный хлеб пекут из дрожжевого теста, а при заквашивании образуется кислота, в которой фитин теряет способность связывать кальций.



Некоторые ученые считают, что из всех «пшеничных цивилизаций» сохранились лишь те, которые освоили производство дрожжевого хлеба. Жизнеспособными оказались и «рисовые» цивилизации — в белом рисе фитина мало. А народам, питавшимся пресными пшеничными или ячменными лепешками, «рахитогенная диета» помешала достичь больших высот.

Как сварить манную кашу без комков? Тут очень важно соблюсти пропорцию: на 225 г манной крупы (5 полных столовых ложек) берут 700 г молока и 130 г воды. Соль и сахар по вкусу.

Крупу засыпают в кипящую жидкость, где она очень быстро набухает и разваривается. Хитрость заключается в том, чтобы всыпать всю крупу до момента загустения массы. Крупа, добавленная в кастрюльку после загустения, образует неразваренные комки. Поэтому манку засыпают непрерывной струйкой, постоянно помешивая.

Некоторые люди сыпят крупу в недостаточно горячую жидкость. Комков при этом не будет, но каша получится клейкая.

Кто придумал гурьевскую кашу? Гурьевская каша, один из самых знаменитых десертов русской кухни, появилась только в XIX веке. Принято считать, что это блюдо придумал министр финансов Александра I Д.А.Гурьев в честь победы русских войск над Наполеоном. Но более достоверной кажется другая история. Граф попробовал эту кашу в гостях у отставного майора Оренбургского драгунского полка Юрисовского и так впечатлился, что выторговал себе майорского повара Захара Кузьмина с семьей. Потом эту кашу научились готовить во многих домах, а имя автора, как водится, забыли.

Рецепт каши Захара Кузьмина. Сварить вязкую молочную кашу (полстакана крупы на два стакана молока), немного остудить и добавить два желтка, растертых с сахаром, взбитые в пену белки и измельченные грецкие орехи, обжаренные на сливочном масле. Все осторожно перемешать. В смазанную маслом сковороду с толстым дном выложить слоями кашу, очищенные от косточек абрикосы, молочные пенки, снова кашу; сверху посыпать сахарной пудрой и прижечь раскаленной металлической спицей, чтобы на поверхности получились полосы. Запекать в духовке до образования золотистой корочки (5–7 мин). Готовое блюдо обсыпать орехами, украсить цукатами и фруктами и подать в той же сковороде.

Отдельно подать соус (холодный или горячий) — отварное пюре из измельченных абрикосов с сахаром.

Зачем катать из манки шарики? В странах Магриба (Марокко, Алжире, Тунисе и Ливии) и в некоторых регионах Средиземноморья и Ближнего Востока готовят кускус — шарики из самой мелкой манной крупы. Манка обязательно должна быть из твердой пшеницы. Крупу сбрызгивают водой, из полученной массы формируют шарики, которые затем обсыпают сухой манкой или мукой и просеивают. Слишком маленькие крупинки, которые проходят через сито, снова обсыпают манкой. Это очень трудоемкий процесс. Раньше кускус делали женщины, но теперь его производство механизировано.

Кускус традиционно готовят на пару и подают с тушеным мясом и овощами. В западных странах продают полуготовый кускус, который достаточно залить кипятком. Мясо к этому блюду можно и не добавлять, а просто сбрызнуть лимонным соком и украсить листьями свежей мяты. (И кто мешает так готовить обычную манную кашу?)

Что такое булгур и табуле? Булгур, или бургуль, — это пшеничная крупа, распространенная в странах Ближнего Востока и Средиземноморья. Для ее приготовления пшеничные зерна пропаривают, потом высушивают на солнце, очищают от оболочек и дробят до нужного размера. Булгур содержит 8% клетчатки, около 2% жиров и более питателен, чем манка: в 100 г крупы заключено 360 ккал. Поскольку при производстве булгура из семян не извлекают зародыш, эта крупа сохраняет большую часть питательных веществ и витаминов пшеницы.

Традиционное блюдо из булгура — табуле, холодная вареная крупа с зеленью и свежими овощами, заправленная лимонным соком и оливковым маслом.

Булгур также используют в качестве гарнира или как элемент начинки при фаршировке различных блюд. Он прекрасно сочетается с мясом, курицей и рыбой. Во многих блюдах булгур заменяет рис, из него даже плов готовят.

Чем кормили Балду? Неутомимый работник Балда ел одну вареную полбу, точнее, кашу, сваренную из ее очищенных зерен. Полба, или двузернянка, — это древнейший вид культурной пшеницы (*Triticum diciccon*). Сейчас ее почти вытеснили более урожайные сорта мягкой и твердой пшеницы, но в некоторых очень жарких странах ее еще выращивают, потому что у полбы есть огромное преимущество перед другими пшеницами — засухоустойчивость. Впрочем, сейчас о полбе снова вспомнили, и есть за что.

В полбе много белка, от 27% до 37%, а глютена мало, поэтому люди, страдающие аллергией на клейковину, могут спокойно эту кашу есть. Полба богата железом и витаминами группы B, чем обычная пшеница, и имеет приятный ореховый привкус.

Вот рецепт вареной полбы. Один стакан крупы замочить на 4–6 часов или на ночь в смеси простокваши или скисшего молока и кипяченой холодной воды (на поллитра простокваши полстакана воды). Потом крупу промывают в холодной воде и отваривают на слабом огне в молоке или смеси молока с водой до готовности. Готовность определяют на вкус после полного выкипания жидкости, потому что полба не разваривается. Кашу укутывают и оставляют на 30–40 минут, а затем заправляют маслом и подают к столу.

Н.Ручкина

ЧТО МЫ ЕДИМ





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Как колеблется море

Из рассуждений о последствиях глобального потепления можно сделать вывод, что уровень Мирового океана послушно следует за температурой: потеплело — ледники растаяли — воды стало больше и ее уровень повысился. Считается, что из-за глобального потепления за XX век океан поднялся на 21 см, а сейчас средняя скорость подъема возросла и составляет 2,46 мм в год («Science», 11 апреля 2008 года). Поэтому в ближайшем будущем грядет затопление обширных территорий, которые если и были под водой, то многие тысячи, а может, и миллионы лет назад.

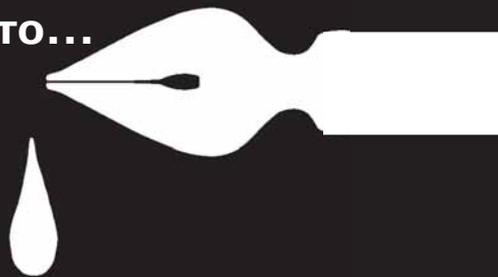
Оказывается, все не так очевидно. Доктор Дорит Сиван из университета Хайфы (агентство «NewsWise», 26 января 2010 года) проанализировала множество публикаций по археологии Израиля и сумела определить изменения уровня моря на протяжении 2,5 тысяч лет. Израиль же она выбрала потому, что тот находится в тектонически неактивном районе и, стало быть, колебания уровня моря у его берегов вызваны не движениями земной коры, а именно изменениями объема воды в Мировом океане.

Анализ результатов показал, что за это время море дважды отступало и наступало. В эллинистический период оно было на 1,5 метра ниже, чем сейчас, потом, в римский период, достигло нынешнего уровня. От начала арабского завоевания этой византийской территории и до эпохи крестовых походов снова шло понижение, уровень моря опустился на 50—90 см ниже современного. Затем полтысячи лет море стабильно наступало и к XVIII веку оказалось лишь на 25 см ниже нынешнего (как ни странно, этот рост пришелся на малый ледниковый период, длившийся с XIV по XIX век, когда все больше и больше воды собиралось в ледниках).

В XX веке уровень воды у берегов Израиля колебался с амплитудой 19 см. Порой море отыгрывало 10 см в год, а в среднем за последние 50 лет оно поднялось на 5,5 см. «Получается, что по кратковременным изменениям никак нельзя судить о длительной тенденции. Если посмотреть на колебания, которые происходили в течение тысячелетий, становится ясным, что явление, представляющееся современникам необычным, может быть отнюдь не ново под луной», — говорит автор исследования.

А. Мотыляев

Пишут, что...



...метан в атмосфере Марса может быть признаком жизни («Nature», 2009, т. 463, □ 7280, с.420—421)...

...изменения электрического поля, предшествующие возникновению цунами, можно детектировать с помощью трансокеанских интернет-кабелей («New Scientist», 2010, □ 2745, с. 6)...

...графен — одноатомный слой молекул углерода — можно превратить в графан, гидрировав атомарным водородом, а поскольку графан — диэлектрик, это открывает путь к созданию сверхмаленьких печатных плат из графен-графановых листов («Электроника: наука, технология, бизнес», 2009, □ 6, с.82—88)...

...показаны колебания температуры воды в запаянной ампуле, коррелирующие с вариациями космических лучей («Доклады Академии наук», 2009, т.429, □ 6, с.816—820)...

...эпизоотическая ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в России оценивается как спокойная («Ветеринария», 2010, □ 1, с.3—7)...

...озерный лед керн «Восток» в Антарктиде содержит лишь единичные клетки микроорганизмов; вопрос о существовании жизни в озере Восток пока остается открытым («Микробиология», 2009, т.78, □ 6, с.850—852)...

...можно выяснить, как повлиял на геном современных собак искусственный отбор и как — географическая изоляция разных пород («Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 2010, т. 107, □ 4 с. 11)...

...в воде реки Дон превышены ПДК по соединениям железа и меди, нефтепродуктам, сульфатам, нитритному азоту, причем как выше Ростова-на-Дону, так и ниже черты города («Вестник Южного научного центра РАН», 2009, т.5, □ 4, с.62—70)...



...самоопыление у сосны повышает ее устойчивость к химическим мутгенам («Экология», 2009, □ 6, с.423—428)...

...ретиноевая кислота ингибирует регенерацию головы у червя планарии, но не оказывает влияния на регенерацию хвоста («Онтогенез», 2009, т.40, □ 6, с.449—455)...

...академик РАН Е.Д.Свердлов сформулировал фундаментальные запреты биологии: в частности, невозможно создать точную копию живого многоклеточного организма («Биохимия», 2009, т. 74, вып. 9, с.1157—1164)...

...данные об опасности для детей комбинированной вакцины против кори, свинки и краснухи признаны недостоверными («Lancet», early online publication, 2 February 2010, doi:10.1016/S0140-6736(10)60175-7)...

...рассмотрены теоретические аспекты растворения воды в дизельном топливе («Нефтехимия», 2009, т.49, □ 6, с.528—531)...

...так называемые северные лабиринты представляют собой гномоны — сооружения для ориентирования по солнцу, необходимые во время полярного дня («Известия Русского географического общества», 2009, т.141, □ 6, с.66—75)...

...статистика подтверждает воздействие Луны на феномен Эль-Ниньо и напрямую на погоду («Природа», 2009, □ 12, с.18—28)...

...из программы прошедшей в Ватикане конференции ученых, философов и теологов, посвященной дарвиновскому юбилею, были исключены доклады о концепции «разумного творения», «ввиду ее слабости как в научном, так и в теологическом плане» («Вопросы истории естествознания и техники», 2009, □ 4, с.3—26)...

Художник С. Дергачев



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Чечевица голодного Исава

Как известно, Исав, который пришел с охоты уставшим и голодным, променял право первородства на чечевицу, предложенную ему Иаковом. То есть предпочел сиюминутную малую выгоду — синицу в руках — будущей большой выгоде, подобной журавлю в небе. Оказывается, такому решению могла поспособствовать чистая физиология, а именно малое содержание глюкозы в крови голодного человека. Во всяком случае, такой вывод заставляют сделать результаты исследования, которое провели профессор Ван Сяотянь и его дипломник Роберт Дворак из университета Северной Дакоты (агентство «NewsWise», 25 января 2010 года).

Двум группам студентов предложили ответить на вопрос: что бы они предпочли — получить маленькую сумму денег, но сейчас или большую, но потом? А перед тем как задать этот вопрос, одну группу напоили газировкой с сахаром, а другую — с подсластителем аспартамом, после чего взяли анализ крови для измерения уровня глюкозы.

Обработка результатов показала, что те студенты, которых полили водой с сахаром (и, стало быть, с более высоким уровнем глюкозы в крови), в большей степени склонялись к журавлю в небе. А вода с аспартамом сделала более привлекательной синицу в руке.

По мнению авторов работы, все дело в том, что глюкоза — это энергия. Обнаружив большой ее запас, организм подсознательно ориентируется на будущее. Аспартам же — сплошной обман органов чувств и никакой энергии. Столкнувшись с такой ситуацией, организм стремится ориентироваться не на будущее, а на настоящее и под действием этого неосознанного желания разум принимает решение удовлетвориться меньшей суммой, но сейчас. В самом деле, кто знает, каково оно, будущее, если уже сейчас обманули?

Из этого следуют важные выводы. Во-первых, чтобы принимать решения осмысленно, а не под действием сиюминутного настроения, полезно попить сладкой воды — глядишь, станет ясно, чем обернется поступок, который собираешься совершить. А во-вторых, прежде чем просить отсрочки долга у кредитора, стоит его накормить и напоить.

С.Анофелес



Керамика: от терракоты до фаянса

М.Н.ЗАВЬЯЛОВОЙ, Мытищи: *Апельсины с маленьким апельсинчиком внутри, или navel oranges — «пупочные апельсины», растут на деревьях, которые были получены черенкованием (поскольку семена у этого сорта не развиваются) от одного мутантного дерева; мутация появилась в Бразилии в 1820 году, так что к ГМ-технологиям они не имеют никакого отношения.*

В.В.КУРОВЛЕВУ, Нижний Новгород: *Токпроводящее «теплое» стекло покрывают пленками из оксидов олова, индия, цинка; технология его изготовления непростая, отсюда и цена.*

С.М.ПЕСТОВУ, Челябинск: *Даммар, или даммара, — смола деревьев семейства Dipterocarpaceae, растущих в Индии и Восточной Азии, используется для приготовления лака, восковых красок; токсичность у него низкая, однако нам не приходилось слышать, чтобы из него делали пленки для покрытия пищевых продуктов.*

Е.К.ХОРОШИХ, Санкт-Петербург: *Подарочный набор, позволяющий вырастить в домашних условиях сантиметровые кристаллы, впечатляет, но, наверное, вы и сами понимаете, что из водного раствора при комнатной температуре не вырастет ни кварц, ни изумруд — эти названия следует понимать только в переносном смысле.*

Азе Ц., Архангельск: *Роман Кайзер, о работах которого «Химия и жизнь» писала в 2007 году (□ 8), живет и работает в Швейцарии; он не знает русского языка и не принимает заказов на составление ароматов, но, если будет случай, передадим ему вашу благодарность.*

С.АРТАМОНОВУ, электронная почта: *Надпись на упаковке с разделочной доской «протирать минеральным пищевым маслом» нас самих поставила в тупик: ни одного примера употребления в пищу минеральных (нефтяных) масел мы не нашли.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Напоминаем, что те, кто подписался на бумажную версию журнала, может получать цветную электронную версию без дополнительной оплаты; для этого нужно прислать письмо на redaktor@hij.ru, в котором указать индекс и точный почтовый адрес, по которому вы подписались.*

Все керамические материалы делятся на грубые — крупнозернистые, с высокой пористостью и тонкие — мелкозернистые, с однородной структурой. Строительный красный кирпич, черепица, терракота (от ит. «обоженная земля»), гончарная майолика — относятся к грубой керамике. Тонкая — это белая майолика, фаянс и благородный, утонченный фарфор.

Терракота — неглазурованная керамика красных и коричневых цветов используется в строительстве, для оформления зданий, отделки оград, дорожек. Гончарная майолика — та же терракота, но покрытая глазурью, которая придает гладкость поверхности, повышает ее прочность и грязеустойчивость. Майолика получила свое название от острова Мальорка в Средиземном море, откуда арабские купцы привозили ее в Европу.

Что такое глазурь? Самая простая, соляная — это измельченная глина, растертая с поваренной солью. Такой массой покрывали уже обожженные изделия и подвергали их вторичному обжигу. В результате глазурная масса расплавлялась — остекловывалась и прочно скреплялась с поверхностью. С химической точки зрения соляное глазурирование — это гидролиз хлорида натрия (NaCl). Примерный состав такой глазури $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$. При добавлении в глазурную массу соды, белил, оксидов бора, стронция, железа, кобальта, меди можно получить глазури самые разные — прозрачные, блестящие, матовые, цветные с ярким сочным чистым цветом.

Изразцы, которыми на Руси облицовывали печи, — это майолика с оттиснутым на ней рельефом. Слово «изразец» буквально означает то, что вырезано, изрезано. Русские мастера, вырезавшие деревянные формы для оттисков, создавали настоящие картины: на рельефах появлялись герои сказок и былин, диковинные птицы и животные, сцены сражений и охоты. Печь, одетая или, как говорили, убранная изразцами, была и украшением дома, и отлично грела, ведь плитки увеличивали теплоотдачу.

Белая майолика отличается от гончарной светлым цветом на изломе обожженного изделия. От чего зависит, какой вид керамики получится при обжиге: красный кирпич или тонкая светлая плитка? Конечно, от вида и состава сырья, то есть глиняной массы. Большинство видов глины (кроме белой глины — каолина) после обжига меняет свой первоначальный цвет: бурая становится красной, зеленая — розовой, черная и синяя — белой. Это происходит потому, что при высоких температурах выгорают органические и минеральные примеси, придающие цвет живой, природной глине. По цвету, который глина приобретает после обжига, ее подразделяют на беложгущуюся (белый, светло-серый, светло-розовый) для тонкой керамики и красножгущуюся (красный, коричневый, фиолетовый) для грубой. Глиняная масса — это глина, смешанная с полевым шпатом, кварцем, известью, костяной золой. Белый каолин используют для получения самого совершенного вида керамики — фарфора. При обжиге он остается белым и на поверхности, и на изломе.

До появления фарфора самой ценной керамикой в Европе считался фаянс, названный так от города Фаэнца на севере Италии, крупнейшего центра по производству керамики в XIV—XV веках. Бело-кремовые кувшины, пиалы, сосуды для хранения оливкового масла и вина, элегантные чашки и тарелки с ажурными краями были в то время непревзойденными по красоте. Но фаянс уступает фарфору — он более пористый, его водопоглощение выше, механическая прочность ниже. Если в исходную фаянсовую массу ввести алюмосиликатный состав — шамот (45% Al_2O_3 и



55% SiO₂), то получится шамотированный фаянс, тепло- и ударостойкий, из которого и сейчас делают санитарно-технические изделия — ванны и раковины.

Там, где люди находили крупные залежи глины, особенно белых сортов, возникали керамические производства. Так в XIV веке на московской земле появилась Гжель, центр гончарного ремесла России, поставщик царского двора. С XVII века развивается знаменитый гончарный промысел города Скопина под Рязанью. Глиняные игрушки — «дымковские» из Кирова (теперь Вятка), «филимоновские» из Тульской области, «абашевские» из

Пензенской, «хлудневские» из Калужской — уникальное явление декоративно-прикладного искусства России. Чудесные, празднично-яркие, нарядные фигурки людей, животных, птиц стали украшением современного домашнего интерьера. Есть звучащие игрушки: от простеньких свистулек до настоящего музыкального инструмента — глиняной окарины. Кстати, окарина очень популярна в Италии, там она — неперенный участник народных оркестров.

Керамика — не только посуда, кирпич или облицовочная плитка. В современном понимании это любой неорганичес-

кий неметаллический материал, иногда с минеральными добавками, получаемый под воздействием высоких температур с последующим охлаждением. Любая керамика — хороший диэлектрик, то есть имеет большое электрическое сопротивление. Сегнетокерамика, пирокерамика, пьезокерамика — это керамические материалы, из которых делают изоляторы, терморезисторы, конденсаторы высокой емкости, инфракрасные детекторы, зажигалки для газовых плит, звуковые генераторы, гидролокаторы и многое другое.

М. Демина



19–22 апреля 2010 года
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



11 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ HIGH TECHNOLOGY OF XXI ВЕКА

- нанотехнологии и новые материалы
- биотехнологии и медицина
- энергоэффективность и энергосбережение
- экология
- авиационно-космические технологии
- телекоммуникационные системы
- стратегические информационные технологии
- неогеография
- радиоэлектроника
- машиностроение

**ПРИГЛАШАЕМ
К УЧАСТИЮ**

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >

www.vt21.ru

Устроитель: ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

Информация по телефонам: (495) 332-3595, 332-3601