



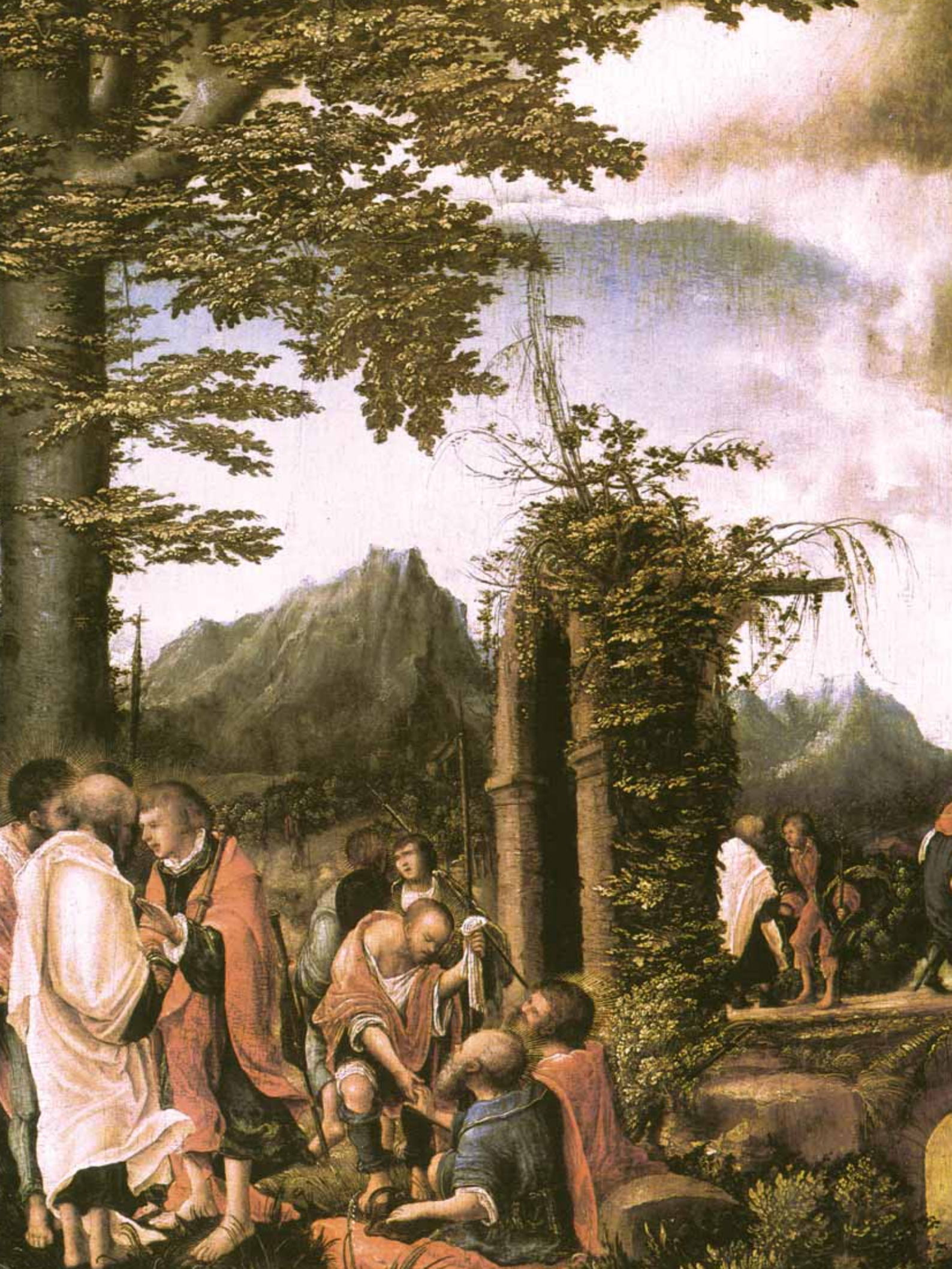
₹

∞

2009

СНЗМЖ И ВМММХ





Химия и жизнь—XXI век

Ежемесячный
научно-популярный
журнал

8 2009

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 30.7.2009

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 Альбрехта Альтдорфера
«Апостолы в пути». Начиная жизнь,
все мы отправляемся в путь, и многое
зависит от того, готовы ли мы к нему.
Об этом рассказывается в статье
«Почему в три года ребенок
не читает».

*Каждый день следует прослушать
хоть одну песенку, посмотреть
на хорошую картину и, если возможно,
прочитать хоть какое-нибудь мудрое
изречение.*

Йоганн Вольфганг Гете

Содержание

Роснаука

ВОДОРОДНЫЕ АВТОМОБИЛИ В РОССИИ	2
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИЗ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛА	2
ЧТОБЫ ТКАНЬ НЕ МЯЛАСЬ, А КОЖА НЕ МОКЛА	2
КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ МАШИНИСТА	3
МНОГО ЧИСТЫХ НАНОАЛМАЗОВ	3
ЗЕЛЕНый ДАТЧИК «ЛОВИТ» ЗАГРЯЗНЕНИЯ	3
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ДЛЯ КАРТОШКИ	3
БИОЧИПЫ ПРОТИВ ГЕПАТИТА С	3

Технологии

ФТОРОПЛАСТ: ЗАКАЛКА РАДИАЦИЕЙ. С.А.Хатипов	4
--	---

Проблемы и методы науки

РОБОТ-УЧЕНЫЙ. С.М.Комаров	10
ПАРАЗИТ ВПЕРЕДИ ХОЗЯИНА. М.А.Шкроб	14
ОПУХОЛИ, ГЕНЫ И ЭВОЛЮЦИЯ. А.П.Козлов	18
ПОЧЕМУ В ТРИ ГОДА РЕБЕНОК НЕ ЧИТАЕТ. М.М.Безруких	24

Технология и природа

ВЕРЬ УШАМ СВОИМ! Н.В.Селезнева	30
--------------------------------------	----

Проблемы и методы науки

НЕВИДИМОСТЬ. Митио Каку	36
-------------------------------	----

Технологии

ПРОФЕССИИ МЕТАМАТЕРИАЛОВ. С.М.Комаров	39
---	----

Размышления

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ. С.В.Багоцкий	42
--	----

Из писем в редакцию

ТРУДНОСТИ ПЕРЕВОДА. А.В.Добрынин	46
--	----

Портреты

МЕНДЕЛЕЕВИЯ. Е.В.Бабаев	48
-------------------------------	----

Из писем в редакцию

ЕЩЕ РАЗ О РОЛИ ПЕРВОПРОХОДЦЕВ. И.И.Гольдфаин	53
--	----

Фантастика

ХОГНИТ. Эдуард Мхитарян	54
-------------------------------	----

Непростые ответы на простые вопросы

ЛЕЩИНА И ФУНДУК. Н.Ручкина	60
----------------------------------	----

Материалы нашего мира

РЕЗИНОВЫЕ СЛЕЗЫ. М.Демина	64
---------------------------------	----

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	23	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	41, 59	ПЕРЕПИСКА	64



Дорогие читатели! Мы продолжаем знакомить вас с научными исследованиями и разработками, выполняемыми российскими исследователями при поддержке правительственного агентства «Роснаука». Все исследования, представленные в новой рубрике, получили государственное финансирование в рамках контрактов федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (www.fcpir.ru)

ВОДОРОДНЫЕ АВТОМОБИЛИ В РОССИИ

Внедрение автомобилей, работающих на водородном топливе, сдерживается трудностями, связанными с хранением и транспортировкой водорода. Промежуточное решение проблемы предложили специалисты Института катализа им. Г.К.Борескова Сибирского отделения РАН. Они разработали компактные генераторы водорода, которые позволяют получать водородное топливо на месте, непосредственно в двигателе автомобиля. Все дело в оригинальном катализаторе, превращающем метан в водородсодержащий газ (контракт 02.526.11.6005).

Но если автомобиль все равно придется заправлять углеводородным топливом – метаном, то в чем же выигрыш? Во-первых, на 16% снижается расход топлива. Во-вторых, заметно уменьшается содержание в выхлопных газах оксида углерода (в 16 раз), оксидов азота (в 14 раз) и главного врага борцов с глобальным потеплением – диоксида углерода. Это данные не лабораторных экспериментов, они были получены в условиях реальной эксплуатации. Генератор водородсодержащего газа был установлен на автомобиль «Соболь» с газовым

двигателем, который принял участие в автопробеге «Голубой коридор» по дорогам России протяженностью 2235 км.

Каковы перспективы промышленного производства таких генераторов? На базе опытного производства Института катализа созданы технологические линии по синтезу катализатора и сборке генераторов водородсодержащего газа. На них можно производить до 1500 генераторов в год. Это ничтожно мало по сравнению с потребностями отечественного автопрома, которые оцениваются как минимум в сто тысяч установок в год.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИЗ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛА

Прямое преобразование тепла в электричество – один из наиболее привлекательных альтернативных источников энергии. Специалисты Исследовательского центра им. М.В.Келдыша разработали метод создания термоэлектрических преобразователей на основе градиентной эмиссии (контракт 02.516.12.0013).

Градиентная эмиссия – это явление возникновения электрического тока при различии в характеристиках электродов, например, при различной температуре электродов или при геометрической асимметрии форм катода и анода. Если взять два золотых электрода, расположенных на расстоянии 0,5 нм друг от друга, и нагреть один из них на 40° выше другого, то в соответствии с проведенными расчетами результирующий эмиссионный ток составит более 1,5 кА/см². Эффект чрезвычайно чувствителен к расстоянию между электродами: стоит увеличить это расстояние вдвое, до 1 нм, как величина тока падает в 10 миллионов раз. С другой стороны, эффективность работы системы увеличивается, если на поверхности электрода создать множество наноразмерных элементов в форме острия. Здесь производство градиентно-эмиссионных преобразователей напрямую смыкается с нанотехнологиями.

Но откуда брать тепло? Конечно, от Солнца. Коэффициент полезного действия разрабатываемых термоэлект-

рических элементов на данном этапе в 1,5–2 раза меньше КПД современных кремниевых фотоэлектрических элементов, однако их стоимость в расчете на единицу мощности в два-три раза ниже стоимости кремниевых элементов. Технология производства термоэлектрических элементов сравнительно проста, они надежны, долговечны, бесшумны и экологически безопасны. Поэтому исследователи высоко оценивают перспективы их использования в энергетике, как наземной, так и космической.

ЧТОБЫ ТКАНЬ НЕ МЯЛАСЬ, А КОЖА НЕ МОКЛА

Глиоксаль – это вещество для пропитки тканей, кожи и бумаги. Благодаря ему ткань не мнется, а бумага или кожа отталкивают воду. В КНР это вещество делают на десяти заводах, а суммарный выпуск составляет 110 тысяч тонн. В Томске предполагается организовать отечественное производство глиоксаля мощностью 1000 тонн в год методом парового окисления этиленгликоля. А для этого метода нужен катализатор.

Специалисты из Томского государственного университета создали технологию изготовления такого катализатора (контракт 02.523.12.3023). Основные его компоненты – оксиды кремния и фосфора с добавками 5% оксида бора, а также не более 10% металлической меди и серебра. Один грамм такого катализатора позволяет синтезировать 100 грамм глиоксаля. Запущена опытная установка по производству 100 кг катализатора в год. Выполнение проекта позволяет обеспечить отечественную промышленность глиоксалем собственного производства, а также катализатором для его изготовления.



КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ МАШИНИСТА

Термоэлектрический холодильник работает на так называемом эффекте Пельтье, когда спай двух разных веществ охлаждается при пропускании через него электрического тока. При этом одна часть спая охлаждается, а другая – нагревается. Если с помощью радиатора постоянно отводить тепло с нагретого участка, холодный будет охлаждать окружающую среду. На этом принципе работают малогабаритные холодильники, не использующие компрессоров и хладагентов. Можно применить термоэлемент и в качестве нагревателя.

Сотрудники НПО «Кристалл» создали новую технологию получения твердых растворов теллурида висмута и пластин из него для термоэлектрических элементов. На их основе были изготовлены образцы устройств, в том числе термоэлектрические генераторы мощностью 10 и 500 Вт, кондиционер сидений автомобилей, кондиционер кабин машинистов (*контракт 02.523.11.3005*). Испытания показали, что эти устройства не уступают зарубежным аналогам и превосходят серийно выпускаемые термоэлектрические устройства. Весьма перспективно использовать такие кондиционеры в кабинах машинистов метрополитена, а также водителей наземного электро транспорта или подъемных кранов, особенно в горячих цехах. НПО «Кристалл» заключило соглашение об установке новых кондиционеров взамен старых в трех поездах московского метро депо «Варшавское».

МНОГО ЧИСТЫХ НАНОАЛМАЗОВ

Так называемые детонационные наноалмазы получают при утилизации взрывчатки из старых боеприпасов. В зависимости от способа изготовления наноалмазы оказываются покрыты своеобразной шубой из молекул других веществ, поэтому их необходимо очищать перед использованием. Однако промышленного применения наноалмазы пока не нашли. Сегодня их используют главным образом для изготовления экспериментальных партий материалов. Тем не менее, поскольку исследования в этой области проводят во всем мире, рынок наноалмазов уже сложился.

Специалисты СКТБ «Технолог» создали технологию получения практически чистых наноалмазов (*контракт*

02.523.11.3003). Выход наноалмазов по новой технологии возрастает в два раза, а содержание углерода в них достигает 96-98% вместо обычных 88%. Содержание примесей при этом падает с 1,5-2 мас. % до 0,1%. Затем наноалмазы очищают под давлением в горячей азотной кислоте. Увеличение выхода наноалмазов вдвое снижает их себестоимость с 80 до 40 рублей за грамм, что повышает конкурентоспособность материалов из них.

Разработчики создали производство наноалмазов мощностью 1500 кг в год. Предполагается, что потребителями продукции станут в том числе и зарубежные компании.

ЗЕЛЕНый ДАТЧИК «ЛОВИТ» ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Самое главное в жизни любого растения (а также микроорганизмов из группы цианобактерий) – это фотосинтез, получение органического вещества из углекислого газа и воды под действием солнечного света. А самый верный показатель неблагополучия – нарушение процесса фотосинтеза под действием токсикантов: гербицидов, тяжелых металлов, физиологически активных соединений.

В пушкинском Институте фундаментальных проблем РАН изучили и подробно охарактеризовали эти изменения, главным образом воздействие токсикантов на основной «мотор» фотосинтеза – перенос электронов в хлоропластах растительных клеток. На основе полученных результатов исследователи создали биосенсор, реагирующий на токсиканты, и проверили его чувствительность (*контракт 02.512.11.2085*). Основным элементом датчика стали хлоропласты высших растений, иммобилизованные на кварцевой подложке с помощью полимерной пленки. Такой датчик поможет выявлять загрязнения окружающей среды: ведь он реагирует на них примерно так же, как живое растение.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ДЛЯ КАРТОШКИ

Российское растениеводство давно перестало быть «лысенковским» и широко пользуется современными генетическими методами. Всем понятно, что новый сорт со стабильными свойствами – это прежде всего новые гены. А значит, описание сорта должно включать в себя сведения о его геноме. И за эту работу нужно приниматься как мож-

но скорее, если мы хотим точно знать, что мы едим. В Центре «Биоинженерия» РАН уже выбрали современные сорта картофеля, перца, томата, баклажана, гороха из ведущих селекционных центров России, а также сорта зарубежной селекции и дикорастущие формы, которые чаще всего используют в селекции этих культур, и создали коллекцию из 107 образцов высокочистой ДНК. Идет работа над методами анализа генома (*контракт 02.512.11.2223*).

Для начала необязательно прочитывать по буквам весь геном каждого сорта картофеля. Поскольку речь идет о близкородственных сортах, эффективным представляется, в частности, изучение отличий «в одну букву» – так называемых однонуклеотидных полиморфизмов, или SNP, а также коротких повторяющихся участков.

БИОЧИПЫ ПРОТИВ ГЕПАТИТА С

Не все разновидности вируса гепатита С одинаково опасны. Важно знать, каким именно вирусом заражен человек, чтобы точнее оценить риски и спланировать лечение. В московском Институте молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН совместно с лабораторией вирусологии госпиталя университета Тулузы (Франция) создали биочип для типирования вируса гепатита С (*контракт 02.512.11.2184*). Он позволяет идентифицировать все 6 генотипов и 36 подтипов вируса гепатита С, в том числе наиболее вирулентные и лекарственно устойчивые формы. Для полимеразной цепной реакции, предшествующей анализу, исследователи подобрали отечественные ферменты, не уступающие лучшим импортным аналогам, и в результате предложенная методика стала экономически выгодной. Метод отличается высокой чувствительностью и достоверностью. По результатам работы подана заявка на патенты и опубликована статья в журнале «Bioessays».

Кроме того, сотрудники ИМБ совместно с французским Национальным центром генотипирования отработали параллельный анализ белков крови методом масс-спектрометрии на биочипах. Метод использовали, в частности, для измерения концентрации аполипопротеина в образце сыворотки крови человека: этот белок отвечает за транспорт холестерина.





Фторопласт : закалка радиацией



Доктор физико-математических наук
С.А.Хатипов

Политетрафторэтилен, он же фторопласт-4, или тефлон, – особенный полимер. По химической стойкости он превосходит платину, кварц и графит, что делает его материалом номер один при работе с агрессивными средами. Это самый скользкий материал, обладающий очень низким коэффициентом трения, поэтому он просто незаменим в узлах трения. Он выдерживает очень высокие и очень низкие температуры, имеет самые высокие диэлектрические и антиадгезионные характеристики, надежно противостоит ферментам и микробам. Такой набор свойств обеспечил действительно уникальный спектр его применений в технике и быту, включая космические корабли и организм человека (вспомним искусственные кровеносные сосуды и клапаны сердца).

И все бы хорошо, если б не было другой крайности. Оказалось, что этот полимер обладает очень низкой стойкостью к истиранию, высокой ползучестью (необратимо деформируется при малых нагрузках) и совершенно нестоек к радиации. Причем по этим характеристикам он тоже рекордсмен. Так, доза, при которой его прочность снижается вдвое, на порядок ниже той, при которой стерилизуют продукты, и на два-три порядка ниже типичных значений для других полимеров. Аналогичным образом он отличается от других полимеров по износостойкости и текучести.

До сих пор с недостатками политетрафторэтилена (ПТФЭ) боролись путем его «скрещивания» с веществами другого химического состава. Например, механическая смесь ПТФЭ с мелкодисперсными добавками (коксом, графитом, оксидами металлов, угле- или стекловолокном) – это широко применяемые композиты, а химическое сшивание с другими углеводородами дает сополимеры. И композиты, и сополимеры имеют более высокую износостойкость и меньшую ползучесть, но уступают ПТФЭ по другим свойствам, например химической инертности,

коэффициенту трения или электрической прочности. Это и понятно – каждый новый материал на основе ПТФЭ разрабатывали для решения той или иной материаловедческой задачи, поэтому он имеет заданную область применения, а не обладает универсальностью прародителя.

Трудно было ожидать, что найдется такой способ модификации, который устранил бы недостатки ПТФЭ, но при этом максимально сохранил его преимущества и универсальность. Однако на рубеже XX и XXI веков такой способ появился. Более того, результат превзошел все ожидания: стойкость к истиранию новой модификации ПТФЭ увеличилась более чем на четыре порядка (в 10 000 раз!), а параметры текучести и радиационной стойкости улучшились на один-два порядка. При этом коэффициент трения даже снизился, а химическая и биологическая инертность, низкая поверхностная энергия и диэлектрические свойства остались такими же. Новая технология не требует каких-либо наполнителей или химических реагентов и целиком основана на изменении надмолекулярной структуры материала. Изменение происходит, если на него подействовать ионизирующим излучением – той самой радиацией, к которой он нестоек. Используя модную терминологию, можно сказать, что речь идет об управлении структурой материала на наноуровне. Теперь фторопластовые детали могут служить не полгода-год, а 10 лет и дольше...

Немного о химии и структуре

Любой полимер состоит из макромолекул, которые представляют собой непрерывную цепочку из повторяющихся звеньев. Самой простой линейный полимер с насыщенными связями – это полиэтилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)_n. Если атомы водорода заменить на фтор, то получится фторполимеры (фторопласты): поливинилфторид ($-\text{CH}_2-\text{CHF}-$)_n, поливинилиденфторид ($-\text{CHF}=\text{CHF}-$)_n, политрифторхлорэтилен ($-\text{CF}_2-\text{CClF}-$)_n и политетрафторэтилен ($-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$)_n. Полная замена всех атомов



водорода на фтор ведет к кардинальным изменениям свойств. Политетрафторэтилен настолько отличается от всех углеводородных полимеров и его аналогов фторопластов, что его можно было бы выделить в отдельный класс. Качественный скачок происходит в химических и электрических свойствах, параметрах кристаллических ячеек, динамике полимерных цепей (то, как цепь себя ведет в ответ на разные воздействия) и др. Подобно тому как при заполнении внешней электронной оболочки происходит переход от химически активного водорода или фтора к инертным газам гелию и неону, так и фторирование завершает построение полимерной цепи и приводит к качественному изменению полимера.

Какие же причины способствуют таким метаморфозам? Первое — это больший радиус Ван-дер-Ваальсового взаимодействия атомов фтора по сравнению с водородом. Атомы водорода в цепи полиэтилена между собой взаимодействуют очень слабо, поэтому соседние CH_2 -группы могут легко вращаться относительно друг друга. Макромолекула обычного полиэтилена имеет форму плоского зигзага, где атомы углерода расположены в одной плоскости, а для того, чтобы участок цепи превратился в свой изомер (при этом образуется складка), нужна очень малая энергия активации.

У политетрафторэтилена все не так — атомы фтора взаимодействуют между собой. Им тесно в пределах одного звена, и они настолько искажают валентные углы связи $\text{C}-\text{C}$, что углерод выходит из плоскости, а связь поворачивается. Поскольку это происходит с каждой связью «углерод-углерод», цепь постепенно закручивается в спираль. Поворот на 180° совершается через 15 групп $-\text{CF}_2-$. Теперь вращение соседних CF_2 -групп оказывается подавлено и возможными остаются лишь маятниковые движения, требующие большой энергии активации. В сечении макромолекула ПТФЭ выглядит как цилиндр, внешняя поверхность которого состоит из атомов фтора, а внутренняя — спираль из атомов углерода. Поскольку подвижность цепи ограничена, то полимерная цепочка стремится сохранить линейную конфигурацию. Разумеется, полимерные цепи в ПТФЭ тоже образуют складки, однако эти состояния термодинамически невыгодны. Но если заменить один или два атома фтора обратно на водород, то напряженность связей тут же снимается, спираль раскручивается и цепь становится подвижной.

Второй важный момент: связь $\text{C}-\text{H}$ слабее связи $\text{C}-\text{F}$, а последняя прочнее связи $\text{C}-\text{C}$. Поэтому все химические реакции углеводородных и частично фторированных полимеров начинаются с отрыва атома водорода, а уж потом реагируют образовавшиеся радикалы и свободные атомы водорода. В политетрафторэтилене отрыв атома фтора происходит наравне с разрывом связей между углеродами. Это одна из причин его химической стойкости по сравнению с углеводородами. До тех пор пока в звене фторполимера остается хотя бы один атом водорода, у него есть «ахиллесова пята».

И наконец, надо учесть, что атом фтора по отношению к углероду значительно более электроотрицательный элемент и, следовательно, стягивает электроны на себя, делая CF -связь поляризованной. Значит, внешняя цилиндрическая поверхность макромолекулы заряжена отрицательно, а участки со-

седних цепей отталкиваются между собой. Отсюда низкая поверхностная энергия и легкость их скольжения относительно друг друга.

Итак, заменив все атомы водорода в линейной цепочке полиэтилена на фтор, мы получаем другую конфигурацию и динамику цепи, а также совершенно иные химические свойства. Теперь самое время поговорить о том, каким образом строится твердое вещество из множества макромолекул.

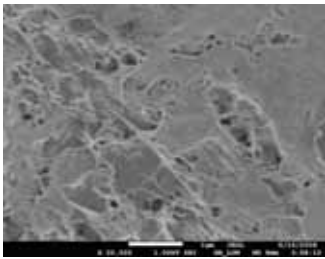
От молекулы – к твердому веществу

В линейных полимерах макромолекулы «выстраиваются» в кристаллиты (это области, в которых атомы расположены упорядоченно независимо от того, к какой полимерной цепи они принадлежат) и аморфные области (в них все расположено беспорядочно). В результате образуется второй уровень структуры полимера — надмолекулярный. В зависимости от условий полимеризации и дальнейшей технологической обработки, кристалличность и степень беспорядка в аморфной фазе могут быть самыми разными.

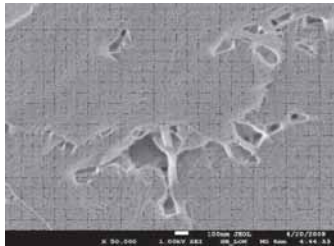
То же самое происходит и в твердом политетрафторэтилене. Его надмолекулярная структура сформирована кристаллитами с выпрямленными цепями и аморфной фазой, занимающей межкристаллитное пространство. Однако ПТФЭ не был бы собой, если б здесь обошлось без сюрприза. Выяснилось, что в твердом состоянии этот полимер имеет еще один, третий уровень самоорганизации, несвойственный ни одному полимеру. Рассмотрим этот факт более обстоятельно.

После полимеризации тетрафторэтилена получается не твердый массив полимера, а порошок, состоящий из частиц размером порядка десятков микрон и степенью кристалличности до 98%. Так вот, оказалось, что твердые частицы порошка полимера при нагревании до температуры плавления (327°C) и выше сохраняют чрезвычайно высокую вязкость. Причем настолько высокую (10^{11} Пуаз), что его расплав не течет. Причина этого — в уже упомянутой жесткости и стержнеобразной форме негибких макромолекул, высокой молекулярной массе (до 2×10^7), а значит, большой длине цепей, способных участвовать в образовании многих кристаллических частиц. В результате система оказывается сильно связанной — отсюда такая вязкость и нетекучесть в расплавленном состоянии.

Практически все известные полимеры превращаются в жидкости, поэтому готовые изделия из них получают литьем, горячей штамповкой или экструзией. Но для ПТФЭ эти методы непригодны, поскольку частицы порошка не образуют однородную жидкую смесь. Промышленная технология, которую разработали еще в 40-е годы XX века, близка к методам порошковой металлургии — порошок прессуют в форме, затем спекают в печах при температурах плавления. Однако что при этом делать с высокой вязкостью, которая по-прежнему не позволяет частицам смешиваться, а значит, не дает образоваться однородному твердому телу? Ответ на этот вопрос до сих пор не найден. Поэтому весь фторопласт, выпускаемый в мире, имеет сверхвысокую по сравнению с нормальными полимерами пористость, которая так и остается в заготовке после ее спекания. Вокруг пор образуются иные надмолекулярные структуры, чем в основной массе полимера. Прежде всего, это протяженные нитеобразные кристаллиты диаметром 5—10



1
Поры в ПТФЭ после прессования и спекания



2
Внутренняя структура частиц порошка в ПТФЭ

нм, хорошо видные на электронных микрофотографиях ПТФЭ (рис. 1). Исследования показывают, что нитеобразные кристаллиты и поры образуются еще на стадии полимеризации в частицах порошка до их переработки в твердый полимер (рис. 2). Собственно, они-то и формируют новую надмолекулярную структуру в готовом изделии, сохраняющуюся после спекания частиц порошка.

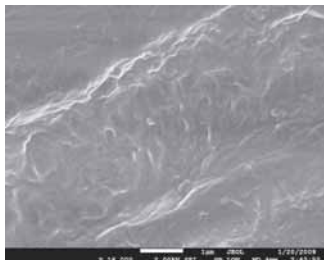
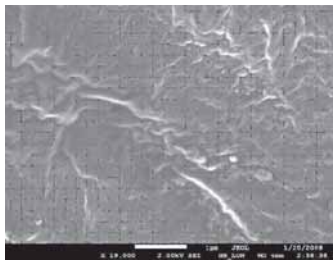
Есть еще два фактора, способствующие образованию пор в политетрафторэтилене: низкая поверхностная энергия и малая растворимость газов в кристаллической фазе. Первый ответствен за то, что в вязкой среде сохраняются «пузырьки», которые не могут схлопнуться за счет поверхностного натяжения. Второй приводит к тому, что при спекании порошка при высоких температурах растворенные в полимере газы стремятся выпасть в отдельную фазу. Подобное же явление мы наблюдаем при нагревании воды — это так называемая стадия кипения «белый ключ».

Существуют также трудно контролируемые технологические факторы, влияющие на этот уровень самоорганизации полимера. Так, типичный образец может содержать 1—2% пор, а нетипичный — до 5%. По современной классификации все это наноструктуры, поскольку основная часть нитеобразных кристаллитов и пор имеет размеры 10—100 нм. Именно они оказывают драматическое влияние на макроскопические свойства ПТФЭ, о чем пойдет речь ниже.

Радиацией по полимеру

Известно, что фторопласт боится радиации — она вызывает разрывы С—С-связей в основной цепи. Однако однозначного ответа на то, почему даже малые дозы так резко уменьшают прочность полимера, пока нет. Впрочем, радиационную нестойкость ПТФЭ проявляет при умеренных температурах, не выше температуры плавления.

В 90-е годы прошлого столетия японские ученые (Я.Табата, А.Осима и др.) опровергли устоявшееся мнение о радиационной деструкции ПТФЭ. Они обнаружили, что если воздей-



3
Залечивание пористых наноструктур радиационной закалкой



4
Заготовки из ПТФЭ

ствовать на полимер радиацией при температурах выше температуры плавления, то полимерные цепочки не разрываются, а сшиваются. Сегодня это направление — радиационное сшивание ПТФЭ в расплаве — интенсивно развивают японские и немецкие исследователи, применяя для этого мощные электронные ускорители. Ускоренные электроны (обычно используют 5 МэВ) имеют ограниченный пробег в веществе, поэтому западная технология предполагает модификацию пленок, лент или пластин толщиной нескольких миллиметров.

В России у подобных исследований гораздо более давняя история, поскольку они проводились с начала 50-х годов прошлого столетия. Хорошо известны работы ученых Научно-исследовательского физико-химического института им. Л.Я.Карпова по радиолизу ПТФЭ в расплаве (Н.А.Словохотова, В.С.Тихомирова и др.). Тогда же (в 50-е и затем в 70-е годы) были опубликованы первые результаты об упрочнении ПТФЭ после облучения в расплаве и высказано предположение о сшивании полимерных цепей.

Действительно, для простейшего углеводорода полиэтилена надежно доказано, что при облучении происходит сшивание цепей. Под действием радиации отрывается атом водорода и получается радикал, который соединяется с радикалом соседней цепи и образует поперечную сшивку. Механические характеристики (модуль упругости, предел текучести и др.) при этом улучшаются. По аналогии ученые предположили, что с политетрафторэтиленом происходит то же самое, хотя с ним все далеко не так очевидно.

Мы вернулись к этим исследованиям в начале 2000-х годов. Согласно данным японских авторов, сшивание макромолекул во фторопласте происходит при дозах облучения более 50 Мрад. Казалось бы, меньшие дозы не должны были сильно изменять свойства полимера. Однако мы обнаружили, что это не так. Облучение ПТФЭ гамма-лучами в расплаве малыми дозами (не более 20 Мрад) приводит к модификации с уникальным сочетанием свойств. Надо сказать, что у гамма-квантов есть преимущество — их пробег в веществе гораздо больше, чем у электронов, а значит, появляется возможность обрабатывать крупные заготовки полимера. После такой модификации получается фторопласт, лишенный недостатков исходного полимера, но обладающий всеми его преимуществами. Он приобретает сверхвысокую износостойкость (эта характеристика улучшается в 40 000 раз!), меньшую скорость ползучести (в 30—50 раз), повышенную радиационную стойкость (в 10^2 и более раз) и оптическую прозрачность в видимой области спектра (в 2—3 раза). При этом коэффициент трения даже снижается (на 20—30%), а диэлектрические, антиадгезионные и химические свойства остаются такими же, как у исходного полимера.

Оказалось, что вовсе не сшивка макромолекул ответственна за столь драматические изменения свойств, а другие процессы. В них радиации отводится роль спускового крючка — она запускает механизм надмолекулярной перестройки, или дру-



5
Заготовки ПТФЭ в опытной установке перед закалкой

гими словами механизм реорганизации наноструктур. Как действует этот механизм? Очень просто. Вспомним, что радиация вызывает деструкцию макромолекул, их укорочение, соответственно уменьшая вязкость системы в расплаве. Что происходит при нагревании вязкой среды, в которой есть пузырьки воздуха? Они лопаются в тот момент, когда сила поверхностного натяжения становится больше предела текучести среды. То же самое происходит в ПТФЭ. Предел текучести и вязкость при температурах выше точки плавления снижаются (от 50 до 100 раз), и пористые структуры реорганизуются: вначале исчезают поры с малым радиусом (большей величиной поверхностного натяжения), затем с большим. В этом и заключается механизм реорганизации наноструктур, который управляется радиацией. Вместо пористых формируются новые, более совершенные структуры: кристаллиты и аморфные прослойки (рис. 3).

Вообще, с точки зрения механизма не совсем правильно называть получаемый нами продукт радиационной модификацией ПТФЭ, поскольку под этим обычно понимают изменение химической структуры вещества. В данном случае она изменяется незначительно (разве что цепи становятся короче и увеличивается концентрация концевых групп). Более корректно говорить о способе получения совершенного ПТФЭ путем радиационной «закалки».

Наука — производству

Полимеры изменили окружающий нас мир и теперь их функциональные свойства определяют качество нашей жизни. Уникальность политетрафторэтилена еще и в том, что он не загрязняет окружающую среду — ведь из-за химической стойкости он не разлагается и не выделяет вредных веществ. ПТФЭ не отторгается организмом человека, когда его вшивают в качестве имплантата. Его применяют во всех сферах деятельности человека: в химическом производстве, машиностроении, автомобилестроении, электронике, в бытовой, пищевой, медицинской и космической технике. Несмотря на относительно высокую стоимость (он в 10 раз дороже полиэтилена), его применение часто оказывается просто безальтернативным.

Современные технологии производства обеспечивают довольно широкий ассортимент заготовок. Их выпускают в виде стержней, втулок, пластин с заданным набором размеров (рис. 4), поскольку, как мы говорили выше, порошок прессуют в формах. Потом из заготовок делают детали, обрабатывая их механически. Крупные производители ПТФЭ в России — это Кирово-Чепецкий химический комбинат и завод «Галоген» в Перми. Из зарубежных производителей самый крупный и известный — американская фирма «Дюпон», лидер фторопластовых технологий в мире. Кстати, сам политетрафторэтилен открыл 6 апреля 1938 года один из сотрудников фирмы «Дюпон». Дата известна точно, поскольку педантичный доктор Рой Дж. Планкет вел дневник своих исследований.



6
Футеровка
трубопровода
ПТФЭ



ТЕХНОЛОГИИ

Низкая износостойкость и высокая ползучесть, о которых мы уже говорили, сильно ограничивали использование ПТФЭ в машинах и механизмах, где он был бы очень кстати в узлах трения и как уплотнительный материал. Многочисленные композиции на его основе немного исправили ситуацию, и сегодня работы в этом направлении продолжают. Ученые пытаются использовать ультрадисперсные наполнители, применяют разнообразны методы предварительной обработки наполнителя, чтобы он стал активнее и лучше взаимодействовал с полимерной матрицей. Одна из новинок в этом направлении — суперфлувис (композиция на основе углеволокна). Его износостойкость выше, чем у других композиций всего на 10—20%. Надо сказать, что без кардинальной модификации самой полимерной матрицы достичь серьезного результата невозможно. Какой бы наполнитель мы ни вводили, на 80% матрица остается исходной, со всеми особенностями надмолекулярной структуры, о которых шла речь выше. Наполнитель не может запустить механизм перестройки пористых наноструктур, которые и отвечают за нестойкость материала к истиранию, нагрузке и радиации. В этом смысле радиационная закалка в расплаве дала то, чего нельзя было достичь никаким другим способом. Полученные образцы ПТФЭ по износостойкости более чем в 10 раз лучше самых удачных композиций.

Экспериментальные образцы мы получили в 2000–2001 годах, а первый патент — в 2003-м. В 2006 году нас поддержало Российское агентство по науке и инновациям, благодаря которому в нашем институте было создано опытно-промышленное производство (рис. на заставке и рис. 5). Радиационной обработке мы можем подвергать практически все заготовки ПТФЭ, которые выпускает сегодня отечественная промышленность. Конечно, мощность производства (40 тонн/год) — капля в море фторопластов, но в ближайшем будущем новая технология обязательно наберет силу.

В каких областях нужен новый материал? В первую очередь его потребителями станут регулирующая, обратная, запорная, распределительная, смесительная и другая арматура для оборудования теплосетей, нефте- и газопроводов (рис. 6). Речь идет о компрессорах, насосах, шаровых кранах, задвижках, затворах, клапанах. Безусловно, еще одно важнейшее направление — его применение в гидроцилиндрах, а это экскаваторы, бульдозеры, карьерные самосвалы, скреперы, автогрейдеры, бетононасосы, краны, сельхозмашины, гидроманипуляторы, гидропрессы, горно-шахтное оборудование, станочное оборудование, гидроподъемники, гидравлический инструмент и др.

Радиационно-модифицированный ПТФЭ прошел испытания и уже применяется в специальных изделиях с повышенным ресурсом (в шаровых кранах, клапанах, насосах, гидроцилиндрах и др.). Например, в цилиндрах подвески на карьерных самосвалах «БелАЗ». Выгоды очевидны — ресурс увеличивается в 10 и более раз. Но очевидны и трудности — устоявшиеся производственные отношения, корпоративные интересы производителей. Повышенная радиационная стойкость также открыла новому фторопласту дорогу в космос. Он участвует в проектах «Электро», «Фобос-Грунт», «Спектр-УФ», «Фрегат», МЦА в деталях электротехнического, антифрикционного и уплотнительного назначения.

Впереди разработка новой серии композитов, но теперь на основе радиационно-закаленной матрицы.



РЕВЕНЬ-МЕЛИОРАТОР

Растение, способное увлажнить пустыню, нашли израильские ботаники.

Пресс-секретарь Амир Гилат, agilat@univ.haifa.ac.il

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

Обычно листья у растений пустыни маленькие и покрыты воском — так удаётся сохранить драгоценную влагу. Каково же было удивление ботаников из университета Хайфы, когда он нашёл в горах пустыни Негев пустынный ревенё — метрового диаметра розетка его листьев плотно затеняет почву, в которую уходит единственный корень. Зачем ему такие большие листья?

Профессор Симча Лев-Ядун с коллегами нашёл ответ, внимательно разглядев их строение. Оказалось, что лист не только покрыт слоем воска, но и сильно сморщен. В результате возникает рельеф, подобный гористой местности. Капли дождя (а в пустыне Негев выпадает 75 мм осадков в год), собираясь в ручьи и реки, стекают с хребтов в ущелья, по ним попадают в основание розетки и увлажняют почву в районе корня. Наверное, так же получается и с каплями конденсата. Собранный с широких листьев воды оказывается вполне достаточно, чтобы промочить почву на 10 см, а то и глубже. Тень же от листьев не даёт этой влаге испариться. В общем, пустынный ревенё получает столько же влаги, как если бы жил в Средиземноморье, где в год выпадает 426 мм осадков, — или в 16 раз больше, чем соседние растения с маленькими листьями.

Когда мировое сообщество всерьёз озаботится озеленением пустынь для борьбы с последствиями климатической катастрофы, это растение может занять достойное место среди кандидатов. А если придать ему зимостойкость, например подсадив ген антифриза из северных рыбок, и устойчивость к ультрафиолету, окрасив листья УФ-протектором, пустынный ревенё мог бы стать претендентом на роль озеленителя экваториальных областей Марса.



ЛАЗЕРНАЯ ЛИНЗА ДЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Линза, создающая аттосекундные импульсы электронов, вполне возможна, утверждают американские ученые.

«Proceedings of the National Academy of Sciences», 15–19 июня 2009 года.

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

Процессы, связанные с движением молекул, длятся фемтосекунды. В тысячи раз быстрее, за аттосекунды, идут процессы, связанные с движением электронов. Если создать видеокамеру, снимающую со скоростью один кадр в аттосекунду, она сделала бы фильм на сюжет из жизни молекул. И этого можно добиться — нужен лишь сверхбыстрый электронный микроскоп с импульсами электронов, которые длятся столь малое время.

Ученые из университета Небраска-Линкольн во главе с доцентом Германом Бателааном, работая с лабораторией нобелевского лауреата в области фемтосекундной спектроскопии Ахмеда Зивайла, рассчитали возможность создания временных (ударение на последнем слоге) лазерных линз.

По их мнению, такая линза подчиняется законам, действующим в обычной, пространственной оптике, только сжимает лучи она не в пространстве, а во времени. Из расчета следует, что с помощью одного луча лазера можно получить импульсы электронов продолжительностью менее 10 фемтосекунд. Два луча лазера, направленных друг навстречу другу, должны сжимать электронный импульс в аттосекунды. Теперь дело за экспериментаторами, которые пожелали бы воплотить предсказание теоретиков в жизнь.

КАСТОРОВАЯ СМАЗКА

Делать смазку из масла генетически модифицированной клещевины хотят испанские биотехнологи.

Federico Garcia Maroto, fgmaroto@ual.es

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

Смазка, полученная из масла растений, позволяет, во-первых, занять сельское население, во-вторых — избежать загрязнения окружающей среды, поскольку это масло по определению биоразлагаемо, а в-третьих — снизить зависимость от поставщиков нефтепродуктов. В Испании такое масло решили попробовать добывать из клещевины. Ее масло издавна известно как касторка, а недавно растение прославилось как источник неплохого яда (см. «Химию и жизнь», 2003, № 3).

Чтобы сделать смазку из касторки, нужно изменить ее состав: повысить долю мононенасыщенных кислот — олеиновой и пальмитиновой. Ученые из университета Альмеры в Андалузии, участвуя во главе с Федерико Гарсией Марото в испанском макропроекте, выявили гены, которые нужно встроить в геном клещевины, и сейчас экспериментируют с промотором: он должен обеспечить выработку этих кислот только в семенах растения. Предполагается, что масло из семян трансгенной клещевины найдет применение в автомобильных, промышленных и самолетных двигателях.

ИОН ПОЧУВСТВУЕТ СИЛУ

Ионную ловушку, с помощью которой можно измерять мельчайшие изменения электромагнитных полей, создали ученые из США.

«Nature Physics», 28 июня 2009 года.

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

Ловушка для одиночного иона, созданная нобелевским лауреатом 1989 года Гансом Демельтом, представляет собой набор лазеров (для охлаждения иона) и электродов (для создания удерживающего сверххолодный ион электрического поля). Сейчас такие ловушки работают в атомных часах, а физики надеются применить их для создания квантового компьютера.

В ловушке Демельдта ион окружен электродами почти со всех сторон. Ученые же из Национального института стандартов и технологии (США) сплели из стальных проволочек такую ловушку, что пойманный в нее одиночный ион магния оказывается закрытым лишь с одной стороны. Получается что-то вроде капельки чернил, которая висит на кончике пера и никак не может упасть.

В результате у ученых появилась возможность приближать этот одиночный ион весьма близко к любой поверхности и мерить возникающие между ними силы. Это напоминает принцип работы атомно-силового микроскопа, только чувствительность ионной ловушки в миллион раз больше, чем у существующих кантилеверов. Получилась основа для принципиально нового прибора, способного чувствовать чрезвычайно слабые электрические, магнитные и, возможно, другие поля. Особенно высока чувствительность ионного датчика к переменным электрическим полям в диапазоне колебаний 100 кГц—10 МГц.



ЦИНКОВО-СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Способ разложения оксида цинка с использованием солнечного света исследуют чилийские ученые в Швейцарии.

Пресс-секретарь Nancy Hensel, nancy@cur.org

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Начиная с 2006 года студенты из университета Вальпараисо под руководством доктора Роберта Полумбо каждое лето проводят опыты в Швейцарии, в институте Пауля Шеррера. А изучают они возможность использования энергии Солнца для того, чтобы получить еще один энергоноситель для энергетики будущего — цинк (про других претендентов на эту роль — водород и алюминий — «Химия и жизнь» рассказывала не раз). Оказывается, если нагреть оксид цинка до 1700–3000 градусов по Фаренгейту, то он расплавится и под действием электрического тока разложится на цинк и кислород. А потом цинк в топливном элементе вновь обернется оксидом, отдав запасенную энергию, скажем, на работу электродвигателя автомобиля.

«Этим летом мы надеемся подробнее узнать о происходящих в реакторе процессах и в конце концов показать, что высокотемпературный солнечный электролиз вполне возможен и способен когда-нибудь стать экономически выгодным, — говорит участник работы Дерек Летцов.

ФОСФОР В ЗАПАДНЕ

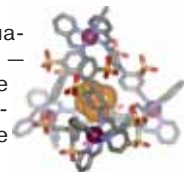
Хранить белый фосфор на воздухе научились британские химики.

Jonathan Nitschke, jrn34@cam.ac.uk

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Белый фосфор при соприкосновении с кислородом воздуха самопроизвольно воспламеняется, поэтому хранят его под слоем воды. Как оказалось, есть и другой способ — заключить его молекулы-тетраэдр в ловушку. Она со всех сторон окружает тетраэдр и не дает ему соприкоснуться с воздухом. Это соединение синтезировали химики из Кембриджа во главе с доктором Джонатаном Ничке, а структуру расшифровали их финские коллеги во главе с профессором Кари Риссаненом из университета Яваскуле.

Ловушка оказалась весьма устойчивой — фосфор в ней хранится месяцами. А извлечь его можно, растворив соединение в бензоле: тот вытесняет фосфорные тетраэдры, и они, оказавшись на воздухе, высвобождают запасенную энергию.



БЕЗВИРУСНАЯ ЛОЗА

Генно-инженерный виноград не будет страдать от вирусов.

Stefan Schillberg, schillberg@molbiotech.rwth-aachen.de

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Вirus веерности листа, под действием которого виноградные листья теряют свою форму и цвет, наносит существенный ущерб виноградарям, поскольку сильно снижает урожай. Борьба с ним трудна — ядохимикаты на вирус почти не влияют, да и применение их запрещено во многих странах.

Если нельзя использовать ядохимикаты, на арену выходят селекционеры. В XXI веке это биотехнологи, которые не ждут удачного скрещивания десятилетиями, а встраивают нужный ген и в течение месяцев получают устойчивое к болезни растение. В данном случае биотехнологи из Фраунгоферовского института молекулярной биологии и прикладной экологии во главе с доктором Стефаном Шильбергом с помощью агробактерии встроили в геном модельного винограда ген, кодирующий антитела к вирусу. Возможно, через несколько лет в странах, где запрещено применение ядохимикатов, появятся трансгенные лозы, которым вирус веерности нипочем.



ИСПАНСКИЙ РОБОТ-ХИРУРГ

Промышленный выпуск роботов-хирургов начали испанские робототехники.

<http://www.sener.es>

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

В 2005 году испанская компания «Сенер» заинтересовалась работой группы медицинской робототехники Малагского университета. Созданный ими робот помогал хирургу, который делает лапароскопические операции, то есть вводит в тело пациента хирургический инструмент через небольшой разрез. Инструмент присоединен к эндоскопу, и хирург должен, глядя на экран, точно подвести его к нужному месту. Эта процедура требует очень высокой концентрации внимания. Робот же без всякого напряжения удерживает эндоскоп в указанном ему месте.

Разработка ученых понравилась промышленникам, и те ее запатентовали, выяснив попутно, что ничего подобного в мире еще нет. После этого компания наладила серийный выпуск роботов-хирургов, первая партия которых поступила в университетский госпиталь в Малаге.



СТВОЛОВАЯ РАЗНИЦА

Индукцированные стволовые клетки все-таки отличаются от настоящих, эмбриональных, установили ученые из США.

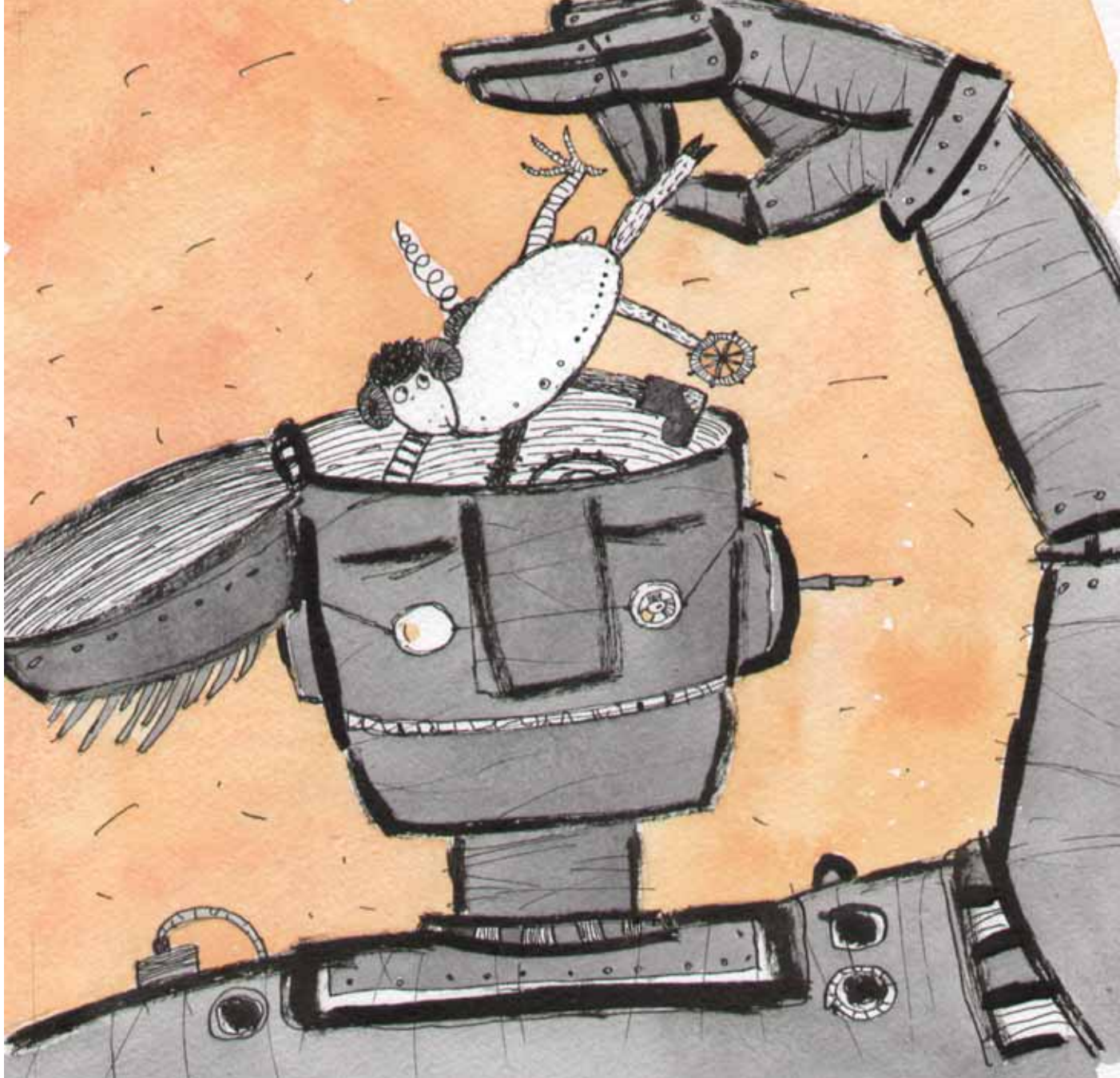
«Cell: Stem Cell», 2 июля 2009 года.

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

После того как клетку кожи удалось превратить в так называемую индуцированную стволовую клетку, появилась надежда, что не в столь отдаленном будущем любому человеку можно будет заменить практически любой орган, причем эта замена будет выращена из его собственной клетки. Огорчало то обстоятельство, что при превращении использовали онковирус, к тому же нет уверенности в полноценности такой клетки. С первым биологи разобрались, и теперь индуцированные клетки можно получать без использования вирусов, вызывающих рак. А вот со вторым фактором многое оставалось неясным.

Ученые из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе во главе с одной из первооткрывательниц индуцированных клеток Катрин Плат провели тщательное исследование работы генов в индуцированных и эмбриональных клетках. Они изучали и клетки, полученные разными методами, и клетки из разных лабораторий, и даже от других организмов, например индуцированные клетки из клеток мышиной крови. И во всех случаях обнаружили, что в индуцированной клетке гены работают не так, как в эмбриональной. Причем для многих генов это различие не зависело от метода получения индуцированных клеток. «Мы не знаем, что это значит и как сказывается на работе клеток. Мы даже не знаем, хорошо это или плохо. Но сам факт различия установлен. Хорошо бы теперь посмотреть, как это различие проявится при выращивании из индуцированной клетки какой-либо определенной ткани», — говорит соавтор работы доцент Билл Лоури.

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



Робот-ученый

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Первый в мире робот-ученый, способный самостоятельно, то есть без интеллектуальной помощи человека, проводить научные исследования, был создан на факультете компьютерных наук Уэльского университета в Эберистивите в 2009 году под руководством доктора Росса Кинга. Его назвали Адам. Этому роботу предшествовало несколько менее совершенных моделей, которым помощь человека нужна была достаточно часто, например для того, чтобы доставать из холодильника образцы микрочастиц. Адаму, по крайней мере теоретически, нужен лишь техник, который пополняет запас веществ, расходуемых на проведение экспериментов, и утиряет мусор. Конечно, Адам тоже несовершенен, поэтому на практике помощь техника требуется гораздо чаще. Однако

этот робот уже добился первых успехов в функциональной геномике пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Кстати, уэльские ученые создают новую версию робота. Его будут звать Евой, а задачей станет проверка веществ-кандидатов в лекарствах.

Фаренгейт, предтеча Адама

Ученые, которые занимаются проблемами искусственного интеллекта, с конца семидесятых годов прошлого века начали формулировать подходы, позволяющие формализовать получение машиной новых знаний. Вот, например, как рассуждал один из ведущих специалистов в этой области Ян Житков, который начал работать в Варшавском университете, а в начале 90-х переехал в США. В середине 90-х годов он создал робота, способного открывать законы физики, — Фаренгейта.

По мнению Житкова, целью робота-исследователя должно быть получение нового знания, которое изначально в робота заложено не было. Очевидно, что такой подход предполагает создание не узкого робота-ученого, а полноценного робота, подробно описанного в рассказах и романах Айзека Азимова. Только обладая способностью познавать мир и принимать на основании полученных знаний правильные решения в той или



иной ситуации, робот может стать полноценным спутником человека. При этом знание, добытое одним роботом, становится достоянием других роботов, если они построены по единому стандарту. Ведь это знание, в отличие от мыслей человека, формализовано, существует в цифровом виде и, значит, может быть передано с помощью стандартных устройств хранения и передачи информации, например закачено в мозги роботов следующего поколения в процессе их изготовления.

С формальной точки зрения получение нового знания можно представить в виде графа. У него есть набор исходных данных (которые, как правило, известны), набор целей (изначально неизвестных) и путей, связывающих оба набора. Например, у робота Фаренгейта целью было составление уравнений, описывающих ту или иную физическую закономерность. Для этого он должен был определить члены этого уравнения, составить между ними связи, вычислить коэффициенты и проверить справедливость полученных выражений с помощью эксперимента.

Один из законов, которые устанавливал Фаренгейт, был закон движения полого цилиндра по наклонной плоскости. В его распоряжении было несколько цилиндров с отверстиями разных размеров. Фаренгейт катал их по пластинке, наклоненной под разными углами, измерял время, за которое цилиндр скатывался вниз и воспроизвел закономерность, открытую Галилеем в аналогичном опыте. Другой опыт Фаренгейта — определение скорости, с которой автоматическая рука должна схватить и поднять бумажную коробочку. У опыта может быть несколько принципиально разных исходов: силы захвата не хватит, и коробочка выскользнет; она наклонится и поднимется не полностью; ее можно поднять, не повредив, а можно и смять при этом. Каждому исходу соответствует своя область параметров силы сжатия руки и положения захвата относительно коробочки. Эта работа уже имеет прикладное значение — выполняя ее, робот обучается владеть своим телом.

Вообще, робот-исследователь, по мысли Житкова, — это программное обеспечение и контроллеры, которые позволяют манипулировать внешними устройствами и органами чувств, плюс эти самые устройства, дающие возможность общения с внешним миром. По этой абстрактной схеме можно построить любого робота, придав конкретный смысл всем понятиям, а именно набору исходных данных, набору целей и списку внешних устройств. Посмотрим, как это выглядит у Адама.

Железо Адама

Адам предназначен для проведения опытов по биологии в такой ее важной области, как функциональная геномика. Ее цель — определять роль генов в жизни организма. Это очень важная задача; вот только один пример: зная функции генов, можно создавать трансгенные организмы, способные синтезировать те или иные нужные человеку вещества в гораздо большем количестве, нежели это делают природные микроорганизмы.

Как правило, для опытов по функциональной геномике берут микроорганизм с отключенным геном и смотрят, как он растет по сравнению с диким штаммом. Если штамм-мутант растет плохо, то в культуральную жидкость добавляют вещество-метаболит. Стал мутант расти — значит, именно это вещество он не мог синтезировать сам. Не стал — гипотеза была ошибочной, и нужно ставить опыт с другим метаболитом. В случае успеха из эксперимента следует вывод: выключенный ген кодировал тот самый добавленный метаболит. Если эта методика не работает по той или иной причине, приходится прибегать к другим способам. Например, добавлять ингибитор фермента в культуральную жидкость с диким штаммом и смотреть, сколь сильно его поведение будет отличаться от мутанта.

Чтобы выполнять эксперименты по такой программе, у Адама есть роботы-манипуляторы. Во-первых, это стандартное оборудование биологической лаборатории, предназначенное для одновременного выращивания многих культур микроорганизмов в планшетах с лунками. Во-вторых, устройства, которые готовят субстрат определенного состава для выращива-

ния микроорганизмов. В-третьих, прибор для определения оптической плотности вещества в лунке — по ней можно судить о росте культуры микроорганизмов. В-четвертых, устройства подготовки микрочипов и их очистки после эксперимента. Также в состав робота входит холодильник с коллекцией микроорганизмов — 6000 разновидностей дрожжей-мутантов с отключенными генами, которые были получены в ходе работ по проекту «Saccharomyces Genome Deletion», — и устройство автоматического забора необходимой культуры.

На кухне математиков

Если железо Адама собрали из достаточно стандартных узлов, то с его мозгами ученым пришлось повозиться. Ведь нужно было научить робота выполнять то, что всегда считалось достоинством и главной отличительной особенностью человеческого разума, — делать предположения, то есть строить гипотезы. На первый взгляд кажется, что это нерешаемая задача. Однако последовательное применение математики позволяет избавиться от этого заблуждения. Заглянем на математическую кухню и будем рассуждать вслед за авторами статьи «Developing a Logical Model of Yeast Metabolism» (Создание логической модели метаболизма дрожжей), опубликованной учеными из университетов Уэльса, Манчестера и Йорка в 2001 году в электронном журнале «Electronical Transactions on Artificial Intelligence» (www.ep.liu.se/ea/cis/2001/024/). Согласно сформулированным в этой статье представлениям, в основе программы, которая стала мозгом робота-исследователя, лежит модель метаболизма клетки дрожжей.

Представим себе, что внутри клетки действует машина, которая превращает исходные питательные вещества в конечные продукты, например нужные микроорганизму аминокислоты. Как правило, эти превращения представляют собой запутанную сеть с множеством пересечений. Анализ биоинформационных баз данных показывает, что даже для столь хорошо изученного микроорганизма, как пекарские дрожжи (см. «Химию и жизнь», 2002, №5), из 6121 гена известны функции всего 1026, причем многим функции присвоены не в результате экспериментов, а на основании соображений об общности строения с генами других организмов. При этом в клетках дрожжей протекает 5215 реакций, и в них участвует 5873 вещества. Размер и сложность метаболической сети даже одной клетки превосходят возможности человеческого разума, поэтому-то и приходится обращаться к искусственному интеллекту.

Компьютерная модель метаболизма должна решить следующие проблемы.

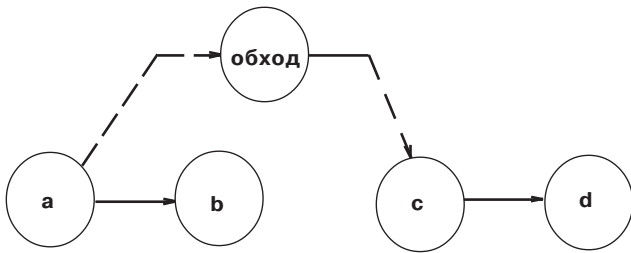
1. Если даны модель метаболизма и набор питательных веществ, то возможно ли синтезировать заданный набор конечных продуктов?

2. Если даны модель метаболизма и конкретное вещество, то какие питательные вещества нужны для его синтеза?

3. Если даны модель метаболизма и пара веществ, каков самый короткий путь между ними (его измеряют в числе промежуточных реакций или в энергетическом эквиваленте, то есть в числе потраченных молекул АТФ)?

4. Если модель метаболизма неполна или неверна, но известны продукты питания и набор получаемых веществ, то как найти недостающие или неверные реакции?

С точки зрения математика, всю модель метаболизма можно представить в виде графа. В классическом виде, пригодном для восприятия человека, в узлах такого графа находятся



Если вещество d получается из a, но этого никто не знает, в граф нужно добавить дополнительную ветвь неизвестной длины

вещества, а его ребра — соединяющие их реакции. Ферменты и кодирующие их гены выступают в качестве меток тех ребер, реакции которых они ускоряют. Искусственный интеллект может работать с более сложным полным графом, каждый узел которого представляет собой набор веществ, ребром же служит реакция, изменяющая его. В результате на вершине графа оказывается минимальный набор — только питательные вещества, а завершает его максимальный, то есть все вещества, присутствующие в клетке. Здесь тоже каждому ребру приписана пара ген—фермент, ускоряющий соответствующую реакцию. Полный граф теряет в наглядности по сравнению классическим графом. Однако при проведении экспериментов с живыми культурами именно он помогает искать пропущенные в модели метаболизма реакции. Ведь на самом деле исследователь в эксперименте не проводит какую-то одну реакцию. В его руках есть только набор питательных веществ, которые он может изменять и смотреть на результирующие изменения в составе клеток или их поведении. Задача в такой постановке уже вполне поддается математической формализации.

Возьмем в качестве примера граф (см. рис), в котором есть соединение a, превращающееся в b, и соединение c, которое становится d. Возникает гипотеза: на самом деле a и c связаны. Чтобы найти эту связь, нужно добавить еще несколько реакций. Число их возможных наборов можно оценить как общее число связей в степени числа добавляемых связей. Даже несмотря на то что некоторые наборы можно исключить исходя из общих химических соображений, число возможных вариантов остается весьма большим. Независимо от того, кто выдвигает предположение — человек или машина, нужно провести эксперименты, чтобы проверить, какой набор подтвердит выдвинутую гипотезу.

Когда написаны все предполагаемые цепочки реакций, связывающие вещества a и c, можно составлять план эксперимента. Для этого есть несколько способов. Во-первых, не считаясь с затратами, проводить эксперимент методом научного тыка, то есть случайным образом проверяя осуществимость той или иной реакции. Во-вторых, можно применить экономичный метод: для начала провести эксперименты с самыми дешевыми реактивами в надежде, что дорогими вовсе не придется пользоваться — истина выяснится раньше. А в-третьих, для сокращения затрат времени и денег можно воспользоваться базовой моделью метаболизма, которая уже содержит некоторые подсказки.

Мозги Адама

Итак, Адам должен взять какой-то ген, предположить его функцию, а затем провести эксперименты, которые позволят либо принять, либо отвергнуть эту гипотезу. Для того чтобы это сделать, у него есть неплохая база — данные о том, какие гены кодируют те или иные ферменты у других организмов. Сравнивая структуру этих известных генов с геном, функция которого неизвестна, можно предположить, какой фермент он кодирует, а затем попытаться поместить этот фермент в модель метаболизма. Если повезет, то еще одним белым пятном на графе станет меньше. Примерно так работает главная часть программы, составляющей мозг робота-исследователя.

Помимо способности генерировать гипотезы, требуются вспомогательные программы. Прежде всего это логическая, то есть записанная на логическом, не предполагающем вычислений языке программирования, модель метаболизма дрожжей. Создатели Адама выбрали в качестве такого языка Progol. Затем нужна переведенная на этот же язык общая биоинформационная база данных, содержащая сведения о генах и белках, включенных в метаболизм.

Далее следует программа, которая позволяет спланировать эксперимент для проверки гипотезы, то есть выбрать мутантные штаммы дрожжей и состав питательного раствора; автоматизированная система управления — она позволяет физически провести эксперимент и записать экспериментальные данные, а также сопутствующие им метаданные в базу данных. И конечно, программы для обработки результатов измерений. Одна из них, например, строит кривые роста культуры дрожжей и определяет описывающие их параметры. Другая выясняет, как соотносятся анализируемые данные с гипотезой, и определяет надежность полученного вывода. Третья делает этот вывод и переходит либо к следующему эксперименту, либо к другой гипотезе.

Испытание Адама

В своего робота-исследователя уэльские ученые заложили ту модель метаболизма дрожжей, которую им удалось построить на основании анализа биоинформационных баз данных. А затем стали проверять, как он работает.

Поначалу у робота не было никаких манипуляторов. Он лишь давал задания на проведение экспериментов и получал данные об их результатах, которые заранее были ученым известны. Робота даже пытались обмануть — в четверти случаев ему сообщали неверный результат эксперимента. Действительно, в жизни всякое может случиться: вдруг культура дрожжей-мутантов окажется нежизнеспособной не из-за недостатка питательных веществ, а, например, из-за плохой регуляции температуры в термостате или из-за загрязнения другими микроорганизмами. Как бы то ни было, робот-исследователь, тогда еще безымянный, вполне удовлетворительно справился с выяснением роли генов в синтезе ароматических аминокислот. При этом он реализовал все три методики планирования эксперимента.

Подход, учитывающий модель метаболизма, оказался в сто раз дешевле, чем случайный поиск, и в половину дешевле, чем экономичный. Сроки также существенно различались: четыре дня для использования модели, шесть для случайного поиска и десять для экономного. Ученые провели еще одну проверку — дали аналогичные задания группе дипломников с кафедр биологии и компьютерных наук. Результат впечатляет: робот-ученый выполнил исследование за те же деньги и в то же время, что и лучшие из людей. Так робот-ученый сумел воспроизвести модель метаболизма, связанную с синтезом ароматических аминокислот. А ее заранее построили биологи, участвующие в создании робота.

Первая задача и прогресс науки

После этого можно было приступать к получению нового научного знания — выяснению роли генов в кодировании неизвестных ферментов.

Анализ данных показал, что сейчас у дрожжей есть 229 реакций, для которых неизвестны гены, кодирующие нужные ферменты. Поиск 20 из этих генов и составил первое задание Адама. Сравнивая различные биоинформационные базы данных, он нашел похожие реакции у других организмов. Затем, основываясь на методе подобия, предположил, какие ферменты могут участвовать в этих реакциях и какие гены могут их кодировать. Используя дрожжи-мутанты с выключенными генами, он проверил свои гипотезы и в конце концов нашел ис-

Результаты работы Адама по функциональной геномике дрожжей

Фермент	Ген	Число опытов	Предполагаемая функция гена из базы данных
Глюкозамин-6-фосфатдеаминаза	YHR163W (SOL3)	8	6-Фосфоглюконлактаназа ida*
Глутаминаза	YIL033C (BCY1)	11	Зависимый от cAMP ингибитор протеинкиназы ida
L-треонин-3 дегидрогеназа	YDL168W (SFA1)	6	Алкогольдегидрогеназа ida
Пуриннуклеозидфосфорилаза	YLR209C (PNP1)	11	Пуриннуклеозидфосфорилаза ida
2-Аминоадипаттрансминаза	YGL202W (ARO8)	3	Трансминаза ароматической аминокислоты ida
5,10-Метанилтетрагидрофолатсинтаза	YER183C (FAU1)	4	5,10-Формилтетрагидрофолатциклолегаза ida
Глюкозамин-6-фосфатдеаминаза	YNR034W (SOL1)	2	Возможно, играет роль при экспорте tPHK
Пуридоксалкиназа	YPR121W (THI22)	1	Фосфометилпиримидинкиназа iss**
Маннитол-1-фосфат-5-дегидрогеназа	YNR073C	6	Предположительно, маннитолдегидрогеназа iss
1-Ацилглицерин-3-фосфат-О-ацилтрансфераза	YDL052C (SLC1)	6	1-Ацилглицерин-3-фосфат-О-ацилтрансфераза ida
Глюкозамин-6-фосфатдеаминаза	YGR248W (SOL4)	2	6-Фосфоглюканолактоназа ida
Малеилацетоацетатизомераза	YLL060C (GTT2)	3	Глютатион-S-трансфераза ida
Серин-О-ацетилтрансфераза)	YJL218W	2	Неизвестная функция
L-треонин-3-дегидрогеназа	YLR070C(XYL2)	6	Ксилитдегидрогеназа ida
2-Аминоадипаттрансминаза	YJL060W (BNA3)	3	Кинуренинаминотрансфераза ida
Пуридоксалкиназа	YNR027W	2	Участвует в выборе точки почкования m/o iss
Полиаминоксидаза	YMR020W (FMS1)	4	Полиаминоксидаза ida
2-Аминоадипаттрансминаза	YER152C	3	Неохарактеризован
L-аспаратоксидаза	YJL045W	1	Выполняет функцию сукцинатдегидрогеназы iss
Пуриннуклеозидфосфорилаза	YLR017W (MEU1)	6	Метилтиоаденозинфосфорилаза ida

*ida (от inferred from direct assay) — получено из прямых опытов

**iss (от inferred from sequence or structural similarity) — получено из соображений сходства последовательности нуклеотидов или структуры

комые гены. Что характерно, обнаруженные ферменты не во всех случаях оказались теми, которые предполагались из соображений подобия (см. таблицу). Один из интересных результатов состоял в том, что фермент 2-аминоадипат-2-оксиглутаратаминотрансферазу (он превращает пару аминокислот и оксоглутарат в оксоадипат и глютамат, а также известен под другими именами, например 2-аминоадипаттрансминаза) кодируют три разных гена. А еще в 1969 году Макото Мацуда и Маурицио Огур, работавшие тогда в университете Южного Иллинойса, показали, что в дрожжах есть две разновидности этой аминотрансферазы, несколько различающиеся по своим свойствам. Находка Адама, видимо, предполагает, что на самом деле этот фермент имеет три модификации. Такой результат насторожил создателей робота, и они решили его проверить — все оказалось верным. Так было доказано, что Адам вполне способен добывать новые знания.

Геномика — не единственное поле деятельности работающего. Его применение оправданно в любом случае, когда требуется проводить множество экспериментов и вся процедура, от подготовки образцов до проведения измерений, поддается автоматизации. В этом случае, естественно, меняется набор манипуляторов робота. Например, роботу-ученому, работающему в области фемтосекундной химии, понадобятся источник реагентов, фемтосекундный лазер с перенастраиваемыми длиной волны и продолжительностью импульса излучения, а также прибор для определения состава продуктов реакции, например масс-спектрометр.

Однако независимо от того, что за манипуляторы у роботозученых, их искусственный интеллект будет устроен одинаково. Он основан на так называемой онтологии научного поиска. Под этим словом понимают «теорию или систему концепций/словарей, используемых в качестве строительных блоков системы обработки информации». Еще в 2005 году ученые из Уэльса разработали свою версию онтологии научного знания, а теперь применили ее к роботу-ученому. При этом они преследовали четыре цели. Во-первых, формализовать концепции, которые использует робот-ученый в своих экспериментах, и выявить, какую полученную при этом информацию —

результаты измерений (данные) и сопутствующие сведения, например, о характеристиках используемых приборов (метаданные) — следует сохранять для описания экспериментов и их воспроизведения. Во-вторых, разработать словарь терминов, используемый всеми участниками проекта. В их число входят не только биологи и компьютерщики, но и обычная публика, которой надо объяснять суть работы, например, в рекламных целях. В-третьих, организовать знания о проекте «Робот-ученый» в виде различных метауровней, что позволяет получить ясную структуру знаний, систему их использования и обновления, координацию экспериментов. В-четвертых, разработать модель базы данных для хранения всех результатов экспериментов с возможностью проверки любого из этапов в другой лаборатории.

Использование онтологии позволяет сделать научное знание более прозрачным, быстрее выявлять ошибки, а также использовать полученные знания другими группами ученых.

Робот-ученый может быть не только субъектом эксперимента, но и его объектом. Огромный объем получаемых им данных дает возможность в деталях проследить за ходом научной мысли и выяснить, какова была мотивация для того или иного эксперимента. Это позволяет избавиться от субъективизма при проведении исследований.

Не исключено, что по мере появления аналогичных роботозученых в исследовательских лабораториях качественно изменится форма представления научной информации. Пол мнению создателей Адама для того, чтобы было удобнее использовать весь массив экспериментальных данных и ссылаться в научной статье на данные из предыдущих статей, полезно отказаться от естественного языка и перейти к формальным языкам. Коль скоро для хранения данных используют оперирующие этими языками компьютеры, а сами данные все чаще оказываются представленными в электронном виде, этот шаг кажется естественным. Таким образом, в руках ученого при содействии его помощника-робота (вспомним, что Карел Чапек и его брат Йозеф вывели название механического труженика от слова *робота* — работа) со временем появится база данных обо всех экспериментах этого типа, проведенных в разных лабораториях и в разное время, — мощное средство познания окружающего мира.





Паразит впереди хозяина

М.А. Шкроб

Любой классический учебник по вирусологии неизменно начинается с рассуждения о том, являются ли вирусы объектами живой или неживой природы. Очевидно, разрешить этот спор невозможно, ибо дискуссия в конечном счете сводится к определению понятия «жизнь», которое вирусологией не рассматривается. В значительно большей степени ученых увлекает процесс перехода от неживой материи к живой. И тут, кажется, сама природа вирусов, существ на грани химии и жизни, требует поместить их непосредственно в гущу событий. Пусть гипотезы о том, что вирусы могли появиться даже раньше, чем клетки, на которых им положено паразитировать, кажутся парадоксальными, все же они слишком любопытны, чтобы остаться без внимания.

То, что мы можем считать живым уже безоговорочно, безо всякой оглядки на философию, появилось не мгновенно. Между «маленьким теплым прудом», как называл место возникновения жизни Чарльз Дарвин, и даже самой примитивной клеткой лежит огромная пропасть, мост над которой строят друг

другу навстречу химики и биологи, пытающиеся установить, что же происходило на Земле задолго до нашего на ней появления.

Вероятно, правильней всего было бы создать в пробирке или даже на какой-нибудь небольшой планете условия, напоминающие те, что были на Земле миллиарды лет назад, запастись терпением и ждать появления жизни. Вместо этого ученым приходится довольствоваться в основном косвенными свидетельствами и отдельными экспериментальными фактами, относящимися прежде всего к области химии. Разумеется, результаты каждого такого опыта идут на вес золота (возьмем, например, блестящую работу группы Джона Сазерленда из университета Манчестера по абиогенному синтезу рибонуклеотидов, о которой «Химия и жизнь» писала в № 7 за 2009 год).

Пытаясь воссоздать картину появления жизни, биологи анализируют множество самых разных организмов, населяющих нашу планету сейчас. В качестве инструмента они выбрали универсальный метод — изучение геномов. Сравнивая характерные участки геномов ребенка и предполагаемого родителя,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

можно установить отцовство. Сравнивая геномы разных живых существ, можно выяснить степень родства между ними. Обнаруженные сходные черты говорят о том, каким мог быть общий предок, а различия — о том, когда и как пути разных групп могли разойтись. Какие же гены лучше выбрать для сравнения, если мы хотим исследовать самые ранние события в эволюции? Логично взять гены, отвечающие за самые основные, первостепенные задачи, такие, как синтез ДНК или белка.

Сравнение генов, имеющих отношение к синтезу белка (трансляции), позволило значительно продвинуться в изучении эволюции. Именно так в 1977 году группа Карла Вёзе открыла новый домен живого, скрывавшийся до этого в тени бактерий, — археи. Большинство людей об археях никогда не слышало, что удивительно, если учесть, что биомасса архей на Земле по оценкам превышает суммарную биомассу всех остальных организмов. Археи распространены по всей планете, ведь они способны выживать в самых немислимых условиях: при температуре ниже нуля и при температуре выше 100°C, в кислотах и щелочах, при огромном давлении и в отсутствие воды. Пусть, наблюдая архей в микроскоп, вы не отличите их от бактерий, на молекулярном уровне археи так далеко отстоят и от бактерий, и от эукариот, что их пришлось вынести в отдельную группу.

Несмотря на то что эукариоты, археи и бактерии успели за время эволюции далеко разойтись друг от друга, все они должны происходить из одного корня, ведь в самой своей основе они устроены одинаково (к примеру, используют один и тот же носитель и способ кодирования генетической информации).

В своем глазу бревна не замечаешь

Долгое время ученые спорили о том, что возникло раньше, что было первой «молекулой жизни»: белок или ДНК? Нашлись достаточно убедительные доводы и в пользу белка, обладателя каталитических свойств, и в пользу ДНК, носителя генетической информации. РНК при этом оставалась как-то за рамками дискуссии. В то время считалось, что предназначение РНК в клетке ограничивается ролью посредника между геном и белком. Само собой подразумевалось, что РНК вторична и по отношению к белкам, и по отношению к ДНК: в рамках этих представлений отсутствие того или другого делало бы существование РНК бессмысленным. Лишь сопоставив результаты опытов, демонстрирующих способность РНК выступать в качестве катализатора, с тем, что РНК может выполнять роль носителя информации у некоторых вирусов (например, у вирусов гриппа, полиомиелита, гепатитов А, В и С и др.), ученые смогли поставить некую точку в этих дебатах, признав лидерство за бывшим аутсайдером. Теория так называемого РНК-мира, с которого началась жизнь на Земле, — мира, населенного различными каталитическими молекулами РНК, — теперь стала практически общепризнанной.

А что, если подобная ситуация складывается и в споре о том, кто из ныне живущих организмов появился раньше: бактерии, археи или эукариоты? Количество гипотез на этот счет фактически ограничивается правилами комбинаторики: одни считают, что эукариоты появились от симбиоза бактерий и архей,

другие — что первыми от двух других групп отделились бактерии, третьи — что эукариоты, и так далее. Вирусы же традиционно оставались в этом споре за бортом, как нечто, к жизни не относящееся. В самом деле, если думать о вирусах как о бездушных паразитах, эксплуатирующих все живое, трудно предположить, что они могли появиться на свет раньше своих жертв. Но может быть, вынося вирусы за скобки, мы упускаем что-то очень значительное?

Насчет происхождения вирусов существует три гипотезы. Две из них говорят о том, что вирусы так или иначе происходят от живых организмов и представляют собой деградировавшие клетки или «сбежавшие» гены. Но если бы вирусы происходили от клеток, то, по крайней мере, большая часть их генов должна быть гомологична генам клетки, однако на деле это не так. Существует огромное количество вирус-специфических белков. Например, многие вирусы имеют отличную от клеточной ДНК-полимеразу. Эти данные говорят в пользу третьей теории — независимого происхождения вирусов.

Допустим, вирусы образовались сами по себе. Ведут ли они свое начало из одного или из нескольких корней? Вирусы — очень разнородная группа: среди них есть такие, чей геном представлен одноцепочечной или двуцепочечной РНК, одноцепочечной или двуцепочечной ДНК. Существуют вирусы, заражающие бактерий, эукариот, архей. Есть ли у них хоть что-то общее? Оказывается, да. Белок внешней оболочки (капсида) у всех, за немногим исключением, вирусов содержит одно и то же характерное сочетание аминокислот. Эта последовательность специфична для вирусов, она не встречается в геномах клеток. Самое удивительное, что этот фрагмент имеется у вирусов, относящихся к совершенно разным группам, с РНК- и ДНК-геномами. Неужели все это разнообразие организмов может происходить от одного корня? Если общий корень существовал, то сколько же времени могло потребоваться на то, чтобы отдельные ветви разошлись до такой степени? И если вирусы такие древние, могли ли они повлиять на появление клеток?

Чем больше накапливается данных о вирусных геномах, тем яснее становится, что вне зависимости от того, считаем ли мы вирусы относящимися к жизни или нет, исключить их из рассмотрения, когда речь идет о зарождении жизни, нельзя. Рассмотрим две интересные теории, которые включают вирусы в общую схему эволюции. Одна из них кажется значительно более спорной, чем вторая, но истина и рождается в споре.

«Три вируса — три домена»

В 2006 году была опубликована очень любопытная работа французского ученого Патрика Фортерра. Фортерр начал обдумывать роль вирусов в эволюции уже с 80-х годов прошлого века. В то время он занимался изучением бактериофага Т4 (вируса, заражающего бактерии). Ученый обратил внимание, что ДНК-полимераза Т4 совершенно не похожа по структуре на ДНК-полимеразы живых организмов. Ему показалось, что это явно противоречит принятым в то время представлениям о вирусах как о выродившихся клетках, и с тех пор он борется за признание вирусов полноправными, а может быть, и ведущими участниками первых этапов возникновения жизни.

Фортерр обнаружил, что если сравнение аппаратов синтеза белка бактерий, архей и эукариот дает более или менее однозначные сведения об эволюции трех доменов и степени их родства, то воссоздать эволюцию, сравнивая гены, отвечающие за синтез ДНК, удастся с трудом. В первом случае, какой бы ген вы ни выбрали для сравнения, вы получите один и тот же результат, а вот во втором результат будет зависеть от того, что за ген вы рассматриваете. Чтобы объяснить это противоречие, наличие которого, впрочем, ставят под сомнение другие исследователи, Фортерр предложил гипотезу «трех вирусов — трех доменов».

Ученый высказал довольно странную, но занятую идею, что ДНК могла впервые появиться у вирусов. Концепция РНК-мира гласит, что первые самореплицирующиеся системы возникли на основе РНК. Но каким образом мог произойти переход от РНК к ДНК, не очень понятно. В отличие от РНК, ДНК не обладает способностью к саморепликации. Конечно, у ДНК есть несомненные преимущества: во-первых, молекула ДНК химически более стабильна, а во-вторых, она состоит из двух комплементарных цепей, что позволяет в случае повреждения одной цепи восстановить информацию по другой. Таким образом, пусть и с проигрышем в независимости, ДНК предоставляет организму возможность иметь больший геном. И здесь кроется парадокс: ДНК не дает немедленного преимущества. Да, в отдаленной перспективе постепенное наращивание генома несомненно выгодно, но как оно могло быть поддержано отбором вначале? Фортерр считает, что вот тут самое время вспомнить о вирусах.

Итак, по мнению Фортерра, в «маленьком теплом пруду» плавали РНК-содержащие клетки, и клетки эти заражались РНК-содержащими вирусами. Чтобы защитить себя, РНК-клетки могли выработать некий способ разрушения чужого генетического материала, а такие способы, заметим, имеются и у современных бактерий (система рестрикции), и у современных эукариот (система РНК-интерференции). Чем могли ответить вирусы в этой гонке вооружений? Может быть, они попытались бы как-то модифицировать свой генетический материал, чтобы расстроить планы противника? Что, если они модифицировали РНК на двуцепочечную ДНК-молекулу, в которой нуклеотидные основания скрыты в глубине двойной спирали? В такой ситуации переход к ДНК мог бы стать для вирусов вовсе не отдаленным, а немедленным преимуществом.

Есть ли хоть какое-нибудь косвенное подтверждение этой идеи? В принципе да. У некоторых ДНК-содержащих вирусов имеются собственные ферменты, необходимые для получения ДНК на основе РНК (рибонуклеотид-редуктаза и тимидилат-синтаза), возможно, уцелевшие с тех времен. Фортерр предполагает, что вначале появилась ДНК, содержащая урацил вместо тимина. Напомним, что и ДНК, и РНК построены из четырех видов азотистых оснований, три из которых (аденин, гуанин и цитозин) совпадают у ДНК и РНК, а одно отличается: молекула РНК содержит урацил, а ДНК – тимин. Известно только одно исключение из этого строгого правила – «урациловая» ДНК имеет вирус PBS1, заражающий сеновую палочку. Фортерр интерпретирует это исключение как доказательство того, что ДНК, содержащая урацил, могла существовать на Земле, пока не была вытеснена содержащей тимин.

А дальше могло случиться так, что однажды ДНК-содержащий вирус «застрлял» в РНК-клетке, потеряв гены, необходимые для построения белковой оболочки. Вот на этом этапе РНК-гены хозяина могли начать постепенно включаться в ДНК вируса. Со временем РНК-хромосома таяла, а ДНК-хромосома росла, пока в конце концов все гены клетки не перешли на вирусную хромосому. Как бы выглядела такая клетка? Гены, отвечающие за трансляцию, остались бы у нее от РНК-клетки, а гены, отвечающие за синтез ДНК, — от вируса. Фортерр утверждает, что такое событие произошло в эволюции трижды: три вируса стали родоначальниками трех доменов живого.

Таким образом, предлагаемая Фортерром теория объясняет, кому было выгодно появление ДНК, как получилось, что молекулярная эволюция трансляционного аппарата происходила иначе, чем эволюция системы синтеза ДНК, и как именно произошли все три домена.

Разумеется, у этой теории есть недостатки. Например, Дэвид Пенни, профессор теоретической биологии из Новой Зеландии, указывает на то, что гипотетическая РНК-клетка должна быть устроена гораздо сложнее, чем это позволяет РНК как носитель генетической информации. Пенни не отрицает значительного влияния вирусов на эволюцию, но считает, что

клетки осуществили переход на ДНК самостоятельно.

Евгений Кунин, сотрудник Национального центра биотехнологической информации США, соглашается с Фортерром в том, что вирусы вышли непосредственно из РНК-мира и могли первыми начать использовать ДНК, но его видение того, как это могло произойти, существенно иное.

Маленькие теплые лужицы

Итак, вернемся во времена РНК-мира. Предположим, что мир этот был сосредоточен не в одном «маленьком теплом пруду», а во множестве небольших «луж», организованных наподобие сот. В таких условиях, как считает Кунин, в доклеточную эпоху образовались удивительные вирусоподобные генетические системы. Ученый отталкивается от того, что РНК-мир был поделен на отсеки, изолированные друг от друга таким образом, что молекулы РНК могли свободно рекомбинировать между собой в пределах одного отсека, но не могли смешиваться с молекулами РНК соседнего отсека. Рекомбинация и обмен генами происходили очень интенсивно. С одной стороны, РНК легче вступает в такие реакции, с другой стороны, нет никаких пространственных барьеров для рекомбинации молекул в пределах отсека. Эволюция шла значительно быстрее, пока не произошел переход к ДНК и не образовались замкнутые клетки.

Возникающие генетические системы использовали неорганические соединения из раствора и продукты деятельности других генетических систем. Сначала на них действовал индивидуальный отбор: выживали те РНК, которые могли, например, обеспечить собственное воспроизведение. Но со временем индивидуальный отбор должен был смениться своего рода популяционным отбором. Наличие в одном и том же отсеке одновременно молекул, способных эффективно копировать РНК, кодировать полезные белки и управлять синтезом предшественников, необходимых для построения новых молекул, давало выигрыш всему населению отсека. Произошло образование коммуны. И в такой коммуне неизбежно должны были появиться и тунеядцы: генетические элементы, которые паразитируют на других, ничего не предлагая взамен. Вот вам и настоящий вирус без всякого пока намека на клетку!

Тунеядцы могли быть очень опасны для коммуны. Если бы паразитический генетический элемент оказался достаточно бойким, он извел бы все ресурсы отсека на свою репликацию и тем самым прервал бы существование всех генетических систем своего отсека. После чего единственным способом выжить для паразита могло быть только заражение соседнего отсека. Скорее всего, начинающиеся подобным образом эпидемии должны были уничтожать «жизнь» в большинстве отсеков. Выжить в таких условиях могли или те отсеки, в которых паразиты вели себя скромнее, или те, в которых появилась бы система защиты от чужеродных генетических элементов. Вспомним идею Фортерра о том, что переход к ДНК в качестве носителя информации был способом защиты паразита от хозяина, — ее можно применить и к этой модели. Только в этом случае хозяином будет не клетка, а полезные члены коммуны.

В разных отсеках могли возникать самые разные паразитические генетические системы: одни могли быть полностью зависимыми от других участников коммуны, другие, возможно, приобретали собственные гены, повышающие эффективность размножения и распространения. Если тогда же появился белок оболочки, который давал паразиту явное преимущество, делая генетический материал более защищенным и повышая шанс заразить соседний отсек, то он мог быть позавидован всеми существовавшими паразитами. Теперь, окруженные оболочкой, они уже совсем стали напоминать вирусы. Возможно, именно поэтому большинство современных вирусов имеют общий мотив в строении белка оболочки. Мо-

дель, предложенная Куниным, объясняет и удивительное разнообразие вирусов — они могут происходить от разных типов паразитов, живших в то время.

В самое ядро

Поговорим еще об одном предполагаемом вмешательстве вирусов в эволюцию — теории вирусного происхождения ядра эукариот (вирусного эукариогенеза). Из трех доменов, о которых шла речь выше, только у эукариот ДНК находится в ядре. Два других домена относятся к прокариотам, то есть безъядерным организмам, чья ДНК располагается непосредственно в цитоплазме. Наличие ядра — далеко не единственное отличие эукариот от прокариот. В клетках эукариот имеются и другие обособленные структуры, каждая из которых выполняет определенную функцию: например, в митохондриях происходит синтез АТФ (аденозинтрифосфата), в эндоплазматическом ретикулуме — синтез белков, в хлоропластах растительной клетки — фотосинтез. ДНК эукариот представлена линейной, а не кольцевой молекулой, как в случае прокариот. Кроме того, эукариоты обладают внутренним скелетом, способны к фагоцитозу (захвату и перевариванию пищевых частиц из среды), митозу и мейозу — особым типам клеточного деления, и это далеко не все различия, которые можно перечислить. Разумеется, ученым любопытно, каким образом возникло каждое из них. Было предложено множество гипотез о том, откуда могли произойти компоненты эукариотической клетки, наиболее известная из которых — теория эндосимбиоза.

Теорию эндосимбиоза сформулировал в 1905 году русский ботаник Константин Мережковский. Опираясь на опыты Андреаса Шимпера, заметившего, что деление хлоропластов очень похоже на деление свободноживущих цианобактерий, Мережковский предположил, что растения произошли в результате симбиоза двух организмов. В 20-х годах была высказана подобная же гипотеза в отношении митохондрий. Тогда научная общественность восприняла обе эти идеи без энтузиазма. Но когда в 60-х годах было открыто, что хлоропласты и митохондрии содержат собственную ДНК, теория эндосимбиоза пережила второе рождение. Во многом это произошло благодаря труду и настойчивости американской исследовательницы Линн Маргулис, которая развивала представления о симбиотическом происхождении органелл, несмотря на жесткую критику со стороны других ученых (одна из ее статей была пятнадцать раз отвергнута редакциями научных журналов). Настоящее признание теория эндосимбиоза получила в 80-х годах после того, как было установлено, что геном митохондрий устроен подобно прокариотическому, а не эукариотическому. Это убедило большинство ученых, и сегодня теория эндосимбиоза является общепризнанной.

Этот пример показывает, сколько времени и усилий требуется для признания гипотезы, описывающей события, которые происходили миллиарды лет назад. Ведь в этом случае трудно предъявить какое-нибудь неоспоримое доказательство. Должны были пройти десятки лет, прежде чем появились методы, с помощью которых теория симбиогенеза получила убедительное, но, заметим, опять же косвенное подтверждение.

В вопросах происхождения клеточного ядра ученым пока не удалось достигнуть согласия. Наиболее популярна идея симбиоза двух клеток, архей и бактерий, но раз уж мы взялись за изучение возможной роли вирусов в истории, подробнее остановимся на появившейся в последнее десятилетие теории вирусного эукариогенеза.

В 2001 году с разницей в несколько месяцев были опубликованы две статьи, посвященные рассмотрению теории вирусного происхождения клеточного ядра. Масахару Такемура из университета Нагоя и Филип Джон Ливингстон Белл из университета Макуори заметили, что крупные ДНК-содержащие вирусы, такие, как, например, вирус оспы, имеют много общего с ядром клетки. Вирусы такого типа окружены мембраной, их ДНК имеет линейную форму, характерную также для ядерной ДНК



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

(в митохондриях и хлоропластах ДНК кольцевая). Молекулы РНК, используемые в качестве матрицы для синтеза белка (матричные РНК, мРНК), как у осподобных вирусов, так и у клетки определенным образом модифицированы с тем, чтобы повысить их стабильность и эффективность синтеза белка.

В предлагаемой теории древний вирус, напоминая вирус оспы, заразил древнюю безъядерную клетку. Допустим, этот вирус обладал способностью какое-то время существовать внутри клетки, не убивая ее. При этом клетки продолжают жить и делиться, передавая вирус всему потомству. Вирус мог в какой-то момент полностью осесть в клетке, прекратить попытки выбраться наружу, уничтожив ее. Такой оседлый вирус действительно чем-то сходен с ядром. И если вирусные мРНК были лучшими матрицами, то клетке было бы выгодно постепенно перевести все свои гены на вирусную основу. Белл также полагает, что эукариоты обязаны вирусам и появлением митоза и мейоза, возникшим как способ контролировать число копий вируса в клетке на постоянном уровне.

Эту идею развивает французский вирусолог Жан-Мишель Клавери, который считает, что вирусы дали начало ядру, а ядро — вирусам. Клавери полагает, что, пока память о вирусном происхождении ядер еще не была утрачена, возможно, ядра могли покидать клетку и возвращаться к свободной жизни, унося с собой часть клеточных генов, которые уже могли перейти на вирусную хромосому. Каждое такое событие давало начало новой группе вирусов и способствовало тасованию клеточных и вирусных генов.

Как и все вирусологи, упомянутые в этой статье, Клавери уверен в том, что роль вирусов в эволюции недооценена: «Биологам пора перестать смотреть на вирусы как на случайные скопления генов. Мы задолжали этим господам признание выдающейся родословной».

Говоря о гипотезе Патрика Фортерра, Карл Вёзе, один из ведущих исследователей в данной области, замечает, что, возможно, не так и важно, прав Фортерр или нет, — важно, что он двигается в верном направлении. Несомненно, накопление сведений о геномах вирусов и их тщательный анализ внесет коррективы в существующие сегодня модели, но сама идея рассматривать вирусы в качестве активных участников истории возникновения жизни кажется правильной. Хотим мы того или нет, но вирусы существуют и, вероятно, будут существовать столько же, сколько жизнь на Земле, поэтому игнорировать их присутствие невозможно ни на каком этапе эволюции.

Подробнее о роли вирусов в происхождении клетки можно прочитать в статьях:

Forterre P. Three RNA cells for ribosomal lineages and three DNA viruses to replicate their genomes: A hypothesis for the origin of cellular domain. *PNAS* 2006, **103**: 3669–3674.

Koonin E.V., Senkevich T.G., Dolja V.V. The ancient Virus World and evolution of cells. *Biol Direct* 2006, **1**:29.

Bell P.J.L. Sex and the eukaryotic cell cycle is consistent with a viral ancestry for the eukaryotic nucleus. *J Theor Biol* 2006, **243**:54–63.

Claverie J.M. Viruses take center stage in cellular evolution. *Genome Biol* 2006, **7**:110.

Zimmer C. Did DNA Come From Viruses? *Science* 2006, **312**: 870–872.

Siebert C. Unintelligent Design. *Discover* 2006, 3.



Шапочка-опухоль золотой рыбки

Опухоли, гены и эволюция

Доктор биологических наук
А.П.Козлов,
Биомедицинский центр,
Санкт-Петербург

В 1972 году, после окончания Ленинградского государственного университета, поступив в аспирантуру НИИ онкологии, я прочел «Руководство по общей онкологии», изданное под редакцией выдающегося ученого Н.Н.Петрова. Одна из глав этой книги была посвящена сравнительной онкологии. Я помню, как был поражен тем, насколько широко распространены опухоли. В университете, славящемся своей эволюционной школой, нам об этом не рассказывали.

Опухоли повсюду

В 1802 году одно из научных обществ Эдинбурга впервые сформулировало вопрос: «Встречаются ли у примитивных организмов заболевания, напоминающие рак у человека?» После 1838 года, когда немецкий физиолог Иоганн Мюллер установил, что опухоли человека состоят из клеток, основным инструментом в повседневной клинической диагностике злокачественных новообразований стала микроскопия. До конца XIX века исследователи микроскопически идентифицировали опухоли у домашних животных, рыб и моллюсков, то есть в первую очередь у организмов, имеющих хозяйственное значение для человека.

В XX веке опухоли или опухолеподобные процессы нашли практически у всех многоклеточных организмов, в том числе у беспозвоночных, и даже у гадрозавров, обитавших в меловом периоде. (У других семейств динозавров опухолей пока не обнаружили. Возможно, различные группы динозавров имели разную предрасположенность к новообразованиям.) Вообще, чем выше организация животных, тем чаще у них возникают опухоли. Например, у насекомых они встречаются чаще, чем у всех более низкоорганизованных беспозвоночных, у позвоночных чаще, чем у низших хордовых (оболочников и ланцетников), а у костистых рыб чаще, чем у хрящевых. Опухоли беспозвоночных и низших позвоночных отличаются от опухолей млекопитающих. Так, новообразова-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ния рыб, как правило, менее агрессивны, более дифференцированы и реже метастазируют. У рыб и тритонов описаны сезонные опухоли с полной регрессией – феномен, неизвестный у млекопитающих.

Опухоли не редкость и у растений. Их вызывают самые разные факторы внешней среды (например, облучение или ранения) или патогены (бактерии, вирусы, простейшие). Большую группу опухолей растений составляют спонтанные новообразования генетической природы.

Примером растительных опухолей могут служить так называемые корончатые галлы, возникающие под влиянием опухолеобразующих бактерий *Agrobacterium tumefaciens*. Исследования последних десятилетий показали, что *A. tumefaciens* трансформирует клетки растений фрагментом ДНК (Т-DNA, transferred DNA) большой Тi-плазмиды (tumor inducing plasmid). Т-ДНК включает растительные онкогены, продукты которых, ауксины и цитокины, стимулируют деление клеток и образование опухоли. Кроме того, Т-ДНК содержит ген, кодирующий фермент синтеза опинов — производных аминокислот, которые бактерии (но не растение) используют в качестве источника углерода, азота и энергии. Сильно пораженные растения становятся чахлыми, мелкими и непродуктивными. Таким образом, корончатые галлы представляют собой настоящую инфекционную опухолевую патологию у растений и по своей природе близки к истинным опухолям животных.

Систематизировав и обобщив множество наблюдений и экспериментальных фактов, сравнительная онкология сформулировала представление о широкой распространенности опухолей у многоклеточных организмов, включая беспозвоночных и растения. Поэтому опухоли вполне могут играть какую-то роль в эволюции многоклеточных.

В этой статье мы рассмотрим свидетельства в пользу возможной положительной роли опухолей в эволюции, в том числе наши собственные экспериментальные данные, полученные в Биомедицинском центре. При этом вслед за Н.Н.Петровым мы будем рассматривать не отдельные формы злокачественных опухолей, а все виды избыточного клеточного роста у многоклеточных организмов, включая опухолеподобные процессы у беспозвоночных и растений, доброкачественные опухоли и опухоли на ранних стадиях прогрессии.

Опухоли — эволюции

Многие опухоли и полученные из них клеточные линии продуцируют белки, нехарактерные для тканей или клеточных типов, из которых произошли эти опухоли.

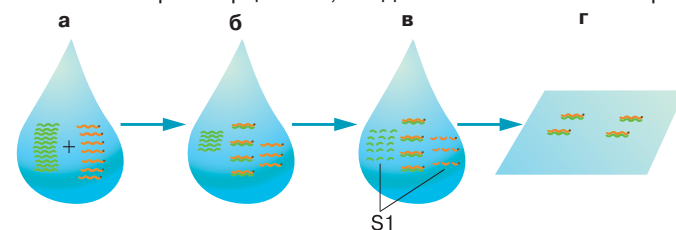
В конце 1980 — начале 1990-х годов мы попробовали определить максимальное число генов, которые экспрессируются в нормальных клетках организма и только в опухолях. (Эксперименты выполнены в сотрудничестве с доктором биологических наук В.И.Евтушенко и профессором К.П.Хансоном.) В этих работах мы использовали насыщающую молекулярную гибридизацию смеси РНК, выделенной из 12 орга-

нов крысы и из эмбрионов крысы на трех стадиях развития («суммарная РНК»). Зондом служила неповторяющаяся ДНК из печени крыс, меченная радиоактивным йодом. (С неповторяющейся ДНК связано большинство структурных генов.)

В результате экспериментов, схема которых приведена на рисунке, мы определили, что в нормальной клетке экспрессируется примерно 55–56% генома, а в опухолевых клетках дополнительно работают несколько сотен или тысяч генов, которые «молчат» в нормальных тканях, в том числе эмбриональных. Следовательно, в клетках опухоли идет активный синтез белков и нуклеиновых кислот, что могло сыграть важную роль в эволюции.

Другое эволюционно важное свойство опухолевых клеток — их способность к дифференцировке с одновременной потерей злокачественности.

В 70-х годах XX века ученые из разных стран установили, что диметилсульфоксид, добавленный в культуру опухолевых клеток, вызывает их дифференцировку. Аналогично действует на некоторые мышинные миелоидные клеточные линии фактор CSF, вызывающий образование колоний. В 1975 году Беатриса Минц (США) и Карл Ильмензее (Швейцария) установили, что клетки тератокарциномы, введенные в мышиный эмбри-



Вот так делают насыщающую молекулярную гибридизацию: а — в растворе смешивают избыточное количество РНК опухолевой или нормальной тканей и фрагменты радиоактивно меченной ДНК (с точкой); б — при длительной инкубации гомологичные РНК и ДНК связываются друг с другом, образуя гибридные двухцепочечные молекулы (дууплексы); в — РНК и ДНК, которые не образовали дууплексов, разрушают нуклеазой S1, расщепляющей только односторонние нуклеиновые кислоты; г — дууплексы ДНК-РНК сорбируют на специальных фильтрах, после чего по соотношению исходного количества метки и метки, оставшейся на фильтре, оценивают, какая часть генома транскрибируется

он на стадии бластулы, утрачивают злокачественность и участвуют в образовании нормальных тканей. В результате получаются нормальные генетически мозаичные мыши. Таким образом, даже клетки опухолей млекопитающих способны к дифференцировке с утратой злокачественности. Что касается опухолей беспозвоночных и низших позвоночных, то они изначально более дифференцированы и менее злокачественны, чем у млекопитающих

Способность опухолевых клеток дифференцироваться в различных направлениях вместе с утратой злокачественности и активация в опухолях генов, которые не экспрессируются в нормальных тканях, но присутствуют в геноме, в том числе эволюционно новых генов, теоретически может приводить к возникновению эволюционно новых типов клеток.

Положительная роль патологий

До настоящего времени в науке господствует представление, что патологические процессы не могут играть положительную роль в эволюции. Но это не так. Наука знает примеры патологий и патогенов, имеющих приспособительное и/или положительное эволюционное значение. Например, эволюции могут способствовать вирусы, переносящие гены между организмами разных видов.

Другой пример адаптивной молекулярной патологии — признак серповидноклеточности эритроцитов, связанный с не-

которой устойчивостью к малярийному плазмодию *Plasmodium falciparum*. Эта болезнь вызвана альтернативной формой гемоглобина А, HbS. Эритроциты, содержащие такой гемоглобин, имеют серповидную форму, что приводит к повышению вязкости крови, замедлению кровотока и застою крови в капиллярах. Анемия, отечность, гемолиз, воспаление — вот неполный перечень симптомов серповидноклеточной анемии. Однако в районах с высокой распространенностью малярии частота мутантного аллеля HbS выше, поскольку гетерозиготные носители этого аллеля менее восприимчивы к малярии. Вообще, эволюция невозможна без мутационного процесса, хотя значительная часть мутаций (если не большинство) вредна для индивидуальных организмов.

Мутационный процесс имеет две стороны. Он приводит к нарушениям в сбалансированных молекулярных механизмах и работает как генератор разнообразных болезней, но он же поставляет новый генетический материал для отбора.

Все сказанное о мутациях справедливо и для опухолей. Хотя развитие опухоли вредно для индивидуальных организмов, но оно обеспечивает избыточные массы клеток с высоким уровнем биосинтеза, из которых в ходе эволюции иногда могут возникать новые клеточные типы.

Полезные опухоли

Бактерии рода *Rhizobium* вызывают на корнях бобовых опухоли — азотфиксирующие клубеньки. Населяющие их бактерии фиксируют азот, используемый самим растением, поэтому опухоль фактически превратилась в новый орган с регулируемой функцией. Существенное отличие клубеньков от обсуждавшихся выше опухолей, вызываемых *A.tumefaciens*, заключается в том, что опухоли, вызываемые агробактериями, полезны только самим бактериям, а растению вредны.

Для фиксации азота необходим леггемоглобин, который составляет около 40% растворимых белков клубеньков и кодируется геном растения. Ученые предполагают, что ген леггемоглобина — результат дубликации и последующей дивергенции гена, кодирующего несимбиотический гемоглобин, и для бобовых относительно нов.

Следующий пример роли опухолей, реализовавшихся в эволюции, можно найти у рыб рода *Xiphophorus*, известных аквариумистам как меченосцы. По бокам тела и на спинном плавнике у них расположены темные маскировочные пятна, которые представляют собой гигантские меланоциты. В потомстве, полученном при скрещивании *X. maculatus* и *X.helleri*, у некоторых рыбок возникают меланомы. Феномен развития опухоли объяснили немецкие ученые Мульх Ахунджа и Фриц Андерс. Схема их эксперимента приведена на рисунке. Оказалось, что на половой хромосоме *X. maculatus* расположен «опухолевый локус» *Tu*, а на аутосоме — регуляторный локус *R*, подавляющий активность опухолевого гена. У *X.helleri* отсутствуют как *Tu*, так и *R*, поэтому при межвидовом скрещивании гибриды имеют только одну копию гена *R*, что приводит к усилению экспрессии генов *Tu* и увеличению размеров темных пятен на теле у рыб. А при скрещивании гибридных самок с самцами *X.helleri* у части по-

томков ген *R* вообще отсутствует, и при наличии локуса *Tu* развивается злокачественная меланома.

Мы предполагаем, что в эволюции сначала появилась популяция рыб с локусом *Tu* и высокой предрасположенностью к развитию меланом. После этого мог возникнуть ген *R*, который блокировал развитие меланом, и это в конечном счете привело к появлению полезного для рыбы признака — маскировочных пятен (макромеланофор).

Позднее оказалось, что локус *Tu* включает два тесно сцепленных гена: *Mdl*, определяющий различные типы пигментирования, которые связаны с макромеланофорами (*Mdl* — *macromelanophore determining locus*), и онкоген *Xmrk*. Оба гена относительно новы и возникли незадолго до появления рода *Xiphophorus* (5–6 миллионов лет назад). Самки *Xiphophorus maculatus* предпочитают самцов с увеличенной экспрессией меланина, связанной с присутствием онкогена *Xmrk*. Макромеланофоры у *X. maculatus* представляют собой меланому, стабилизировавшуюся в результате удачной комбинации онкогена, гена-супрессора и определяющего пигментацию гена *Mdl*. Благодаря этой комбинации половой отбор поддерживает присутствие онкогена в популяции.

Мы можем также привести пример искусственного отбора доброкачественной опухоли у золотых рыбок *Carassius auratus* var. *oranda*. Их декоративная «шапочка» представляет собой папиллому (по личному сообщению М.А.Забезжинского), но рыбки, обладающие этим признаком, успешно размножились благодаря искусственному отбору.

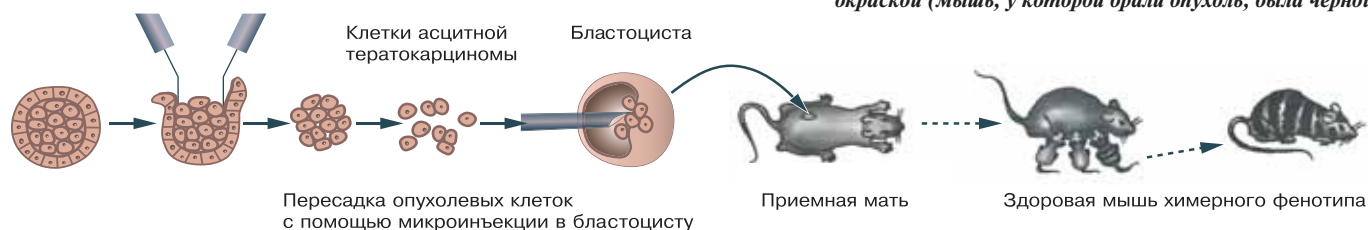
Нужны новые концепции!

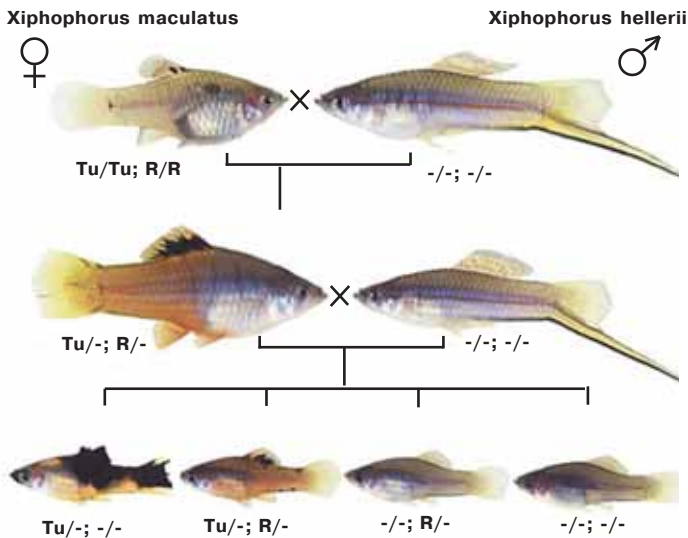
Еще одной книгой, существенно повлиявшей на развитие моих представлений о возможной эволюционной роли опухолей, стала книга Сусуму Оно «Эволюция путем дубликации генов». Изложенные в ней представления о возникновении новых генов из избыточных копий предковых генов, ускользающих из-под контроля естественного отбора, до сих пор господствуют в теории молекулярной эволюции. А такими избыточными клеточными массами могут быть только опухоли.

В ходе эволюции генома постоянно возникают новые гены, но где им проявить себя? Уже имеющиеся ткани для этого не подходят. Число клеточных делений в этих тканях ограничено, и они не могут снабжать эволюционирующие организмы избытком клеток, да и задачи у них другие. В дифференцированных тканях уже установлен баланс между существующими генами, поэтому «новички» там обычно молчат. Для экспрессии «спящих» и/или эволюционно новых генов, возникших в процессе эволюции генома в клетках зародышевой плазмы (но не в клетках опухолей), организму необходим некий «полигон», на роль которого идеально подходит опухоль.

В тех случаях, когда экспрессия нового гена в клетках опухоли приводила к возникновению новой функции, одновременно возникали новые обратные связи, регулирующие его

Опыты Минц и Ильмензее. Пересадка опухолевых клеток в эмбрион здоровой мыши приводит к их трансдифференцировке в нормальные. При этом развиваются химерные мыши с характерной мозаичной окраской (мышь, у которой брали опухоль, была черной)





Меланома у меченосцев развивается только в том случае, если рыбка имеет хотя бы одну копию гена Tu, но ни одной копии гена R (пояснения в тексте). Поэтому при межвидовом скрещивании, показанном на схеме, в третьем поколении у четверти особей появляются меланомы

деятельность. Клетки опухоли дифференцировались и давали начало новому для данного вида многоклеточных организмов типу клеток, который наследовался благодаря эпигеномным механизмам, как и предшествовавшие типы клеток. Схема этого процесса показана на рисунке.

Популяции организмов-опухоленосителей, у которых опухоли были генетически или эпигенетически детерминированы, могли представлять собой переходные формы между видами организмов, находящихся на разных ступенях прогрессивной эволюции. Примером такого рода популяций опухоленосителей служат упомянутые выше гадрозавры.

В определенные периоды филогенеза дифференцировка опухолевых клеток в популяциях опухоленосителей должна была происходить достаточно часто, чтобы давать популяции организмов с новым типом клеток. Эти организмы затем проходили отбор на конкурентоспособность и приспособленность, как мы видим у рыб рода *Xiphophorus*.

Новые типы клеток могли принимать участие в образовании новых тканей и органов, например клубеньков бобовых или костных разрастаний на головах гадрозавров, с помощью которых они, как принято считать, издавали различные звуки.

У млекопитающих насчитывают от 200 до 500 специализированных типов клеток. Так что если опухоли действительно играли роль в происхождении новых клеточных типов, то происходило это достаточно редко.

Итак, в соответствии с концепцией эволюционной роли опухолей они предоставляют условия для экспрессии эволюционно новых и/или спящих генов, которые не экспрессируются в нормальных клетках и потому не подвержены в них действию естественного отбора и не имеют функции. Изменение этих последовательностей ДНК в зародышевых клетках и их экспрессия в опухолях могут привести к возникновению гена с новой функцией, что в свою очередь вызовет дифференцировку опухолевых клеток в соматические клетки нового типа. Очень важно то обстоятельство, что для возникновения нового гена и новой функции недостаточно только эволюции последовательности на уровне ДНК. Необходимо также ее экспрессия и отбор на новую функцию на уровне РНК и /или белка, который должен начаться в определенный момент эволюции новой последовательности.

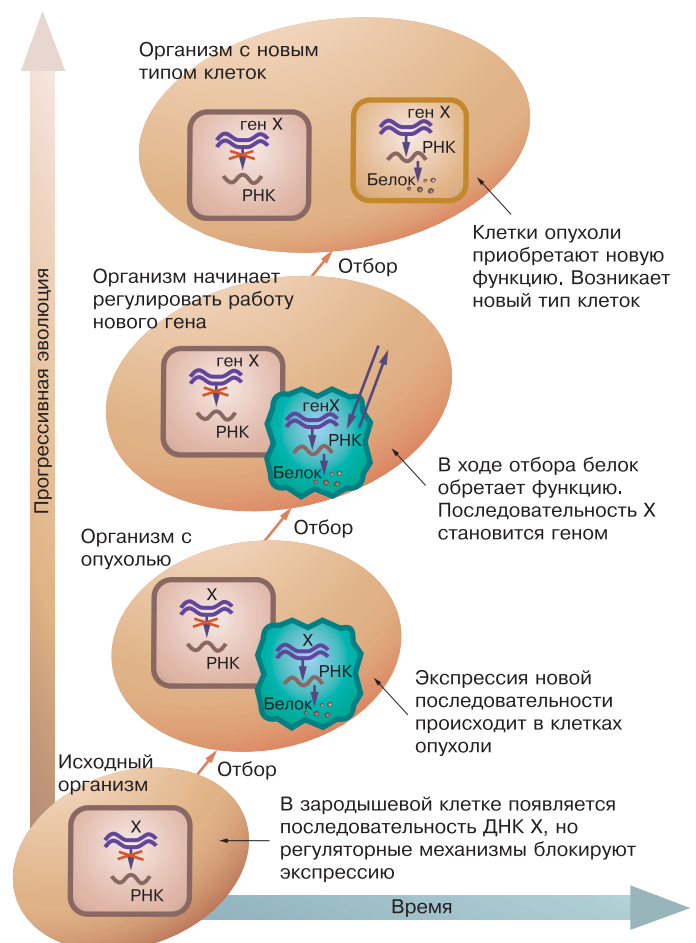


Предсказания и их подтверждение

Концепция эволюционной роли опухолей позволяет выдвигать экспериментально проверяемые гипотезы. Так, мы предположили, что в опухолях должно экспрессироваться много последовательностей, которые не проявляют себя ни в каких нормальных типах клеток, причем последовательности эти либо эволюционно новые, либо ранее молчащие, и что в опухолевых клетках происходит отбор на новые функции. Начиная с 1980-х годов мы работали над экспериментальным подтверждением этих гипотез и показали, что в опухолях млекопитающих экспрессируются последовательности, не экспрессирующиеся ни в одной экспериментально доступной нормальной ткани.

Но к концу 1990-х годов в базах данных появилось множество новых последовательностей ДНК из самых разнообраз-

Возможно, опухоль — это колыбель нового типа клеток





ных нормальных и опухолевых тканей. Мы решили провести глобальное сравнение всех известных последовательностей, которые экспрессируются в опухолевых и нормальных тканях. По существу, мы повторяли эксперименты с «суммарным» препаратами РНК, но на более высоком методическом уровне.

Чтобы выявить гены, которые экспрессируются только в опухолевых тканях, мы провели компьютерный анализ последовательностей и действительно обнаружили десятки таких генов, то есть результаты были сходны с теми, которые мы получили ранее методом молекулярной гибридизации. Среди выявленных генов есть несколько уже известных опухолевых маркеров — это служит своеобразным внутренним контролем, подтверждающим, что компьютерный подход «работает». Около половины найденных последовательностей не имеют известной функции. Один из специфических белков оказался перспективным иммуногеном для создания противоопухолевой вакцины. В дальнейшем мы неоднократно повторяли сравнение нормальных и опухолевых последовательностей, используя новые данные и усовершенствованные программы, просмотрели в итоге более 7 млн. последовательностей и подтвердили полученные результаты.

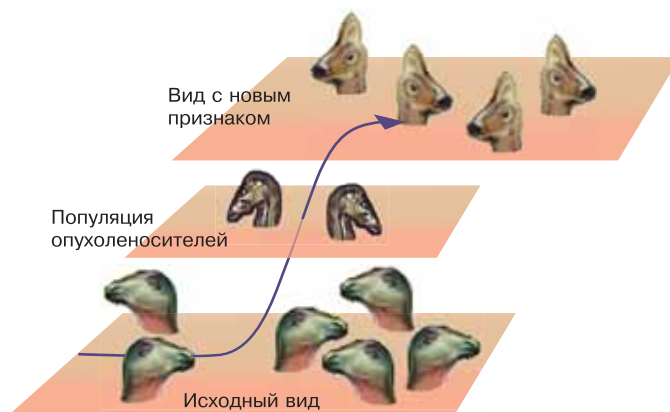
Насколько эволюционно новы обнаруженные нами опухолеспецифические последовательности? Среди первых девяти изученных новыми оказались шесть: две из них возникают у человека, одна — у приматов, а три другие найдены только у млекопитающих и эволюционируют нейтрально, о чем свидетельствуют высокая скорость нуклеотидных замен и отсутствие консервативных фрагментов в их составе.

Затем мы применили противоположный подход — исследование опухолевой специфичности генов, о которых известно, что они эволюционно новые. В настоящее время, когда полностью секвенированы геномы многих видов организмов, такие гены можно обнаружить. И первый же изученный нами ген (*PBOV1*, prostate and breast cancer overexpressed 1), эволюционно новый для человека, оказался абсолютно опухолеспецифичным — он экспрессировался в 20 опухолях различной локализации и ни в одной из 19 нормальных тканей!

Таким образом, предположение об экспрессии эволюционно новых и/или спящих последовательностей в опухоли получило экспериментальное подтверждение.

Объяснение парадоксов

Совсем недавно ученые из разных зарубежных лабораторий получили данные о скорости эволюции некоторых опухолеспецифических генов у разных видов млекопитающих, включая приматов. Для этого последовательности опухолеспецифических генов человека сравнивали с последовательностями аналогичных генов приматов и мыши. Оказалось, что скорость эволюции таких генов выше, чем у нормальных тканеспецифических генов, что свидетельствует об отборе на новую функцию. Эти данные можно рассматривать как прямое свидетельство в пользу нашей концепции. Действительно, если эволюционно новый ген экспрессируется в опухоли



Популяция носителей опухоли — переходная форма между двумя видами, стоящими на разных ступенях прогрессивной эволюции

или нейтральная последовательность приобретает функцию и становится эволюционно новым геном, должен иметь место отбор на усиление новой функции, который связан с более высокой скоростью замен в нуклеотидной последовательности. Именно это и было обнаружено в упоминавшихся работах. Следует подчеркнуть, что речь идет об эволюции организмов, а не об эволюции злокачественных клеток опухоли. Парадокс позитивной селекции опухолеспецифических генов в эволюции организмов нельзя объяснить иначе, как допустив позитивную роль опухолей в эволюции.

Рассмотренные выше бобово-ризобиальный симбиоз и маскировочные пятна у рыб рода *Xiphophorus* также связаны с экспрессией в опухолях эволюционно новых для организма генов, которая сопровождалась приобретением функции и утратой автономности опухолевыми клетками. Список подобных примеров можно продолжить.

Новые парадигмы — новые технологии

Итак, мы видим, что опухоли в ряде случаев могли играть роль в эволюции, снабжая многоклеточные организмы избыточными клеточными массами для экспрессии новых генов. Популяции организмов-опухоленосителей, возможно, служили переходными формами между разными видами, которые отличаются количеством типов клеток.

Концепция возможной эволюционной роли опухолей позволяет объяснить механизмы возникновения новых типов клеток у многоклеточных, что до последнего времени упрощенно сводили только к появлению новых генов. Она также объясняет парадокс позитивной селекции множества опухолеспецифических генов в ряду млекопитающих и приматов, необъяснимый другим путем. Она позволяет формулировать нетривиальные предсказания, планировать эксперименты по их подтверждению и получать оригинальные результаты.

Концепция эволюционной роли опухолей, как всякая новая парадигма, значительно расширяет наши представления о природе опухолей и о возможностях влияния на опухолевые процессы. Из нее следует, что в области лечения и профилактики онкологических заболеваний следует больше внимания уделять подходам, связанным с возможностью дифференцировки опухолевых клеток и их включения в функциональные сети организма; что следует искать эволюционно новые опухолеспецифические гены как возможные мишени терапевтических и/или профилактических воздействий, а также использовать их в молекулярной диагностике.



ДВАДЦАТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

SoftTool

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

27-30 ОКТЯБРЯ 2009 ГОДА

ВТОРАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПЕРЕДОВЫХ РОССИЙСКИХ РАЗРАБОТОК, ПРОДУКТОВ И УСЛУГ

«ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА»

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

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

«СИТОР 2009»



МОСКВА • ВВЦ • ПАВИЛЬОН 69

ВОСЬМАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ВЫСТАВКА
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



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

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

В конце июня в Москве прошла Международная конференция «Возрастная физиология», приуроченная к 65-летию Института возрастной физиологии РАО. На нее приехали известные ученые из США и Европы, а также более 80 российских физиологов, представляющих педагогические и психологические факультеты институтов из самых разных регионов. Доклад директора Института возрастной физиологии Марьяны Михайловны Безруких, открывший конференцию, вызвал бурную реакцию коллег – его сопровождали громкие овации.



02008

Почему в три года ребенок не читает



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Академик РАО,
профессор,
доктор биологических наук
М.М.Безруких

Искусство воспитания имеет ту особенность, что почти всем оно кажется делом знакомым и понятным, а иным даже легким. И тем понятнее и легче кажется оно, чем меньше человек с ним знаком теоретически и практически.

К.Д.Ушинский

Великий ученый написал эти слова более 150 лет тому назад, когда возрастной физиологии как науки еще не существовало. Но они актуальны и сегодня. Чем меньше люди знают о том, как функционирует мозг ребенка, и понимают его возрастные особенности, тем легче они предлагают свои инновации в обучении и воспитании. Сегодня можно купить пособия «Чтение с года», «Иностранные языки с полугода», «Письмо с двух лет», «Раннее систематическое обучение с трех лет». Все это вполне укладывается в модные теории, пришедшие к нам с Запада лет пять назад (например, теория «закрытого окна»), согласно которым после трех лет учить ребенка уже поздно и до трех его нужно научить всему. Недавно я получила письмо от одной мамы: «Моему ребенку полтора года. Вокруг него развешаны слоги, но он еще не читает... Смешно? Скорее грустно.

Даже специалисты пока отнюдь не все знают о том, как работает мозг ребенка и как он познает мир. И все же кое-что уже хорошо известно. В Институте возрастной физиологии исследования в области физиологии и морфологии развития мозга проводятся более сорока лет. Поэтому мы многое можем сказать о том, как мозг развивается, на каких этапах он перестраивается, а в какие моменты наиболее чувствителен к воздействию благоприятных и неблагоприятных факторов. Очень важно донести наши результаты до педагогов и психологов, чтобы они могли на их основе выстроить новые технологии и методики обучения.

Современным педагогам катастрофически не хватает знаний по возрастной физиологии, и это их не вина, а беда. Дело в том, что курс возрастной физиологии в педагогических институтах и на психологических факультетах весьма краток, а многие стандарты образования, которым учителя вынуждены следовать, просто некорректны. То, что мы иногда встречаем в методических рекомендациях региональных вузов, не поддается описанию. Оказывается, «китайцам для формирования навыка письма вообще не нужно левое полушарие, а нашим детям не нужно правое...». В результате педагоги и родители ставят перед ребенком задачи каждый в меру своего разумения.

Сложность в том, что ребенок рождается с мозгом, работающим по принципу минимальной достаточности — он обеспечивает только жизненно важные функции. Вместе с тем с момента рождения, а по мнению многих специалистов, еще и до него, начинается процесс обучения. Под обучением мы понимаем весь комплекс внешних и внутренних воздействий — это и есть неперемное условие развития мозга. Сначала он просто реагирует, потом начинает устойчиво и преднамеренно действовать. Мозг эволюционирует при решении задач от «не умею, не знаю, не понимаю», к «умею, знаю, понимаю». Это очень долгий путь.

С одной стороны, обучение — необходимое условие развития мозга и познавательной деятельности. С другой, созревание мозга — необходимый фактор эффективного обучения. Может показаться, что в этом есть противоречие, однако на самом деле его нет. Весь вопрос только в том, чему и как учить ребенка в том или ином возрасте.

Педагоги и психологи любят цитировать высказывание Л.С.Выготского «обучение ведет за собой развитие». Этот тезис создает иллюзию, будто мы можем «привести» ребенка туда, куда хотим, то есть можем потребовать от него чего хотим и научить его чему нам хочется в любом возрасте. На самом деле Выготский сформулировал свою мысль несколько иначе: «Хорошее обучение (а это значит адекватное возраст-

ту обучение) ведет за собой развитие. Но обучать ребенка можно лишь тому, чему он способен обучаться». Вот это «чему способен» — и есть главный фактор, который, к сожалению, не всегда учитывают в практике.

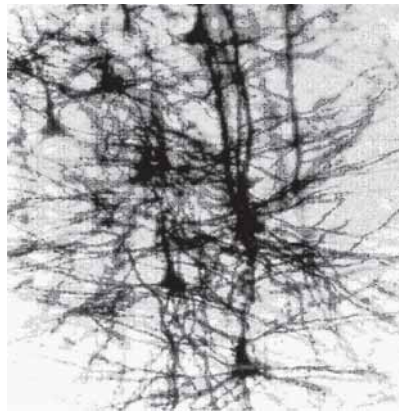
Сложные связи мозга

Чтобы понять, как функционирует мозг в целом, нужны междисциплинарные исследования. Надо изучить морфологию, физиологию, но вместе с тем и нейрофизиологические и психофизиологические особенности познавательной деятельности.

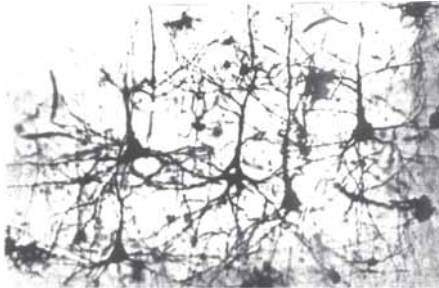
Все эти исследования развертывались в нашем институте постепенно. Начиналось с нейроморфологических и нейрофизиологических исследований мозга, а 20 лет назад к ним добавились нейропсихологические и психологические исследования познавательного развития. Мне бы хотелось подробно рассказать о двух аспектах — о созревании нейронного аппарата коры (то есть морфологической структуры мозга) и его функциональном развитии.

Созревание нейронного аппарата коры мы можем оценить по нескольким признакам: росту и дифференцировке нервных клеток, разветвленности (арборизации) дендритов, формированию прямых и обратных связей внутри и между колонками (группы нейронов с большим количеством вертикальных и горизонтальных связей), образованию более сложных нейронных группировок и изменению их структуры (рис. 1, 2). На рисунках наглядно видно, как по мере взросления ребенка увеличивается плотность нейронов и растет количество связей между ними. Все это обеспечивает лучшую активацию коры, проведение нервных импульсов и улучшает связи между разными зонами. Причем все параметры морфологического развития значительно изменяются в период от 5 до 8 лет. Этот возраст наиболее важен для развития ребенка, и к нему мы еще не раз вернемся.

Процесс нейроморфологического созревания коры идет до 20 лет, и на протяжении этого времени можно выделить несколько ключевых моментов. Самые



1
С возрастом растет разветвленность нейронов и меняется структура объединенных нервных клеток (1 год 4 мес. и 6 лет)



2
По мере взросления изменяется организация нейронных группировок во фронтальной ассоциативной коре (6 и 19 лет)

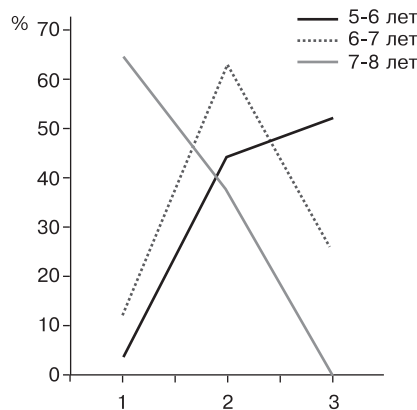
существенные преобразования морфологической структуры происходят на первом году жизни, потом в 3 года, 5—6 лет, 9—10 лет, 12—14 и 18—20 лет. И даже среди этих важных этапов возраст от 5 до 7 лет — ключевой в перестройке структуры коры мозга и его функциональной организации.

Теперь перейдем от структуры мозга к его функциональному развитию. О нем мы можем судить по изменению организации мозга в состоянии покоя (о созревании свидетельствует изменение корковой ритмики, прежде всего альфа-ритма) и по изменению мозговой организации познавательных процессов — того, как в это «вовлекаются» разные зоны коры. Исследования показали, что эволюция организации познавательных процессов начинается с локального вовлечения проекционных и ассоциативных зон коры, переходит в генерализованное (затрагивающее все зоны), а затем в избирательное вовлечение (участвуют только те зоны, взаимодействие которых необходимо). Но эта последовательность — от генерализованной к избирательной активации — формируется так же долго, как меняется морфологическая структура мозга.

Как связано созревание нейронного аппарата коры и изменение корковой ритмики? О зрелости коры свидетельствует регулярный модулированный ритм с частотой 8—10 Гц. У большинства детей в 5—6 лет он отсутствует, и только к 7—8 годам почти у 70% детей мы видим этот регулярный ритм 8—10 Гц (рис.

3). В этом возрасте происходит сложная перестройка всех регуляторных механизмов и самые существенные изменения в структуре нервной системы. Обратите, пожалуйста, внимание — опять тот самый ключевой возраст от 5 до 8 лет.

Путь, который проходит мозг ребенка — от локального включения зон коры к генерализованной активации и к дифференцированному включению разных зон коры, — можно проследить на примере зрительного восприятия.



3
Так распределяются различные варианты основного ритма электроэнцефалограммы у детей разного возраста (регулярный ритм свидетельствует о функциональном созревании):

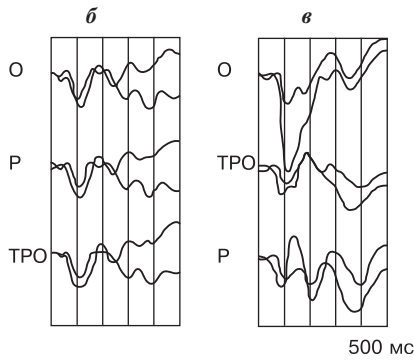
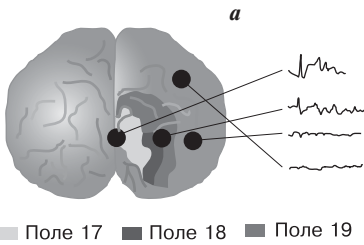
1 — регулярный модулированный ритм с частотой 8—10 Гц; 2 — дезорганизованный с частотой 8—10 Гц; 3 — нет основного ритма постоянной частоты (полиритмия)

Если проанализировать вызванные потенциалы определенных зон коры в процессе зрительного восприятия, то окажется, что у новорожденных детей регистрируются потенциалы только из одного поля зрительной коры (рис. 4а). За пределами этой зоны их нет, то есть в процесс вовлечены только локальные специфические зоны коры. По образному выражению И.М.Сеченова, «новорожденный видит, но видеть не умеет». Постепенно, с возрастом, ребенок получает большой зрительный опыт, он учится видеть. К 3—4 годам картина меняется — вызванные потенциалы регистрируются уже в разных корковых зонах, но они практически не отличаются между собой (рис. 4б), то есть мы видим генерализованную активацию. Это говорит о том, что процесс восприятия малоэффективен.

Только после 5 лет меняется характер зрительного восприятия, и ребенок уже может нормально решать задачи зрительного опознавания, выделяя значимые признаки. Однако это происходит все еще не так, как у взрослого. В 6—7 лет мы уже видим в разных зонах коры разные по характеру вызванные потенциалы (рис. 4в). Что очень важно — они разные на различные стимулы. Это говорит о том, что идет формирование избирательных систем обработки информации. Именно идет формирование, и не надо ждать, что при первом требовании мозг ребенкаотреагирует избирательно. Это долгий и системный процесс, причем особенности вовлечения разных зон коры зависят от сложности и новизны задачи. Например, если у ребенка в 7 и даже в 9 лет есть трудности с чтением или письмом, то мы отмечаем у него генерализованное вовлечение мозговых структур — это значит, что избирательная система обработки информации еще не сформировалась.

Фактически и нейронный аппарат коры, и регуляторные структуры мозга, обеспечивающие познавательную деятельность, созревают к 6—7 годам. Можно себе представить, что чувствует ребенок и каково ему, если в 3 года его начинают учить читать и писать.

Сегодня мы знаем, что познавательное развитие ребенка определяется созреванием нейронного аппарата коры, развитием и созреванием связей между ее областями, формированием специализации больших полушарий мозга. Я вовсе не имею в виду однополушарную деятельность, поскольку у ребенка практически нет видов деятельности, в которых преобладало бы одно или другое полушарие. Мозг функционирует как единое целое, поэтому все представления о том, что мы можем учить



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

4
Развитие зрительного восприятия у детей (O — затылок, P — темя, TPO — височно-теменнозатылочная часть):
а — у новорожденных вызванные потенциалы регистрируются только в 17-м поле и немного в 18-м; б — у детей 3–4 лет вызванные потенциалы одинаковы во всех зонах коры, причем на разные стимулы; в — у детей 6–7 лет те же самые зоны на разные стимулы откликаются по-разному

ребенка, ориентируясь на деятельность одного из двух полушарий и приписываемые ему функции, некорректны.

Внимание

Это один из важнейших показателей познавательного развития ребенка. Опираясь на исследования, проведенные в нашем и других институтах, мы попытались выделить этапы развития внимания от рождения до 9–10 лет. В первом полугодии жизни внимание — это ориентировочная реакция, то есть фактически открытое внимание, в основном зрительное. От 3 до 6 месяцев появляется скрытое внимание, которое формируется с появлением двусторонних движений глаз. Ребенок фиксирует внимание на определенном объекте, в деятельности включаются новые структуры мозга. Во втором полугодии формируется способность удерживать внимание на чем-то эмоционально важном по инструкции взрослого, и постепенно в его организацию задействуются лимбические структуры.

От года до 3 лет появляется способность к устойчивому вниманию по инструкции взрослого, которая поддерживается эмоциональной привлекательностью, но в этом возрасте оно еще крайне неустойчиво и ребенок отвлекается на любой стимул. С 3 до 6 лет развивается устойчивое познавательное внимание, увеличиваются его объем и количество выделяемых признаков. И наконец, в наш любимый период от 6 до 8 лет формируются механизмы произвольного избирательного внимания, которое вытесняет эмоционально произвольное. Разброс очень большой: у некоторых эти механизмы созревают лишь к 8 годам, но есть дети (их немного), способные к устойчивому познавательному внима-

нию уже в 6 лет. Это очень важно, поскольку без избирательного внимания невозможно получить нормальный результат при обучении.

Наконец, от 6 к 10 годам совершенствуются механизмы избирательного внимания и организации деятельности. В 9—10 лет ребенок уже может произвольно, целенаправленно действовать и сам формулировать цель. Но когда он приходит в школу в 6 лет, его внимание еще произвольное и эмоциональное. Поэтому мы не должны его ругать и требовать результатов — необходимо создать ему условия для учебы.

Логичен вопрос: так что же, не нужно ничему учить до 7 лет? Нет, конечно, нужно! Вопрос в том, как это делается. Сегодня у нас в детском саду дети сидят по 40 минут на уроках письма, чтения и математики — это никуда не годится. На этом этапе наибольший эффект дают разнообразные игры — те, которые развивают речь, внимание, память, моторику. Это разумно организованные игры, учитывающие возможности и индивидуальные особенности. Но и играть можно по-разному — к примеру, посадите ребенка за письменный стол и скажите «будем играть», — через десять минут он ничего не захочет. А можно, читая любимую сказку, пополнять запас слов, учить задавать вопросы и отвечать на них, запоминать, сравнивать и т. п.

Очень важное направление исследований нашего института — изучение состояния регуляторных структур мозга. Мы прекрасно понимаем, что внимание, которое регулирует и контролирует деятельность, не может быть эффективным без определенной степени созревания регуляторных структур. Степень их зрелости можно оценить по определенным характеристикам энцефалограммы мозга (нейрофизиологические исследования).

Если мы сравним детей без трудностей и с трудностями в обучении, то исследования ЭЭГ покажут, что у последних замедлен процесс созревания регуляторных структур. Поэтому дети не понимают инструкции, отвлекаются, не могут спланировать свои действия или

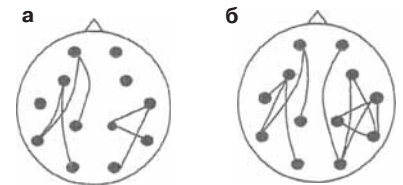
корректировать их по ходу выполнения задания. Все эти показатели деятельности (избирательную регуляцию, программирование и контроль) изучали в другом — нейропсихологическом исследовании. Это специальная система заданий и тестов, по результатам которых также можно судить о зрелости механизмов регуляции. Нейропсихологические и нейрофизиологические исследования дополняют друг друга и дают нам более полную картину.

У большинства детей 5—6 лет регуляторные структуры еще незрелы, но к 6—7 годам количество таких детей уменьшается, и мы видим резкий скачок к 7—8 годам. Однако у детей с проблемами в обучении мы по-прежнему наблюдаем незрелость регуляторных структур мозга, что и есть основная причина школьных трудностей.

Читать и писать

Вернемся к сложным задачам — чтению и письму. Здесь опять надо вспомнить, о чем мы говорили выше: избирательное (дифференцированное) вовлечение структур мозга в разную деятельность формируется постепенно, и только к 7—8 годам генерализованная активация сменяется избирательной. Этот процесс продолжается и в 9—10 лет.

У нас есть наглядные примеры (рис. 5), когда в 10 лет у ребенка при составлении слова из букв уже наблюдается специализированное вовлечение речевых



5
Так сформированы связи между разными участками мозга у хорошо (а) и плохо читающих детей. У первых — избирательное включение правого и левого полушария, а у вторых — генерализованное

зон левого полушария, и все же зрелый тип еще не сформирован. А ведь это непростая задача — составить слово из букв и отнести его к определенному



классу. Такую задачу педагоги дают ребенку в 6 лет, но даже и для 10 лет она не столь проста, как кажется.

В основе чтения – выделение и различение буквенных знаков. Если ребенок не может этого сделать, то ему будет трудно учиться читать. Мы исследовали функциональную организацию мозга у детей 6–7 лет, давая им зрительные задания разной степени сложности (выделение фигур из «шума»). И при более простом, и при более сложном задании мы получаем генерализованную активацию мозга, а она избыточна. Как следствие – ребенок будет действовать неэффективно и с сильным напряжением. Это доказывает, что зрительное выделение очень сложно для детей 6–7 лет.

Мы начинаем учить детей читать довольно рано. Еще 30 лет назад это делали в 7–8 лет, 20 лет назад – в 6,5 лет, а сегодня учим уже в 4–5 лет. У ребенка только формируется произвольная организация деятельности, он учится концентрировать внимание (вспомним, сколько участков мозга вовлечены в этот процесс), развиваются рабочая память, координация движений, зрительное восприятие, зрительный контроль и коррекция, зрительная память, нервно-мышечная интеграция и т. д. Все эти процессы очень сложны (рис. 6), поэтому ожидать, что навыки письма и чтения сформируются быстро и эффективно, невозможно. Но сегодня обучение настолько интенсифицировано, что это надо успеть сделать за несколько месяцев.

Формирование навыка письма – самый сложный и длительный процесс. Он формируется три-четыре года, а иногда этого не происходит вообще: вместо букв получаются каракули, а количество ошибок огромно. Наши исследования показали, что на первом этапе обучения ребенок пишет каждый элемент буквы отдельно и продолжительность выполнения движения фактически равна паузе перед следующим движением. Пауза – это время, за которое ребенок должен оценить, правильно ли он все сделал, и спланировать следующее действие.

Темп, в котором у нас пытаются научить детей писать и читать, настолько высок, что ребенок вынужден «снять» паузу. Он не может увеличить скорость



6

Это только кажется, что читать и писать просто

лее широкий повтор той работы, которая уже проводилась 15 лет назад. К сожалению, мы не получили позитивной динамики. По-прежнему в первый класс идет 60% детей с несформированной речью, 30% — с незрелостью координированных движений руки и координации глаза и руки. Еще 30% детей имеют незрелое зрительно-пространственное восприятие и зрительную память. Это значит, что у всех этих детей могут быть трудности в обучении, а, учитывая интенсивность обучения, они неизбежны.

Как мы можем использовать результаты наших исследований в практике образования? Понимая, как идет развитие мозга и познавательное развитие ребенка, определив критические периоды его развития (восприятия, внимания, памяти, речи, мышления, организации деятельности и т.п.) и понимая индивидуальные особенности развития этих функций, мы можем сказать, как правильно организовать учебную деятельность и как сделать стандарты образования адекватными возрастным и индивидуальным особенностям. А также, что очень важно, помочь разработать новые учебники и учебные пособия. Педагоги должны знать и использовать знания, накопленные возрастными физиологами при разработке эффективных методик обучения, в том числе с учетом новых технологий. Это особенно важно при обучении детей «групп риска»: леворуких, медлительных, гиперактивных, часто болеющих и одаренных. Ведь им нужны индивидуальные программы индивидуального обучения. И наконец, только понимая причины трудностей обучения и механизмы нарушения физического и психического здоровья, мы можем предложить методы коррекции школьных трудностей.

Думаю, наша главная задача — донести эти знания до педагогов. Учебники, программы и методики есть, надо просто включить их в стандарты высшего образования.

Сегодня мы знаем, как развиваются познавательные функции, знаем, что 6–7 лет — критический период познавательного развития. Сейчас мы заканчиваем большое исследование, в котором принимают участие более 20 тысяч детей из разных регионов России. Это бо-



Наше образование не учитывает возможности ребенка

После конференции корреспондент журнала В. Благутина попросила директора Института возрастной физиологии РАО, академика Марьяну Михайловну Безруких ответить на несколько вопросов

Старые стандарты образования не брали в расчет детскую физиологию. А новые, которые разрабатывают последние четыре года, будут лучше?

Дело даже не в стандартах, а в том, что ни одна инновация в образовании не учитывает возможности ребенка. Их не учитывали старые нормативы, и новые пока что не лучше. В результате наши дети страшно перегружены (и большие, и маленькие), эффективность обучения очень низкая. Об этом постоянно говорят, но количество учебных часов продолжает расти.

Вопрос возник не сегодня. Более 150 лет тому назад К.Д. Ушинский написал: «Сейчас не найдется преподавателя, который не жаловался бы на малое количество часов в школе». И их действительно мало, если учесть все возрастающий объем знаний. Но их много, если принять во внимание технологию и методу преподавания, а они остались старыми. То, что в школе появился компьютер, ничего не меняет, потому что технология репродуктивного знания — «ребенок должен заучить и ответить» — осталась. Надо менять это.

Сегодня ребенок идет в школу с 6 лет — у него совсем другие возможности по сравнению с семилетними. И они радикально отличаются от детей, которые сто лет назад приходили в гимназию в 9 лет, а до этого три года индивидуально занимались с учителями и гувернерами.

Дело не только в новых стандартах, но и в том, придет ли завтра в школу учитель, который знает ребенка. Однако завтра он не придет. Недаром в рамках нашей конференции был круглый стол по поводу качества обучения педагогов и психологов. Мы пытаемся изменить эту ситуацию примерно 20 лет. Сначала нам говорили: «Нет учебников». Сегодня мы выкладываем на стол весь спектр книг и пособий, и на это нам отвечают: «В стандартах этого пока нет». Вызы берут наши пособия только по доброй воле.

Как результат — у нас опять будут перегруженные и больные дети с плохой подготовкой.

Физиологи знают, как правильно учить?

Это не только задача физиолога. Он должен решать эту задачу вместе с методистом. Или же методист должен быть

настолько грамотным, чтобы учесть результаты исследований физиологов. Ведь стандарт образования — это не только содержание того, что будет (объем знаний), но и система требований к организации учебного процесса. Эти требования должны строиться на знаниях об особенностях познавательной деятельности ребенка. Чему, когда и как учить — вот задача. А у нас всех учат одинаково, что в первом классе, что в одиннадцатом.

В Европе лучше учат?

По-другому. Во-первых, их начальная школа — это школа, где на ребенка не давят и дают ему жить. Дают думать, рассуждать, размышлять, делать собственные выводы, а не заучивать. Ребенок в младших классах там не так загружен. У нашего времени «на подумать» совсем нет.

А вот старшая школа в Европе более интенсивная, но по-другому. У детей есть право выбора. Впрочем, ни одна цивилизованная страна в мире не довольна своей образовательной системой. Все думают о том, как ее изменить. Но уж если что-то менять, как мы делаем сейчас, хорошо бы делать это рационально.

Скажите, если ребенка до школы все-таки пытаться научить таким сложным вещам, как иностранному языку или шахматам, может быть, большого вреда не будет, а нужные связи в мозгу сформируются быстрее?

Во-первых, сажать малыша заниматься на 40 минут и даже на полчаса совершенно бессмысленно, мы уже говорили об этом. А в остальном все зависит от того, какие мы делаем акценты и как ставим задачу. Один ребенок, которому интересно играть в шахматы и которого папа смог увлечь, захочет этим заниматься. А другой будет мучиться.

Вообще, дошкольный возраст — этот тот период, когда надо дать ребенку возможность попробовать разные виды деятельности. Мы этого не делаем. Маме кажется, что ребенку нужны шахматы или иностранный язык, а ребенок может быть склонен совсем к другому — например, он будет дизайнером мягкой игрушки.

Сложная задача не помогает развитию ребенка. Она обязательно должна быть адекватной возрасту. Непосильная задача имеет два отрицательных результата. Первый — собственное ощущение ребенка. Если оно негативное, то неудача будет рождать неудачу, и он не захочет повторять попытку. Конечно, дети разные. Есть такие,



которые будут все же стараться что-то сделать, но другие с первого раза скажут — не буду, у меня не получится. Порог у всех детей разный. Второй негативный аспект — реакция взрослого на неудачу. Из страха увидеть недовольство на лице мамы или услышать то, что дети обычно слышат в таких случаях, ребенок будет избегать новых попыток.

Неудача нередко убивает желание познавать. Ребенок от природы наделен ненасыщаемой потребностью в новом знании, и, когда он «не хочет», это означает, что мы сделали все, чтобы убить это желание. Для этого есть много способов: неадекватно сложная задача, негативная реакция на то, как ее выполнил ребенок, нежелание дать ребенку другой вариант или другой вид деятельности, желание настаивать именно на том, что мы хотим (скорее всего, то, в чем мы не реализовались сами). Например, взрослый так и не выучил иностранный язык, но ему очень хочется, чтобы это сделал его ребенок. А стоит подумать: может, у взрослого просто нет лингвистических способностей? Значит, и у ребенка, возможно, их тоже нет. Это не значит, что он не сможет выучить язык, просто ему это будет даваться нелегко. Хорошо в этом случае учить языку осознанно, и когда родной язык уже хорошо сформирован — лет в девять. Тогда ребенок сможет выучить сразу два. Но бессмысленно тратить на это время в четыре года. И не надо приводить в пример Пушкина. Во-первых, он лингвистический гений. А во-вторых, он по-русски не говорил до девяти лет, только по-французски.

Еще очень важно, чтобы все, что учит ребенок, было бы не просто выучено, а понято и осознано, тогда он этого не забудет. Но родителей переубедить очень трудно: могу только снова вспомнить слова Ушинского о том, что каждый считает себя специалистом в вопросах обучения и воспитания. Сейчас есть немало хороших книг и по обучению, и по воспитанию. Кстати, мы готовим Энциклопедию для родителей дошкольников и младших школьников, там будет много полезных советов.





Кашалот

Верь ушам своим!

Доктор технических наук
Н. В. Селезнева

Мир полон разнообразных звуков. Они возникают в процессах, происходящих в неживой природе, их вольно или невольно издают многие животные. Акустические колебания сопровождают все их движения: птицы хлопают крыльями, насекомые жужжат, звери топают по земле. Большинство животных воспринимают и используют такие звуки, например, для того, чтобы на расстоянии обнаружить препятствие, добычу или опасность. Эти сигналы могут рассказать многое: к какому виду относится животное — источник звука, молодое оно или старое, каково его состояние (здоровое оно или больное, голодное или сытое, спокойное, испуганное, агрессивное), что оно собирается делать (найти пищу или партнера). Звуки помогают опознавать живые и неживые предметы, поскольку, встречая препятствия, они частично отражаются, а частично поглощаются в зависимости от физических свойств и структуры объектов. Частоты акустических колебаний

имеют широкий диапазон — от 10^{-2} до 170 кГц, что позволяет выявлять объекты размером от нескольких миллиметров до десятков метров. Поэтому звуковые сигналы воспринимают едва ли не все существа, от крохотных насекомых до огромных китов.

Однако животные используют не только звуки, доносящиеся до них от живых и неживых предметов. Если звуковой фон содержит недостаточно информации, они применяют активный метод акустических измерений — эхолокацию: издают серию звуковых сигналов (криков, свистов, стуков) и ловят их отражения. Направление, откуда приходит отраженный звук, указывает, где находится объект, частотная окраска и сила звука определяют его габариты и физические свойства, а время, прошедшее между посылкой сигнала и возвращением отклика, — расстояние до него.

Чаще всего эхолокацию используют животные, ведущие ночной образ жизни, обитающие большую часть суток в темных замкнутых пространствах (норах, пещерах) или плавающие в глубинах морей и океанов.

Под землей

С помощью эхолокации часто ориентируются грызуны (крысы, мыши, хомячки и другие). Обычно они живут в глубоких темных норах, пещерах, подвалах, трюмах кораблей и других подобных местах, нередко активны только в сумерках и ночью. Зрение в таких условиях почти всегда бесполезно. Зато органы слуха у грызунов работают постоянно. Они чрезвычайно чувствительны и в среднем, слышимом человеком диапазоне длин волн, и в высоко-



1
Бабочка-совка

частотном — ультразвуковом, и в низкочастотном — инфразвуковом. Именно чувствительностью к инфразвукам объясняется способность грызунов предугадывать землетрясения, цунами и штормы.

Слышимый диапазон грызуны используют для ориентации в подземных лабиринтах. Например, крысы, продвигаясь в темноте по норе, постоянно издают разнообразные звуки: фыркают, чихают, щелкают и скрежещут зубами, царапают когтями и т. д. Улавливая отраженное эхо этих сигналов, они определяют расположенные впереди препятствия, тупиковые ходы, провалы на пути, обнаруживают тонкие веточки и маленькие уступчики, с помощью которых такой провал можно преодолеть. Самые крохотные млекопитающие, землеройки (не относящиеся к грызунам, но близкие к ним по образу жизни), в полной темноте обнаруживают жердочку на расстоянии, в 2,5 раза превышающем длину их тела, и ловко запрыгивают на нее. С заблокированными ушами грызуны не могут справиться с такими задачами, что подтверждает главенствующую роль слуха в их ориентации.

Для обнаружения и распознавания мелкой добычи — насекомых, личинок, зернышек, — а также для точного прицеливания грызуны используют ультразвуковую эхолокацию: испускают короткие часто повторяющиеся свисты. Дальность действия эхолокационной системы грызунов зависит от размеров животного и превышает длину их тела примерно в шесть-семь раз. Перед мордой и над ней у их эхолокатора есть «мертвая зона», в которой слуховой анализатор не может различить испущенный и воспринимаемый сигналы, но в ближней ориентации грызуны используют не зрение, а осязание. Для этого у них на голове есть жесткие чувствительные волоски — вибриссы. Их расположение строго упорядочено, длина тоже не случайна. Короткие и тонкие волоски растут близко друг от друга и обеспечивают высокую разрешающую способность измерений, более толстые располагаются редко, зато их длина сопоставима с длиной тела животного (например, у персидской песчанки вибриссы достигают 9 см, а длина тела — 7,5 см). Во время ближней ориентации вибриссы двигаются, зондируя пространство и ощупывая объекты. Чем тоньше пространственный анализ, тем короче и чаще взмахи чувствительных волосков.

С помощью вибрисс грызуны определяют направление и скорость воздушных потоков, расстояние до ближайших препятствий, размеры и форму объектов, текстуру их поверхности, то есть устанавливают наиболее общие и значимые признаки предметов и ближайшего окружающего



пространства. Очевидно, что грызуны для ориентации в темных лабиринтах используют эхолокационную систему вместе с осязанием.

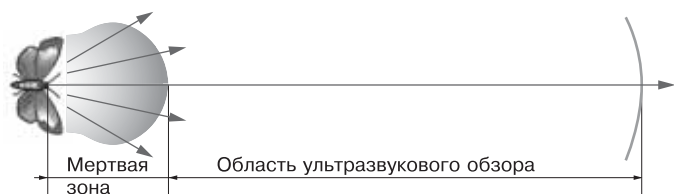
Среди наземных млекопитающих «звукотвидением», вероятно, обладают также малоизвестные насекомоядные животные — тенреки. Живут эти существа на Мадагаскаре и на некоторых других островах. Известно несколько их разновидностей: самые маленькие напоминают землероек, те, что покрупнее, — кротов, а самые большие — опоссумов или ежей. Живут они под землей. Их общая черта — удлинённая мордочка с тонким подвижным носом. При выключенных тактильной, зрительной и обонятельной рецепции они прекрасно ориентируются в пространстве и способны добывать себе пищу, но при блокировании слуховых проходов уже не могут это делать. Эти зверьки воспринимают звуки частотой от 0,25 до 45 кГц. Ориентируясь, они скрипят, фыркают, щебечут, но, когда им нужно преодолеть препятствие или разыскать добычу, открывают рот и щелкают языком, издавая частотомодулированные эхолокационные сигналы — щелчки длительностью 0,2–1,3 мс и частотой 5–17 кГц.

В небесах

Летать умеют немногие группы животных: насекомые, птицы, рукокрылые млекопитающие, и во всех этих группах есть представители, использующие для ориентации эхолокацию.

Среди насекомых способность к эхолокации обнаружена у ночных бабочек — совков (рис. 1), получивших свое название из-за внешнего сходства с совами (см. статью Д.Н.Лапшина в № 7 «Химии и жизни» за 2006 г.). Их тело покрыто «пухом», полет бесшумный, зрение приспособлено к очень низкой освещенности, а слуховая система — высокочувствительная, воспринимающая ультразвуки в диапазоне от 10 до 150 кГц. Органы слуха бабочек расположены в грудном отделе тела в виде мембран, способных перестраиваться в зависимости от решаемой насекомым задачи. Вся слуховая система напрямую связана с центрами управления движением.

В полете совки издают ультразвуковые щелчки синхронно с движениями крыльев. Частота их повторения зависит от условий полета. В открытом пространстве она минимальна: один щелчок на полный взмах крыльев, чтобы как можно меньше обнаруживать себя. При этом слуховые мембраны бабочки настроены на восприятие собственного отраженного сигнала, имеющего частоту 40–50 кГц. Летая в зарослях растений, совка увеличивает частоту локационного сигнала и излучает их чаще, чтобы обеспечить себе более четкий обзор местности, а по мере приближения к цели или препятствию акустические сигналы еще учащаются. При обнаружении локационных сигналов главного своего врага — летучей мыши — бабочка за 15 мс перенастраивает чувствительность слуховых мембран на четкое восприятие локационных сигналов рукокрылого,



2

«Мертвая зона» эхолокационной системы бабочки

определяет его относительное местоположение, направление движения и принимает меры по спасению (например, складывает крылья и падает).

Эхолокационная система совки средних размеров действует на расстоянии около 30–35 см. В 3–6 см от ее головы образуется «мертвая зона», в пределах которой слуховые мембраны не могут разделить собственный щелчок и отраженный сигнал (рис. 2). Поэтому для ориентации в пространстве ночные бабочки используют эхолокационную систему совместно со зрением. Оба органа чувств действуют согласованно и дополняют друг друга.

Используют эхолокацию и птицы. Одни — эпизодически; например, во время перелета, когда птицы попадают в ту-



3

Козодои

ман, облачность или вынуждены лететь в безлунные ночи, они кричат, «ощупывая» своим криком землю. Прислушиваясь к эху, они узнают о высоте полета, о препятствиях на пути. Но есть птицы, для которых органы слуха — главные в получении информации о внешнем мире, а эхолокация — основной способ пространственной ориентации.

Например, козодои — ночные птицы, питаются летающими насекомыми, жуками, бабочками, которых ловят на лету. Размер тела козодоя достигает 26 см. Оперение у него мягкое и пушистое, как у совы, поэтому он летает и планирует бесшумно. А крылья, острые и жесткие, как у ласточки или сокола, позволяют быстро маневрировать при погоне за добычей. Охотятся козодои в сумерках и ночью, совершая причудливые эволюции — то кувыркаются, то кружатся, словно танцуют.

В темноте для обнаружения, распознавания и преследования насекомых козодои используют эхолокацию в ультразвуковом диапазоне, что позволяет им запеленговать столь мелкую цель, как насекомое. Для озвучивания

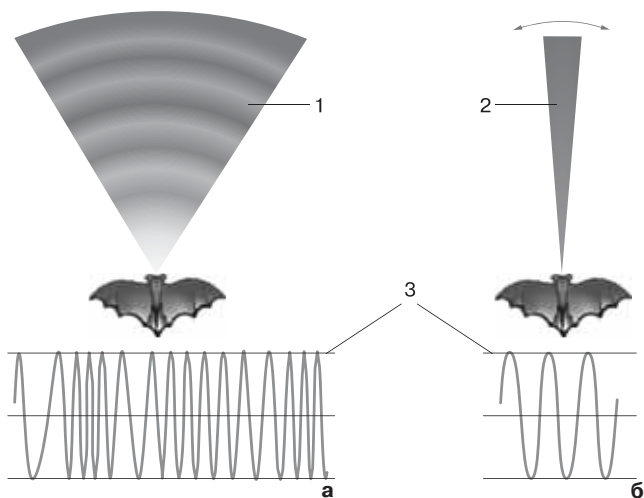
пространства птица ртом излучает частотно-модулированные акустические сигналы, которые распространяются во все стороны. Ротовая щель у козодоя необыкновенно широкая, и во время охоты она открыта. Длинные жесткие щетинки, в несколько рядов расположенные по бокам ото рта, модулируют звуковые сигналы. Вероятно, эти птицы обладают объемным «цветовым» восприятием акустической картины, то есть могут различать частоту звуков, приходящих от различных ее участков.

Свой ультразвуковой локатор козодои используют не только в полете, но и на земле (рис. 3). Когда к сидящей в гнезде птице кто-нибудь приближается, она на мгновение широко раскрывает рот, чтобы с помощью ультразвуков «разглядеть» движущийся объект и принять решение. Дальнейшее зависит от того, кто ее потревожил. Козодой замрет и станет совсем неразличимым среди травы благодаря покровительственной окраске либо приподнимется как можно выше на лапках, взъерошит перья и угрожающе зарокочет, чтобы напугать пришельца.

Ареал козодоя охватывает почти всю Европу и Северную Африку. В Африке эта птица ведет оседлый образ жизни, во всех других местах — перелетная. Летят они, как правило, в сумерках и ночью. При дальних перелетах эхолокация не помогает им добраться до цели — дальность ее действия составляет всего около 30 метров. Они могут использовать ее только для сохранения строя в стае или для обнаружения близких препятствий при посадке и взлете.

Акустическая система ориентации есть и у другого представителя пернатых — удивительной и редкостной птицы гуахаро из того же отряда козодоеобразных. Обитают эти уникальные создания только в Латинской Америке (в Венесуэле, Эквадоре, Северном Перу) и живут в лабиринтах глубоких просторных темных пещер, которые уходят в глыбы скалы на десятки километров. Со стен и потолка там стекает вода и образует сталактиты и сталагмиты, которые усложняют ориентацию. Гуахаро питаются плодами и ягодами. Как только стемнеет, они покидают пещеру в поисках пропитания, всю ночь кормятся, а с рассветом возвращаются обратно. Под высокими сводами своего убежища в сырости и полной темноте птицы проводят весь день, там же находят себе пару, делают гнездо и выводят потомство.

Крупные глаза гуахаро приспособлены к малой освещенности, и птицы используют зрение в ночных полетах вне пещеры. Однако внутри ее слишком темно для них, и там птицы ориентируются с помощью эхолокации. Гуахаро, как и наши козодои, излучают частотно-модулированные звуки, которые распространяются от головы во все стороны. Но в отличие от козодоев, которые ловят мелкую добычу, гуахаро имеют дело с крупными объектами. Они и сами довольно велики: самец в размахе крыльев достигает полутора метров, а их гнезда, птенцы и скалистые препятствия существенно крупнее насекомых. Поэтому они используют акустические сигналы с частотой около 7 кГц. Их крики (резкие, отрывистые, похожие на гомерический хохот) люди прекрасно слышат. Издав короткий звук, птица замолкает, чтобы уловить его отражения от препятствий. Ответный сигнал они воспринимают органами слуха. Дальность акустического обзора у этих птиц около 20–25 метров. Для компенсации «мертвой зоны» непосредственно перед головой гуахаро используют вибриссы — длинные щетинки, которые располагаются у них над клювом. С заклеенным ртом или с заблокированными ушами эти птицы не могут летать в пещере, тогда как заклеивание глаз или укорачивание вибрисс на их полеты практически не влияет. Это подтверждает, у гуахаро преобладает акустическая ориентация.



4
Виды локационных сигналов летучих мышей:
а — звук излучается через рот, широкой полосой;
б — звук излучается через нос, узким лучом

Самый высокоразвитый акустический обзорно-сравнительный ориентатор среди наземных животных есть у рукокрылых (например, у летучих мышей). Они активны ночью, но зрение у них развито плохо. Питаются рукокрылые летающими насекомыми, которые издают отчетливые звуки. Малые размеры целей, высокие требования к точности определения их положения и динамике полета вынуждают их использовать активный способ измерений: летучие мыши дополнительно «озвучивают» окружающее пространство, генерируя высокочастотные акустические сигналы в диапазоне от 30 Гц до 150 кГц и выше.

О том, что ультразвуковая эхолокация — доминирующий способ ориентации у рукокрылых, свидетельствуют размеры их ушных раковин, достигающих почти половины длины тела. Если заблокировать органы слуха, животное не сможет передвигаться, тогда как с заклеенными глазами продолжает успешно ловить насекомых.

У летучих мышей есть два способа озвучивания пространства (рис. 4). Одни из них (а) излучают акустические сигналы ртом так, что они распространяются широким фронтом. При этом способе эхолокации используются сигналы, модулированные по частоте, что позволяет по результатам измерений воссоздать объемное изображение зондируемого пространства.

Другие летучие мыши (б) излучают ультразвуки носом в виде остронаправленного луча. Хорошо развитые носовые мышцы, сокращаясь, воздействуют на резонатор и сканируют движущимся акустическим лучом пространство в пределах некоторого угла. При этом способе эхолокации частота акустического сигнала постоянна, а угловое положение цели определяют рецепторы, регистрирующие напряжение носовых мышц.

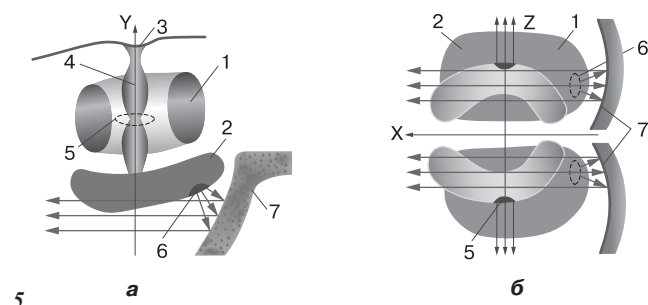
Отраженные акустические сигналы воспринимаются слуховыми аппаратами, которые у летучих мышей устроены примерно так же, как у других наземных млеко-

питающих, но очень чувствительны к ультразвукам. Зато крупные ядра среднего мозга, которые управляют настройкой и адаптацией слуховых аппаратов, а также большой объем коры головного мозга, обрабатывающей акустические сигналы, подтверждают доминирующую роль эхолокации в жизни этих животных. Это означает, что слуховой анализатор летучих мышей выполняет функцию обзорно-сравнительной системы в пространственной ориентации этих животных, то есть они обладают «звуковидением».

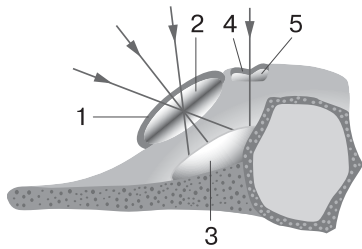
Вся акустическая система ориентации летучих мышей, которая состоит из генератора, приемников сигналов и отделов нервной системы, обрабатывающих информацию, весит около 7,5 г и обеспечивает животному очень точную пространственную ориентировку на расстоянии до 30 м. О точности работы этих органов говорят такие данные: летучая мышь обнаруживает насекомое длиной 8 мм на расстоянии около двух метров.

И на море

Особенно важна акустическая ориентация для обитателей морских просторов. Они всегда живут в полумраке, так как вода не очень хорошо пропускает свет. Освещенность с глубиной постепенно падает, а ниже 400 м от поверхности солнечные лучи не проникают совсем. В водной среде у звуков большие преимущества: скорость их распространения в воде в 4,5 раза больше, чем в воздухе, а энергия затухает в 1000 раз меньше. Водные пространства насыщены звуками самого разного происхождения. Акустические колебания возникают при движении животных, технических объектов. Ветер, обдувающий волнистую поверхность воды, образует потоки звуковых волн, которые при определенных условиях погружаются в толщу вод и распространяются в морских глубинах. Кроме того, давно уже развеян миф о том, что рыбы немые. Как показали гидроакустические исследования, и рыбы, и морские млекопитающие весьма «говорливы». Эти разнообразнейшие звуки многократно отражаются от дна и поверхности воды и рассеиваются, заполняя вод-



5
Принципиальная схема акустического генератора зубатых китов:
а) вид сбоку; б) вид сверху. 1, 2 — горизонтальные резонаторы,
3 — носовой канал, 4 — вертикальный резонатор, 5 — кольцо резонатора, 6 — отверстия для выхода звука, 7 — отражатели



6

Схема акустического глаза дельфина:

1 — акустический зрачок, 2 — основная акустическая линза, 3 — рецептор звуков, 4, 5 — вспомогательные зрачок и линза

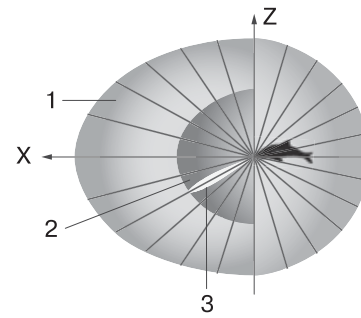
ное пространство. Все морские обитатели воспринимают и используют их. По-видимому, многие из них владеют и эхолокацией.

Акустические системы ориентации лучше всего изучены у зубатых китов: дельфинов и кашалотов. У дельфинов хорошо развиты глаза и слуховые органы, но, если закрыть их, это никак не сказывается на способности животных ориентироваться, находить предметы и ловить добычу: они с легкостью обнаруживают на расстоянии в 20–30 м предметы размером от 0,2 до 4 мм, а рыбу — на расстоянии в несколько сотен метров. Однако у дельфина есть особый акустический локализатор, и, если заблокировать его, у животного начинается паника. Это свидетельствует о том, что эхолокация у дельфина — главный способ ориентации в пространстве и проведения всех навигационных измерений при движении к цели, разведке и прицеливании. Следовательно, акустический локализатор в навигационном комплексе их органов чувств выполняет функцию обзорно-сравнительной системы, то есть дельфины обладают «звуковидением».

Акустический локализатор дельфина состоит из генераторов и приемников локационных сигналов. Генераторы представляют собой шесть взаимосвязанных воздушных полостей — резонаторов, разделенных тонкими перегородками (рис. 5). Четыре резонатора 1, 2 ориентированы горизонтально вокруг носового канала 3 парами на разной высоте, а два резонатора 4 — вертикально в носовом канале. У резонаторов есть эластичные оболочки, система клапанов и собственная хорошо развитая мускулатура. При сокращении мышц размеры и форма воздушных полостей меняется, при этом перепады давлений между ними тонко регулируются. Когда воздух выдавливается из одной резонирующей полости в другую, их внутренние перегородки вибрируют и издают звук. Акустические сигналы проходят через отверстия с регулируруемыми клапанами, которые определяют направление их излучения: пара резонаторов 1 испускает звуки в направлении оси OZ ; резонаторы 2 — в направлении костей черепа 7, которые, как рефлекторы, отражают звуковой поток и посылают его вдоль продольной оси животного; а вертикальные резонаторы — вверх по оси OY .

Приемники звуковых сигналов — акустические глаза — располагаются в передней части головы животного, в костных глазницах. Каждая глазница образована вытянутой вперед челюстной костью и стенкой черепа, круто поднимающейся вверх (рис. 6). Расстояние между акустическими глазами и их разворот друг относительно друга свидетельствуют о наличии объемного звуковидения у дельфинов.

Акустические глаза включают все органы, необходимые для обзорно-сравнительных измерений (направляющие, регулирующие и измерительные) и выполняющие те же функции, что и части зрительного аппарата сухопутных млекопитающих.



7

Области звуковидения дельфина:

1 — дальняя, 2 — ближняя, 3 — острый луч, сканирующий пространство

Направляющие органы — акустический зрачок 1 и линза 2. Акустический зрачок представляет собой цилиндрический пучок плотно спрессованных канальцев. Канальцы заполнены веществом, звуковая проницаемость которого меньше, чем у окружающего вещества, поэтому акустические сигналы проходят по нему параллельным потоком. Акустической линзой служит сферическая звуководная структура, проницаемость которой постепенно изменяется от центра к периферии. Это обеспечивает плавный, с минимальными фазовыми искажениями поворот фронта звуковой волны, вследствие чего акустическое изображение передается и фокусируется без искажений.

Как и в зрительном анализаторе (см. «Химию и жизнь» № 7 за этот год), регулировка и настройка акустического зрачка, кривизны и фокусного расстояния акустической линзы, поворот осей акустических глаз осуществляют центры управления, которые располагаются в среднем мозге. Мышцы, окружающие и пронизывающие зрачок и линзу, исполняют команды центра, а встроенные в них рецепторы воспринимают параметры звуковых сигналов и передающие свойства элементов акустического глаза.

Функцию, аналогичную сетчатке, в акустическом глазу дельфина выполняет эластичная воздушная полость 3, внутренняя поверхность которой покрыта множеством аудиорецепторов. Под воздействием звукового излучения, фокусируемого линзой, полость резонирует. Возникающие вследствие этого натяжения и смещения ее поверхности воспринимаются рецепторами и преобразуются в нервные импульсы.

Так же как фоторецепторы в сетчатке глаза, аудиорецепторы распределены неравномерно внутри измерительной полости: в отдельной ее области их плотность существенно выше, чем на остальных участках, что свидетельствует о существовании области высокочастотного звуковидения, которая в зависимости от вида животного составляет угол порядка 5–30°.

Измерение усредненной акустической «освещенности» обеспечивает вспомогательный канал, который располагается в верхней части головы животного и устроен так же, как и основной, только акустический зрачок 4 значительно меньше по размерам, а акустическая линза 5 — плоская. Этот измерительный канал воспринимает рассеянный звуковой фон и фокусирует его на периферическую область измерительной полости 3.

Дальность и точность гидроакустических измерений дельфинов можно оценить косвенно по диаграмме направленности локационных сигналов и их частотным характеристикам.

Вертикальные резонаторы генерируют низкочастотные сигналы (свист) в диапазоне от 0,15 до 20 кГц, часть которых слышит и человек. Этот поток локационных сигналов в морской воде затухает почти в 100 раз меньше, чем ультразвук, и, следовательно, распространяется дале-

ко во все стороны от головы животного. Длина волны низкочастотных сигналов порядка 0,3–0,7 м, поэтому отражаются они от крупных объектов, размеры которых порядка 1–10 м.

Горизонтальные резонаторы выдают ультразвуковые щелчки в диапазоне от 80 до 170 кГц, недоступные нашему уху. Взаимодействуя, эти резонаторы создают остро-направленный акустический луч, который, по аналогии со взглядом обычных глаз, по желанию животного может отклоняться в пределах некоторого объемного угла или сконцентрироваться в любой точке этого угла независимо от положения головы. Длина волны ультразвуков, излучаемых дельфинами, составляет 0,7–2 см, поэтому с их помощью можно «разглядеть» мелкие объекты размером от 1 до 2 см.

Учитывая свойства акустических сигналов, издаваемых дельфинами, можно утверждать, что эти животные имеют две области звуковидения: ближнюю, аналогичную центральной области зрения, и дальнюю, соответствующую периферийному зрению (рис. 7). Дальняя область звуковидения 1 имеет форму сферы. Она формируется низкочастотными сигналами, которые распространяются во все стороны от головы, образуя сферическую звуковую волну. Внутри этой области животное обнаруживает крупные объекты и ведет наблюдение за местностью. Ближняя область звуковидения 2 занимает верхний передний сектор кругового обзора. Она образована ультразвуковыми сигналами, которые излучаются в виде узкого луча 3, сканирующего в горизонтальной плоскости в пределах $\pm 90^\circ$ от продольной оси головы. Направление и длина луча, скорость и угол его сканирования регулируются животным в зависимости от расстояния до пеленгуемого объекта. В пределах этой области акустический глаз распознает объекты, измеряет параметры ориентиров, следит за целями и проводит детальный анализ акватории. Радиус области дальнего звуковидения у дельфинов составляет 8–10 км, а ближнего — не превышает 150 м.

При движении дельфины совершают непрерывное сканирование головой в пределах угла 10° , что расширяет область точного звуковидения и увеличивает его разрешающую способность.

Частотная модуляция локационных сигналов дает возможность животному выявлять природу и физические свойства объектов: дельфины с помощью своих акустических глаз безошибочно различают одинаковые по форме предметы, выполненные из разных материалов. При дальней навигации они, обнаруживая стаю рыб, определяют их породу на расстоянии до трех километров.

У всех зубатых китов принципиальная схема гидроакустической системы ориентации одинакова, но конкретная реализация этих органов и характеристики генерируемых акустических сигналов зависят от образа жизни, свойств добычи и способов охоты.

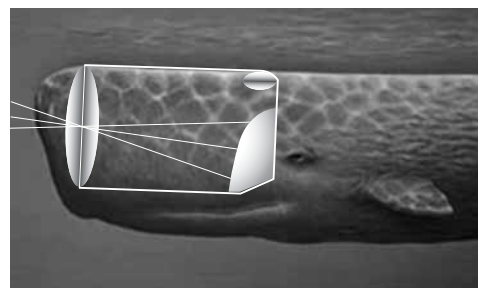
Самые большие представители зубатых китов — кашалоты — достигают в длину 21 метра. Эти животные питаются глубоководными кальмарами и другими крупными обитателями морских глубин. В отличие от своей добычи зубатые киты дышат легкими, поэтому время их пребывания под водой ограничено. В погоне за жертвой они вынуждены порой погружаться на двухкилометровую глубину, затрачивая при этом много энергии. Чтобы не нырять впустую, для поиска и распознавания глубоководных целей кашалоты пользуются акустической обзорной системой дальнего действия. Плавая на поверхности, они издают частотно-модулированные звуковые сигналы и с их помощью просматривают толщу воды. Только



когда жертва обнаружена, опознана и запеленгована, кашалот погружается в глубины.

В морской воде дальность распространения акустических сигналов зависит от их длины волны: чем она больше, тем глубже сигналы проникают без затухания. На глубины 1,5–2 км проходят только инфразвуковые волны длиной 7–10 м. Поэтому генераторы локационных сигналов и акустические глаза у кашалотов имеют гигантские размеры — достигают трети длины их тела и весят до 6 т (рис. 8).

Кашалоты используют свой генератор инфразвуковых сигналов также в качестве пушки для парализации добычи — крупных позвоночных (дельфинов, акул и других). В их вестибулярном аппарате частота собственных колеба-



8
Гидроакустический глаз кашалота

ний подвижных элементов составляет 1–10 Гц. Инфразвуки кашалота вызывают у этих животных резонанс в вестибулярных органах, что приводит к их дезориентации в пространстве и делает легкой добычей.

Чтобы инфразвуковые сигналы не повредили самому кашалоту, его вестибулярный аппарат защищен. Весь костный лабиринт, в котором находятся вестибулярные органы, подвешен на короткой сухожильной связке подобно маятнику и окружен со всех сторон жировой эмульсией, смешанной с пузырьками воздуха.

Природа создала множество совершенных акустических систем для живых существ и в течение миллионов лет эволюции проверяла и испытывала свои решения на многих видах животных — от насекомых до высокоорганизованных млекопитающих в самых разнообразных условиях применения. Человек тоже создал локаторы различного применения и только поэтому может по достоинству оценить изобретательские достижения Природы. Изучение акустических органов животных позволяет не только расширить наши знания об окружающем мире, но и использовать их в инженерном творчестве.



Невидимость

Митио Каку

Окончание. Начало в № 7



Публикуем с сокращениями окончание главы из книги Митио Каку «Физика невозможного» (М.: «Альпина нон-фикшн» 2009, www.nonfiction.ru). В ней продолжается разговор о метаматериалах и других технологиях, позволяющих приблизиться к созданию плаща-невидимки.

Невидимость через плазмонику

Не желая отставать от соперников, другая группа физиков объявила в середине 2007 года о создании метаматериала, способного повернуть видимый свет, на базе совершенно иной технологии, получившей название «плазмоника». Физики Анре Лезек, Дженнифер Дионн и Гарри Этуотер из Калифорнийского технологического института объявили о создании метаматериала, обладающего отрицательным показателем преломления для сложной сине-зеленой области видимого спектра.

Цель плазмоники – таким образом «сжать» свет, чтобы можно было манипулировать объектами в наномасштабе, особенно на поверхности металлов. Причина электропроводности металлов кроется в том, что электроны в атомах металлов слабо связаны с ядром и могут свободно передвигаться вдоль поверхности металлической решетки. Электричество, идущее по проводам у нас дома, представляет собой плавный поток этих слабо связанных электронов. О при определенных условиях, когда луч света сталкивается с металлической поверхностью, электроны могут завибрировать

в унисон со светом. При этом на поверхности металла возникают волнообразные движения электронов (эти волны называются плазмонами) в такт с колебаниями электромагнитного поля над металлом. Что еще важнее, эти плазмоны можно «сжать» — при этом они будут иметь ту же частоту, что и первоначальный световой луч (а значит, будут нести ту же информацию), но значительно меньшую длину волны. В принципе затем эти сжатые волны можно втиснуть в нанопроводники. Как и в случае фотонных кристаллов, конечная цель плазмоники – создание компьютерных чипов, в которых работает не электричество, а свет.

Группа из Калифорнийского технологического построила свой метаматериал из двух слоев серебра и азотнокремниевое изолирующего слоя (толщиной всего 50 нм) между ними. Этот слой действует как «волновод», способный направить плазмонные волны в нужную сторону. Через щель, прорезанную в метаматериале, в устройство проникает лазерный луч; он проходит по волноводу, а затем выходит через вторую щель. Если проанализировать углы, на которые изгибается лазерный луч при прохождении через метаматериал, можно установить, что материал обладает отрицательным показателем преломления для света с данной длиной волны.

Будущее метаматериалов

Продвижение в исследовании метаматериалов в будущем станет быстрее по той простой причине, что уже сейчас интерес к созданию транзисторов, которые работали бы



на световом луче вместо электричества, очень велик. Поэтому можно предположить, что исследования в области невидимости смогут «подъехать на попутке», то есть воспользоваться результатами идущих исследований по созданию замены кремниевому чипу при помощи фотонных кристаллов и плазмоники. Сегодня в разработку технологии, призванной заменить кремниевые чипы, вкладываются сотни миллионов долларов, а попутно выиграют и исследования в области метаматериалов.

В настоящее время новые серьезные открытия в этой области совершаются каждые несколько месяцев, поэтому неудивительно, что некоторые физики ожидают появления в лаборатории первых образцов реального щита невидимости уже через несколько десятилетий. Так, ученые уверены в том, что сумеют в ближайшие несколько лет создать метаматериалы, способные сделать объект полностью невидимым, про крайней мере в двух измерениях, для видимого света любой конкретной частоты. Чтобы добиться такого эффекта, необходимо будет внедрить в метаматериал крошечные имплантаты не правильными рядами, а по сложному рисунку, так чтобы в результате свет плавно огибал скрываемый объект.

Далее ученым придется изобрести и создать метаматериалы, способные изгибать свет в трех измерениях, Ане только на плоских двумерных поверхностях. Фотолитография – отработанная технология для получения плоских кремниевых схем; создание же трехмерных метаматериалов потребует как минимум сложной компоновки нескольких плоских схем.

После этого ученым придется решить проблему создания метаматериалов, изгибающих свет не одной частоты, а нескольких – или, скажем, полосы частот. Это, возможно, окажется самой сложной задачей, потому что все разработанные до сих пор крошечные имплантаты отклоняют свет только одной заданной частоты. Возможно, ученым придется заняться многослойными метаматериалами, где каждый слой будет действовать на одну конкретную частоту. Пока не ясно, каким будет решение проблемы.

Но щит невидимости, даже когда его наконец создадут в лаборатории, может оказаться совсем не таким, как нам хочется. Скорее всего, это будет тяжелое неповоротливое устройство. Плащ Гарри Поттера был сшит из тонкой мягкой ткани при этом делал любого, кто завернется в него, невидимым. Но чтобы такой эффект был возможен, показатель преломления внутри ткани должен постоянно меняться в соответствии с колебаниями ткани и движениями человека. Это непрактично. Наверное, плащ-невидимка, по крайней мере поначалу, будет представлять собой твердый цилиндр из метаматериала. В этом случае показатель преломления внутри цилиндра можно будет сделать постоянным. (В более продвинутых моделях со временем могут появиться гибкие метаматериалы, способные изгибаться и при этом удерживать свет внутри себя на правильном пути. Тогда тот, кто будет находиться внутри «плаща», получит некоторую свободу движений.)

У щита невидимости есть один недостаток, на который уже неоднократно указывали: тот, кто находится внутри, не сможет выглянуть наружу, не став при этом видимым.

Представьте себе Гарри Поттера, у которого видимыми остались только глаза; при этом они как бы плывут по воздуху на соответствующей высоте. Любые отверстия для глаз в плаще-невидимке были бы отчетливо видны снаружи. Если же сделать Гарри Поттера совершенно невидимым, то ему придется сидеть под своим плащом в полной темноте. <...>

Бесспорно, препятствия на пути к невидимости очень серьезные, но ученые и инженеры настроены оптимистично и считают, что щит невидимости того или иного рода может быть создан в течение нескольких ближайших десятилетий.

Невидимость и нанотехнологии

Как я уже упоминал, ключом к невидимости и созданию метаматериалов может стать развитие нанотехнологий, то есть способность манипулировать структурами атомных размеров. Моментом зарождения нанотехнологий называют знаменитую лекцию с ироничным названием «Внизу полным-полно места», который прочитал нобелевский лауреат Ричард Фейнман перед Американским физическим обществом в 1959 году. В этой лекции он рассуждал о том, как могут выглядеть самые крохотные машины в соответствии с известными нам законами физики. Фейнман понимал, что размеры машин будут становиться все меньше и меньше, пока не приблизятся к размерам атомов, а затем для создания новых машин можно будет использовать сами атомы. Он сделал вывод, что простейшие атомные машины вроде блока, рычага или колеса ничем не противоречат законам физики, но изготовить их будет чрезвычайно трудно.

Много лет нанотехнологии прозябали в забвении – просто потому, что технологии того времени не позволяли манипулировать отдельными атомами. Но в 1981 году произошел прорыв – физики Герд Биннинг и Генрих Рорер из лаборатории IBM в Цюрихе изобрели сканирующий туннельный микроскоп, который позже принес им Нобелевскую премию по физике.

Ученые внезапно получили возможность «снимать» поразительные «картинки» отдельных атомов, объединенных в структуры – в точности такие, каких изображают обычно в книгах по химии; когда-то критики атомной теории считали это невозможным. Теперь же можно было получить великолепные фотографии атомов, выстроенных рядами в правильной структуре кристалла или металла. Химические формулы, при помощи которых ученые пытались отразить сложную структуру молекулы, теперь можно было увидеть. Более того, сканирующий туннельный микроскоп дал возможность манипулировать отдельными атомами. Первооткрыватели выложили из отдельных атомов буквы IBM, чем произвели в мире настоящую сенсацию. Ученые перестали быть слепцами в мире отдельных атомов; они получили возможность видеть атомы и работать с ними.

Принцип действия сканирующего туннельного микроскопа обманчиво прост. Подобно тому, как грампластинка сканирует диск иглой, этот микроскоп медленно прово-

дит острый щуп над исследуемым веществом. Кончик этого щупа такой острый, что заканчивается единичным атомом. Щуп несет на себе слабый электрический заряд; с его конца через исследуемый материал к проводящей поверхности под ним течет электрический ток. При прохождении щупа над каждым отдельным атомом ток слегка меняется; его изменения тщательно регистрируются. Подъем и падения тока при прохождении иглы над атомом очень точно и детально отражают его очертания. Обработав и представив в графической форме данные о флуктуациях тока за большое количество проходов, можно получить красивую картинку отдельных атомов, образующих пространственную решетку. <...>

Кроме того, щуп микроскопа достаточно чувствителен, чтобы передвигать отдельные атомы и сооружать из них простейшие «машины». В настоящий момент эта технология настолько развита, что позволяет увидеть группу атомов на экране компьютера и простым движением курсора передвигать отдельные атомы произвольным образом. Можно манипулировать десятками атомов так же легко, как кирпичиками конструктора «Лего». Можно не только выкладывать из атомов буквы, но и создавать игрушки, такие как, например, счеты, где костяшки собраны из единичных атомов. Для этого атомы раскладывают на поверхности с вертикальными пазами. В пазы вставляют сферические фуллерены (сферические молекулы из 60-ти атомов углерода – *Ред.*). Эти углеродные шарики и служат костяшками атомных счетов, двигаясь вверх и вниз по своим пазам.

Можно также вырезать атомные устройства при помощи электронных лучей. К примеру, ученые из Корнеллского университета вырезали из кристаллического кремния самую маленькую в мире гитару, размер которой в 20 раз меньше толщины человеческого волоса. Гитара имеет шесть струн толщиной в сотню атомов каждая, которые можно дергать при помощи атомного силового микроскопа. При этом гитара действительно будет играть музыку, но частоты, которые она производит, находятся далеко за пределами слышимости человеческого уха.

В настоящее время практически все «наномашинки» представляют собой всего лишь игрушки. Более сложные машины с передачами и подшипниками еще только предстоит создать. Но многие инженеры уверены, что время реальных атомных машин уже не за горами.

Голограммы и невидимость

Еще один способ сделать человека отчасти невидимым – это сфотографировать то, что находится позади него, и затем спроектировать это изображение непосредственно на одежду человека или на некий экран перед ним. Если посмотреть спереди, то покажется, что человек стал прозрачным и свет каким-то образом проходит сквозь его тело.

Этим процессом, известным под названием «оптической маскировки», серьезно занимался, в частности, Наоки Каваками из Лаборатории Тати Токийского университета. Он говорит: «Эту технологию можно было бы использовать, чтобы помочь пилотам увидеть посадочную полосу сквозь пол кабины или водителям осматреться как следует вокруг при парковке автомобиля». «Плащ» Каваками покрыт крошечными светоотражающими бусинками, работающими подобно киноэкрану. То, что происходит сзади, снимается на видеокамеру. Затем это изображение поступает в видеопроектор, который, в свою очередь, проецирует его на плащ спереди.

Прототипы плащей с системой оптической маскировки уже созданы в лаборатории. Если посмотреть точно спереди на

человека в таком плаще, кажется, будто он исчезает, потому что видите вы при этом только изображение того, что происходит позади. Но если вы, а вместе с вами и ваши лаза, немного сдвинетесь, а изображение на плаще при этом останется прежним, станет понятно, что это всего лишь обман. В системе более реалистичной оптической маскировки необходимо будет создавать иллюзию трехмерного изображения. Для этого потребуются голограммы.

Голограмма – то трехмерное изображение, созданное лазерами. Можно сделать человека невидимым, если сфотографировать фон за ним при помощи специальной голографической камеры и воссоздать его затем на специальном голографическом экране перед ним. <...> Выглядеть будет так, как будто человек просто пропал. На его месте окажется точное трехмерное изображение фона. Даже сдвинувшись с места, вы не сможете понять, что перед вами подделка.

Создание таких изображений возможно благодаря «когерентности» лазерного света, то есть тому факту, что электромагнитные колебания в нем происходят строго в унисон. Чтобы построить голограмму, когерентный лазерный луч расщепляют на две части. Одну половину направляют на фотопленку, другую – на эту же фотопленку, но уже после отражения от объекта. При интерференции двух половинок луча возникает интерференционная картина, которая содержит всю информацию об исходном трехмерном луче. Пленка после проявления выглядит не слишком многообещающе – на ней видна только паутина непонятных линий и завитков. Но если пропустить через эту пленку лазерный луч, в воздухе, словно по волшебству, возникает точная трехмерная копия объекта.

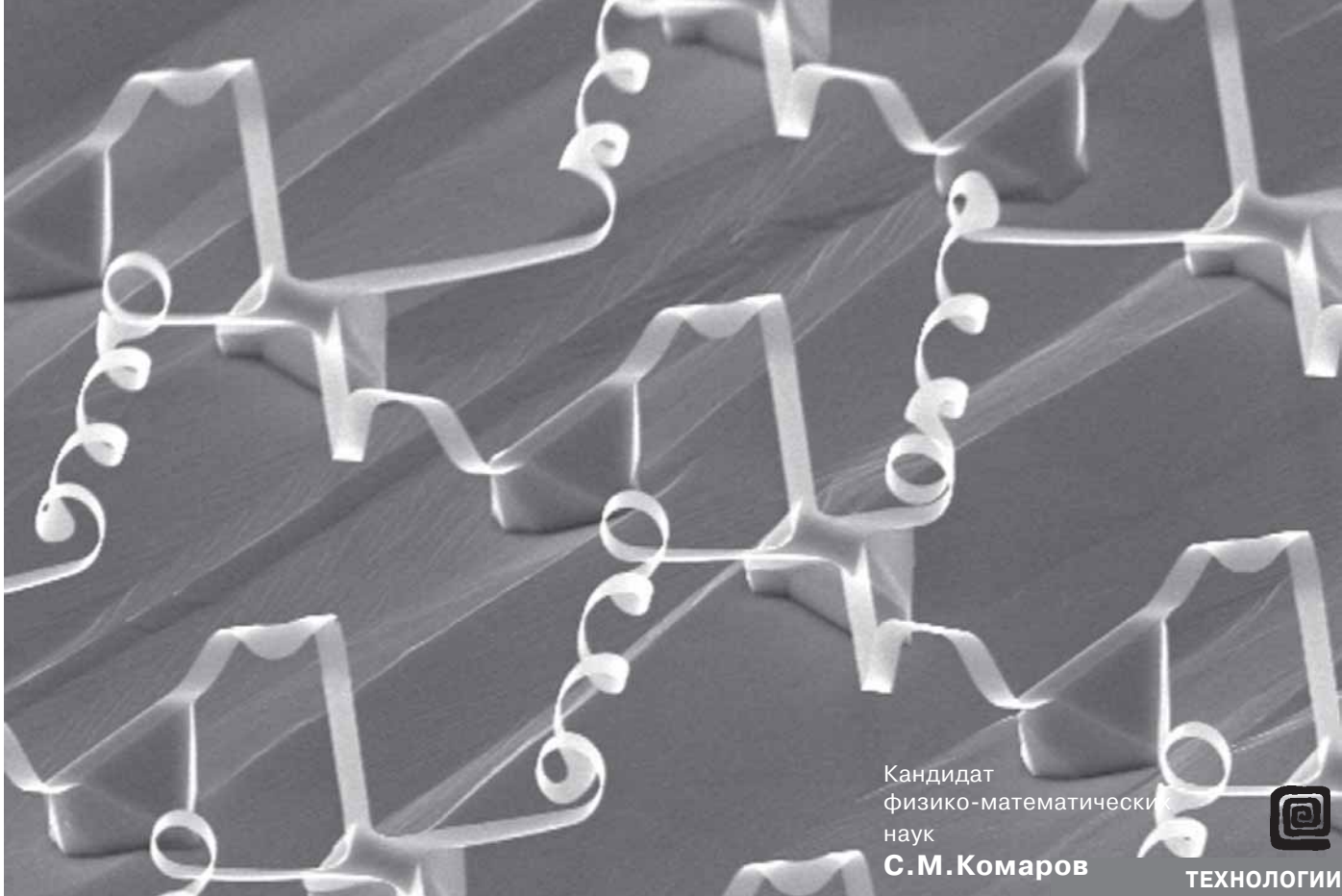
Тем не менее голографическая невидимость ставит перед исследователями очень серьезные проблемы. Одна из них – создание голографической камеры, способной делать по крайней мере 30 снимков в секунду. Еще одна – хранение и обработка всей этой информации. Наконец, необходимо будет проецировать изображение на экран так, чтобы оно выглядело реалистично.

Невидимость через четвертое измерение

Следует упомянуть еще один, куда более хитрый способ становиться невидимым. Этот способ предусматривает использование возможностей четвертого измерения. Может ли человек покинуть нашу трехмерную вселенную и парить над ней в четвертом измерении, наблюдая за происходящим со стороны? Подобно трехмерной бабочке, порхающей над двумерным листом бумаги, такой человек был бы невидим для любого обитателя вселенной внизу. Единственная проблема состоит в том, что существование высших измерений до сих пор не доказано. Более того, гипотетическое путешествие в одно из таких измерений потребовало бы намного больше энергии, чем имеется в нашем распоряжении в настоящий момент, при нынешнем уровне развития техники. Если говорить о реальных способах достижения невидимости, то этот метод, очевидно, лежит далеко за пределами наших сегодняшних знаний и возможностей.

Учитывая громадные успехи, уже достигнутые на пути к невидимости, мы, я думаю, можем смело классифицировать ее как невозможность первого класса, (то есть наиболее вероятную в реализации – *Ред.*). Невидимость того или иного рода может стать обыденной уже в ближайшие несколько десятилетий, в крайнем случае к концу столетия.





Кандидат
физико-математических
наук
С.М. Комаров



фото ИФП СО РАН

ТЕХНОЛОГИИ

Профессии метаматериалов

Метаматериалы могут служить не только для того, чтобы в более или менее отдаленном будущем создать шапку- или танк-невидимку. Они пригодятся для создания принципиально новых методов исследования и систем связи, приборов и устройств в микроскопии, нанолитографии, медицине и многих других отраслях. Ведь метаматериалы работают с самыми разными видами волн, от электромагнитных до акустических.

Хиральный поляризатор тераволн

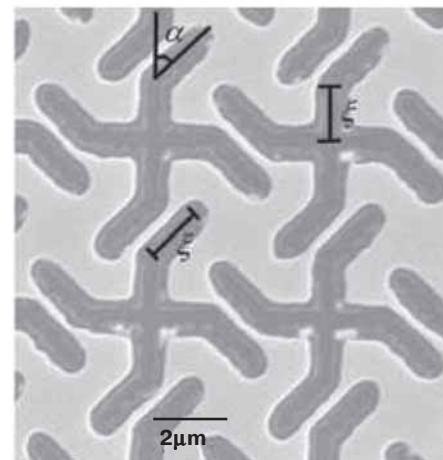
Один из способов создания метаматериалов — применение так называемых хиральных элементов, то есть способных вращать плоскость поляризации излучения. Как правило, таким элементом служит вытравленная в подложке или нанесенная на нее несимметричная фигура, чаще всего тетрагаммаон (то есть составленный из четырех греческих заглавных букв Г). Считается, что под влиянием электрического поля падающей волны в микроскопическом тетрагаммаоне происходит поляризация: положительные и отрицательные заряды стремятся собраться в разных частях составляющих его букв Г. Поскольку каждая Г состоит из двух частей, то неизбежно возникает поляризация не только вдоль направления электрического поля волны света, но и под углом к нему. При последующем переизлучении света это сказывается на поляризации его волн.

Первые опыты с такими объектами провели А.Папакостас и Н.И.Желудев из Саутгемптонского университета, которые сделали оптически активный хиральный метаматериал, сформировав тетрагаммаоны из гетероструктуры «титан-золото-титан» на полированном кремнии. Они поворачивали плоскость поляризации света на 30° . Впоследствии Вэнь Чжан из той же группы сделал оптический хиральный метаматериал из полупроводника.

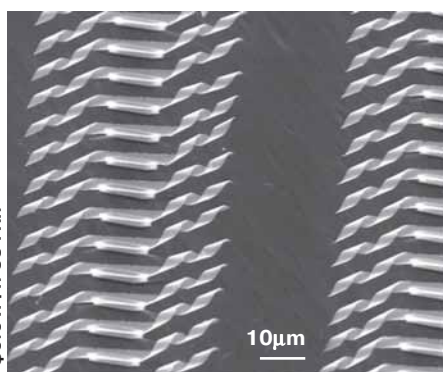
Иной подход к работе с поляризацией предлагают ученые из новосибирского Института физики полупроводников СО РАН (В.Я.Принц, Е.В.Наумова, С.В.Голод, В.А.Селезнев). Они используют объемный хиральный элемент — микроспираль (см. рис. вверху). Спираль, а также другие объемные элементы существенно расширяют возможности метаматериалов по сравнению с плоскими. В частности, созданный ими метаматериал предназначен для сверх-

быстрого управления поляризацией терагерцевого излучения.

Этот вид излучения считается самым перспективным, но неосвоенным диапазоном электромагнитных волн (см. «Химию и жизнь», 2002, №11). Он лежит между инфракрасной частью спектра и радиоволнами, и поэтому тераволны достаточно свободно проходят сквозь вещество, но не повреждают его подобно рентгеновскому лучу. Иначе говоря, они позволяют разглядывать внутреннюю структуру самых разных объектов, не нанося им вреда. Естественно, для управления терагерцевыми лучами нужны все те приборы, которые служат для видимого света, а именно линзы, зеркала и устройства определения и изменения поля-



Тетрагаммаоны для поляризации света



Такие спирали, сделанные в ИФП СО РАН послужат для поляризации тераволн, особенно если содержащие их прозрачные хиральные пленки сложить в стопки

ризации. Таких устройств пока нет, но метаматериалы делают перспективы их создания реальными.

Главной проблемой метаматериалов оказывается технология формирования элементов-резонаторов заданной формы. Ее удается успешно решать с помощью технологии создания микро- и нанооболочек, предложенной и разработанной в ИФП СО РАН. Однажды мы уже писали о ней (см. «Химию и жизнь», 2002, № 10), но полезно напомнить суть этого метода.

На подложке выращивают тонкие слои из различных веществ, причем их подбирают таким образом, чтобы вызвать определенный уровень внутренних упругих напряжений. Эти напряжения всегда возникают в гетероструктуре из-за различия в периодах решеток составляющих ее веществ. Затем на пленке формируют полоски и самый первый, так называемый жертвенный слой выравливают полностью или частично. Оставшаяся пленка скручивается. В том случае, когда направление закручивания (а оно определяется ориентацией кристаллической решетки) совпадает с ориентацией полоски, получится трубка, когда же полоска расположена под углом, выходит спираль. Ее диаметр определяется несоответствием кристаллических решеток и толщиной пленок. Его можно задать с высокой точностью от сотен микрон до нескольких нанометров. Если жертвенный слой выравнить не полностью, спиралька окажется прикрепленной к подложке. На одном квадратном сантиметре можно вырастить и миллионы, и миллиарды спиралей и других структур, причем эта технология вполне пригодна для массового производства, поскольку в ней используют стандартные процессы микроэлектроники.

В недавней статье, опубликованной в «Journal of Optics A: Pure and Applied Optics» за май 2009 года, ученые из ИФП СО РАН и ИЯФ СО РАН рассказывают, что для работы с терагерцевым излучением частотой 2,11 ТГц (длина волны 142 мкм) они создали материал

со спиральками диаметром 14,5 и длиной 73 мкм.

Их выращивают на непрозрачной кремниевой подложке, которая ослабляет излучение. Чтобы избавиться от нее, спиральки, прикрепленные остатками жертвенного слоя к подложке, залили прозрачным пластиком, а потом вытравили жертвенный слой до конца. Так удалось сохранить их правильное расположение в пространстве. Проходя через монороль спиралей, образующих квадратную сетку, терагерцевый луч менял свое направление поляризации на 17°.

Из подобных хиральных пленок можно собирать многослойные структуры, причем удастся точно совмещать спиральки, располагая их друг под другом. Такие структуры станут и дальше поворачивать поляризацию излучения. Предварительные опыты показывают, что, проходя через тонкую стопку хиральных пленок, поляризация обернется по кругу три раза, то есть ее направление изменится на 1000°, причем имеется возможность быстро, за несколько наносекунд, выключения спиралей из игры, а значит быстрой модуляции поляризации.

Хиральный метаматериал из Новосибирска может оказаться незаменимой частью многих терагерцевых приборов будущего — как для изучения поляризационного сигнала при прохождении луча сквозь исследуемый материал (а поворот плоскости поляризации способен нести информацию о строении вещества и его химическом составе), так и для осуществления связи. В последнем случае («поляризационное радио») кодирование сигнала будет осуществляться изменением не амплитуды колебаний несущей волны, а ее поляризации. Это позволит сильно снизить влияние помех, либо совсем их избежать: все-таки лю-

бые препятствия на пути электромагнитных волн в большей степени искажают амплитуду волны, а на поляризацию действуют гораздо слабее.

Металинза для звука

Изобретение линз (V век до н.э.), а затем их широкое использование в очках (с XIII века н.э.) и в других оптических приборах существенно расширили возможности управления светом и его практического применения. В 1967 году в статье, опубликованной в «Успехах физических наук» сотрудник ФИАН им. П.Н.Лебедева, а ныне профессор МФТИ В.Г.Веселаго высказал мысль, что могут существовать материалы с отрицательным коэффициентом преломления электромагнитного излучения. Сейчас эта статья входит в число самых цитируемых из опубликованных в этом журнале, а поначалу часть академической общественности восприняла идею как лженаучную. Однако в начале XXI века Дэвид Смит из Калифорнийского университета создал первый метаматериал для микроволновой области доказав справедливость идеи. В результате ученые получили совершенно новые возможности управления электромагнитным излучением.

Благодаря отрицательному коэффициенту преломления, который не наблюдается в природных материалах, из них можно создавать плоские линзы. Один из лидеров в создании метаматериалов, сэр Джон Пендри из лондонского Королевского колледжа, которому именно за работы по метаматериалам присудили Декартовскую премию 2005 года, в 2000 году показал, что плоская линза Веселаго — на самом деле сверхлинза, позво-

«Фононная» скульптура

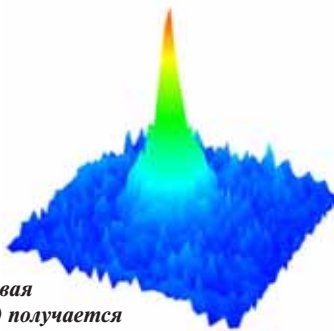


ляющая преодолеть так называемый дифракционный предел и получить изображение предмета, размер которого меньше длины волны используемого электромагнитного излучения. До создания оптической сверхлинзы дело пока не дошло, ведь элементы метаматериала должны быть меньше длины волны излучения.

Однако волна есть волна, и акустическая линза работает на тех же принципах: в 2009 году при использовании акустического метаматериала получено разрешение меньше длины волны ультразвука, что открывает новые возможности для медиков — как в диагностике, так и в лечении.

История развития этой идеи такова. В 2002 году ученые из трех институтов — канадского университета Манитоба (во главе с Джоном Пейджем), китайского Уханьского университета (Лю Чжэню) и их коллеги из гонконгского Университета науки и технологии начали совместные опыты с акустическим метаматериалом. В электромагнитном метаматериале поле волны возбуждает колебания электронов, и параметры этих колебаний сказываются на движении отраженной или прошедшей сквозь материал волны. А звуковая волна возбуждает колебания ионов кристаллической решетки элементов, слагающих этот материал. Их называют фононами, отчего и метаматериал, оперирующий звуковыми волнами, называется фононным кристаллом.

Для ультразвука с длиной волны в миллиметр нужно делать метаматериал из миллиметровых элементов. В 2004 году



Такая звуковая игла (слева) получается с помощью фононного кристалла из шариков карбида вольфрама (справа)



ТЕХНОЛОГИИ

канадская группа опубликовала в «Physical Review Letters» статью о метаматериале, который позволил сфокусировать ультразвук до дифракционного предела — в пятно диаметром 2,4 длины волны. Этот материал состоял из шариков карбида вольфрама диаметром 0,8 мм, плотно упакованных в гранецентрическую решетку. Решетку поместили в воду и на нее направили ультразвук с частотой 1,6 МГц. Длина волны этого звука в воде точно равнялась диаметру шариков, и поэтому его распространение было запрещено. А волна с частотой 1,57 МГц не только свободно проходила сквозь фононный кристалл, но и фокусировалась в своего рода звуковую иглу. Позже удалось сделать острие этой иглы в пять раз меньше длины волны ультразвука.

У акустических метаматериалов есть еще одно интересное применение — защита от шума. В сущности, забор из длинных стержней представляет собой одномерный фононный кристалл. Несколько таких заборов, поставленных на равном расстоянии друг от друга, дают

двумерный фононный кристалл. Подбирая параметры этого кристалла, можно сделать декоративную изгородь, которая защитит от шума, но при этом будет вполне прозрачной. Первыми подобный двумерный метаматериал с отрицательным коэффициентом преломления для ультразвука частотой 0,67 МГц в 2005 году создала китайская группа Лю Чжэню. Он представлял собой решетку из стальных проволочек миллиметрового диаметра, расположенных с периодом в полтора миллиметра.

Если же речь идет о нормальном звуке с гораздо большей длиной волны, то прототипом подобного шумозащитного фононного кристалла служит работа испанского скульптора Эусебио Семпере. Собственно, именно интересные звуковые эффекты в месте установки этой скульптуры и побудили испанских ученых во главе с Франсиско Месегьером задуматься в 1995 году о таком техническом решении.



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ

Георгий Воронков
Феномен
поверхности —
мир межфазной
границы
М.: Поколение,
2009



Все твердые или жидкие поверхности временно или постоянно граничат с другими фазами — газообразными, жидкими или твердыми. Пограничная область между фазами, межфазная граница раздела, имеющая нанометровые масштабы, ответственна за протекание важных в практическом отношении процессов, таких, как

смачивание, адсорбция, электрические явления, разрушение, трение и смазка, катализ, синтез полимеров, флотация, приготовление топлив и др. Знания о пограничных областях важны также при создании различных технологий, приготовлении дисперсий — суспензий, эмульсий, пен, а также веществ с пористой структурой, сплавов и т.д.

Книга в популярной форме знакомит читателя с историей возникновения и развития представлений о физикохимии поверхностей и явлений, происходящих на межфазной границе. Предназначена для студентов, аспирантов, специализирующихся в области физической химии, а также учащихся старших классов и широкого круга читателей.

Айзек Азимов
Строительный
материал Вселенной.
Вся Галактика
в таблице
Менделеева
М.: Центрполиграф,
2007



В книге просто и увлекательно рассказано о системе классификации химических элементов. Азимов всесторонне характеризует их, разъясняет особенности применения в быту, промышленности и даже в искусстве. Автор рассматривает каждый элемент отдельно, но группирует их в зависимости от их важности в жизни человека и космоса.

Биологические олимпиады школьников

Кандидат биологических наук
С.В.Багоцкий

Первая в мире предметная (математическая) олимпиада для выпускников гимназий была проведена в 1890-х годах в Австро-Венгрии. А в нашей стране — в 1934 году на мехмате Ленинградского университета. С 1935 года математическую олимпиаду стал проводить и Московский университет. На этих олимпиадах увлекающиеся математикой школьники могли попробовать свои силы в решении нетривиальных и интересных задач. Впоследствии предметные олимпиады школьников стали важной составной частью советской системы образования.

В конце 1950-х годов начала ежегодно проводиться Математическая олимпиада школьников стран СЭВ, которая довольно быстро превратилась в Международную математическую олимпиаду, открытую для всех стран мира.

После Великой Отечественной войны появились олимпиады по биологии. Первая такая олимпиада была проведена в 1950-м году на биолого-почвенном факультете МГУ. Как ни удивительно, но ее первым руководителем был... ближайший соратник академика Т.Д.Лысенко Исай Израилевич Презент, занимавший в те годы посты декана биофаков и Московского, и Ленинградского университетов. После сессии ВАСХНИЛ 1948 года И.И.Презент курировал также деятельность, связанную с перестройкой преподавания биологии в средней школе в духе «мичуринской агробиологии» и «творческого дарвинизма».

В начале 1950-х годов неравнодушный к прекрасным студенткам Презент был со скандалом уволен из обоих университетов. После этого и до 1972 года олимпиадой руководил преподаватель кафедры зоологии позвоночных К.Н.Благосклонов. Позднее олимпиаду возглавляли Н.А.Заренков, С.Э.Шноль, Г.М.Длусский, А.М.Гиляров и другие преподаватели Московского университета.

Умение и желание решать нетривиальные математические задачи справедливо рассматривалось как наиболее надежный признак наличия у юноши или девушки математических способностей.

Поэтому методология проведения математических (равно как и физических) олимпиад школьников сложилась довольно быстро и не претерпела особенных изменений. С биологией ситуация оказалась значительно сложнее.

С самого начала возникло несколько подходов к методологии проведения биологических олимпиад. В их основе лежали различные взгляды на то, что такое предметная олимпиада школьников. Таких взглядов в первом приближении два:

1. Олимпиада — это экзамен.
2. Олимпиада — это занимательная и поучительная игра.

Экзамен, как известно, проверяет знания и стандартные навыки, а игра — умение применять эти знания и навыки в нестандартной ситуации. Но главное, даже не в этом: экзамен проверяет, а игра учит.

В учебном процессе необходимы и экзамен, и игра. Сила отечественной системы высшего образования была связана, безусловно, со сложными экзаменами. Но не только. С конца 1950-х годов в среде студентов и научных работников приобрела огромную популярность игра под названием «Клуб веселых и находчивых» (КВН). Не будет, наверное, преувеличением считать, что она стала одной из несущих конструкций нашего высшего образования, воспитывая у играющих в нее интеллектуалов умение творчески применять знания.

По-видимому, идея использования в образовании чего-то подобного КВН принадлежит великому русскому полководцу Александру Васильевичу Суворову. Он был велик не столько выигранными битвами, сколько принципиально новым подходом к подготовке войск. Этот подход основывался на развитии у каждого солдата творческих способностей, находчивости и умения действовать «по обстановке». «Далеко ли от Земли до Луны?» — спрашивал Суворов солдата. И получал ответ: «Два суворовских перехода, ваше превосходительство!»

Есть два типа специалистов в любой сфере деятельности: «профи» и «ас» (инспектор Лестрейд и Шерлок Холмс). Профи очень хорошо знает, что и когда нужно делать, но склонности и способностей к творчеству он лишен и за пределы своей компетенции не выйдет. Профи — идеальный исполнитель. Ас же все время пытается придумать что-то новое.

Своеобразие русской культуры заключается в том, что профи в ней формируются плохо. В нашей стране хорошие специалисты получают почти исключительно из асов. Это хорошо понял Суворов и вопреки традициям своего времени сделал ставку на аса. В этом и заключался секрет его побед.

Свои подходы к подготовке войск Суворов отстаивал в бескомпромиссной борьбе с воспитанными в немецких традициях генералами, для которых идеальный солдат был автоматом, безраздумно выполняющим указания начальства. Если бы не поддержка Екатерины II, Суворова быстро бы съели. Ориентировавшийся на немецкий порядок Павел I отстранил Суворова от командования, но военная необходимость заставила его пересмотреть свое решение.

После смерти Суворова его идеи заглохли, воскреснув в нашей стране в 1930-х. Проводившаяся в СССР индустриализация со всей остротой поставила вопрос о том, на кого делать ставку: на профи или на асов.

Главным идеологом ставки на профи был директор Института труда А.К.Гастев, который полагал, что нужно обучить рабочих передовым приемам труда (а называя вещи своими именами, выдрессировать их) и тогда вчерашний крестьянин станет квалифицированным рабочим. Все просто.

Негласным оппонентом А.К.Гастева был народный комиссар тяжелой промышленности Г.К.Орджоникидзе. Его назначение на такой пост стало поистине политической сенсацией. Ведь товарищ Серго не работал в тяжелой промышленности ни дня. Да и в плане способности добиваться успехов любой ценой он явно уступал таким деятелям, как Л.М.Каганович.

Однако в активе Г.К. Орджоникидзе было уникальное политическое достижение. Будучи секретарем Кавказского комитета ВКП(б), он сумел после кровопролитной гражданской войны установить мир в этом «пороховом погребе России». На Кавказе сделать это силой невозможно. Нужно быть, во-первых, авторитетным человеком, а во-вторых — хорошим дипломатом, умеющим найти язык с полевыми командирами и привлечь их на сторону советской власти. Назначение Серго Орджоникидзе



РАЗМЫШЛЕНИЯ

наркомом тяжелой промышленности означало, что советское руководство понимает: главные проблемы индустриализации — не в технической, а в социальной плоскости. Орджоникидзе нужно было найти пути превращения массы крестьян в высококвалифицированных рабочих и попутно нормализовать сильно испорченные к этому времени взаимоотношения с технической интеллигенцией.

А.К.Гастев был, несомненно, очень умным человеком. А товарищ Орджоникидзе был еще и мудрым. Ибо понимал: вчерашний крестьянин превратится в профи западного образца в обозримом будущем не сможет. А вот в аса — пожалуй...

В 1930-х годах при активном участии Серго Орджоникидзе в СССР был создан настоящий культ асов в самых разных сферах деятельности. Его вершиной стало начавшееся в 1935 году стахановское движение. Рабочие, которые не только вкалывали, но и думали, становились национальными героями.

И наверное, не случайно первые математические олимпиады школьников появились в СССР именно в это время. Математические олимпиады формировали у детей психологию асов, стремящихся самостоятельно найти решения трудных проблем, а не исполнителей чужих указаний. Поэтому математические олимпиады, хоть и имели предосудительную в советском обществе направленность на выявление и формирование интеллектуальной элиты, хорошо вписались в проводимый политический курс.

Математические и физические олимпиады школьников никогда не вырождались в экзамен, а вот с биологическими, которые возникли существенно позже, это происходило сплошь и рядом. Ведь в общественном сознании биология оставалась наукой, где нужно много чего знать и не нужно думать. И не только в общественном сознании. На этом постулате в течение долгого времени была построена подготовка учителей биологии и даже научных работников. Когда я учился на биофаке МГУ, сложность научной дисциплины определялась числом страниц, которые нужно было прочесть к экзамену. И я не уверен в том, что к настоящему времени обстановка коренным образом изменилась к лучшему.

«Экзаменационный» подход к проведению биологических олимпиад существует в разных вариантах. В примитивном, ныне уже непопулярном варианте — это просто проверка знания школьной программы. В более продвинутом — проверка знаний программы вузовской, в более благородном — проверка практического знания живой природы.

Удивительно, но экзаменационный подход защищают многие сильные педагоги. Они полагают, что олимпиада должна выявлять объем внепрограммных знаний по биологии, которыми владеют школьники. На самом деле это понятно: такая олимпиада оценивает не ученика, а его преподавателя. Точнее, способность этого преподавателя путем интенсивного натаскивания подготовить ученика к олимпиаде. «Олимпийские» успехи учеников становятся для учителя средством удовлетворения собственного тщеславия и повышения престижа.

«Мои ученики знают биологию на уровне четвертого курса университета», — говорит иной педагог. И очень обижается, когда его спрашивают: а зачем? Не разумнее ли вузовскую программу в вузе и осваивать, а драгоценные школьные годы тратить на занятия, более соответствующие возрастным особенностям и потому более полезные для развития?

В середине 1970-х годов главная биологическая олимпиада СССР — Биологическая олимпиада школьников в Московском университете решительно отказалась от экзаменационного подхода и сделала ставку на творческие задачи, зачастую предполагающие несколько возможных ответов. В педагогических кругах это вызвало шок. Я вспоминаю многочисленные возмущенные жалобы на то, что олимпиада предъявляет школьникам какие-то сверхъестественные требования.

В настоящее время в нашей стране проходит несколько биологических олимпиад. Существует проводимая по линии Министерства образования и науки РФ Всероссийская биологическая олимпиада школьников. Она проходит в несколько этапов: олимпиады в школах, затем районный, областной, региональный и, наконец, всероссийский этапы. Победители всероссийского этапа едут на Международную олимпиаду.

В последние годы победа во Всероссийской олимпиаде стала давать большие льготы при поступлении в вуз. Это привело к нехорошим последствиям: министерская олимпиада на всех уровнях стала быстро превращаться в экзамен по вузовской программе: экзаменационный ответ легче оценить количественно и объективно, чем творческую работу. Но полезна ли детям олимпиада, на которой предлагают, к примеру, такие тестовые задания:

В молекулярно-биологических исследованиях для получения вектора или фрагмента ДНК при клонировании последо-

вательности ДНК широко используют ферменты

- 1) ДНК-топоизомераза второго типа
- 2) микроокклевая нуклеаза
- 3) эндонуклеазы рестрикции
- 4) ДНК-полимераза с экзонуклеазной активностью? (цитируется по: О.С.Ганчарова, О.А.Злобовская, О.О.Кирюхина, Г.В.Мерцалов, А.В.Огарков, Д.А.-Решетов. Олимпиада по биологии. Взгляд изнутри. М.: изд-во МЦНМО, 2009).

По-прежнему активно функционирует и сохраняет свои традиции старейшая в стране Биологическая олимпиада школьников в Московском университете, хотя число школьников, приезжающих на нее с разных концов страны, значительно уменьшилось. Ничего не поделаешь: овес (то есть билеты на поезд и самолет) в наши дни дорог.

По линии Министерства иностранных дел России ежегодно проводится Олимпиада соотечественников, в которой принимают участие школьники из разных стран СНГ. Эта олимпиада многопредметна: каждый ее участник выбирает научную дисциплину, в соревнованиях по которой он хотел бы участвовать, но выполняет задания и по другим предметам. Она менее формализована, чем Всероссийская, и активнее использует творческие вопросы, а также вопросы междисциплинарные. Особенно такие, которые напоминают ее участникам о связях их стран с русским народом и с русской культурой, а заодно и о связях друг с другом. Вот несколько примеров.

Один философ говорил, что биология — это такая наука, в рамках которой могут нарушаться даже законы арифметики. Что мог иметь в виду философ? Согласны ли Вы с его точкой зрения? Попробуйте привести примеры нарушения законов арифметики в биологии.

У Агафьи Тихоновны из пьесы Н.В. Гоголя «Женитьба» было три жениха: Подколесин, отставной моряк Балтазар Балтазарович Жевакин и экзекутор Яичница. Известно, что в роду Агафьи Тихоновны и в роду всех трех ее женихов была одна и та же наследственная болезнь, вызываемая редким рецессивным аллелем, расположенным в соматической хромосоме. Этой болезнью страдали:

- а) родной брат Агафьи Тихоновны,
- б) брат отца Подколесина,
- в) бабушка Подколесина с материнской стороны,
- г) сын, которого от Балтазара Балтазаровича родила мулатка,
- д) бабушка Яичницы с отцовской стороны,
- е) дедушка Яичницы с материнской стороны.

Другие родственники этой болезнью не страдали.

Какова вероятность того, что Агафья Тихоновна и каждый из женихов является носителем опасного аллеля?

Какова вероятность того, что у Агафьи Тихоновны окажется больным первый ребенок от брака с а) Подколесиним, б) Жевакиным, в) Яичницей. За кого из троих женихов лучше выйти замуж Агафье Тихоновне, чтобы вероятность рождения больного ребенка оказалась наименьшей?

Дмитрий Карамазов был носителем редкого рецессивного аллеля. С какой вероятностью носителем этого аллеля был Смердяков?

Представьте себе, что в 1910 году в немецком городе Геттингене в трактире «Der Gestiefelte Kater» («Кот в сапогах») встретились 60-летний зоолог и 40-летний генетик. И, как водится, начали спорить по поводу эволюции. Попробуйте написать небольшую сценку, изображающую этот спор.

Поэму про Королеву Ужей написала

- 1) Анна Ахматова,
- 2) Зульфия,
- 3) Саломея Нерис,
- 4) Леся Украинка.

В течение нескольких лет мне пришлось составлять задания для Московского городского тура Всероссийской биологической олимпиады. Подходы, используемые мною при составлении заданий, были близки к подходам, развиваемым на олимпиаде соотечественников. Эта моя деятельность вызвала неудовольствие и даже возмущение группы авторов, выступивших с большой статьей на страницах одной уважаемой педагогической газеты. В статье были подвергнуты критике задания, предлагавшиеся на олимпиаде 2000 года. Я хочу привести два отрывка из этой статьи:

«Вряд ли имеет смысл искать элементы приличия и в тестовых заданиях о выборе ближайшего родственника человека среди осла, козла, медведя и мартышки (№ 1, 9 кл.) или способа потребления козой азота, одним из которых предлагается мочевина (т. е. моча), регулярного мытья в бане военнослужащих, ношении

нижнего белья, темпераменте депутатов Государственной Думы, национальных отличий поляков от чехов».

Посмотрим, о каких вопросах шла речь.

9-1. Ближайшим родственником человека является:

- а) мартышка,
- б) осел,
- в) козел,
- г) медведь.

(Обратите внимание на номер вопроса: это первый вопрос в 9 классе. Его задача — создать настроение. Мы же работаем с детьми, а не с роботами!)

11-31. Коза получает азот в форме:

- а) солей аммония,
- б) мочевины,
- в) газообразного азота,
- г) аминокислот.

(Ну не пьет она мочу, не пьет! Тем более что мочевина — это химическое вещество, а моча — сложный раствор.)

9-15. Военнослужащие на фронте регулярно моются в бане, чтобы предотвратить эпидемию:

- а) СПИДа,
- б) сыпного тифа,
- в) дизентерии,
- г) ангины.

9-29. В жарком и сухом климате лучше ходить в:

- а) одних трусах,
- б) белых одеждах,
- в) черных одеждах,
- г) одних трусах, но в черной шляпе.

9 - 37. По своему темпераменту господин Жириновский

- а) холерик,
- б) сангвиник,
- в) флегматик,
- г) меланхолик.

(Никаких политических призывов или даже намеков этот вопрос не содержит и политических симпатий организаторов олимпиады не отражает. Среди прочих российских политиков В.В.Жириновский был выбран исключительно ввиду импозантности его имиджа.)

Замечено, что в лесах, где живет кабан, травяная растительность более разнообразна, чем в сходных лесах, где кабана нет. Как, по-вашему, с чем это может быть связано?

Предложите сюжет детективной повести, герой или героиня которой, пользуясь глубокими знаниями биологии, разоблачает опасных преступников.

У большинства покрытосеменных растений пестики находятся внутри цветка. Однако у некоторых из них пестик находится под цветком, так как чашелистики, лепестки и тычинки отходят от верхушки завязи (например, у представителей семейств сложноцветных, тыквенных, зонтичных, у некоторых розоцветных). Какими способами в процессе эволюции завязь могла «переместиться» под цветок?

10-33. В основе отличия поляков от чехов лежат различия в:

- а) генотипах,
- б) фенотипах,
- в) национальных культурах,
- г) записях в документах.

(А это вопрос принципиальный. В нашей стране многие люди всерьез думают, что национальная принадлежность человека определяется генами. В фашистской Германии такая точка зрения была официальной и называлась «теория «кровь и почва». Ее главный разработчик Альфред Розенберг был повешен по приговору Нюрнбергского трибунала. В том числе и за свои «научные труды».)

Еще одна цитата из статьи:

«Трудно представить себе, в чем заключается биологическое содержание и необходимость проявить знания о признаках определения свежести продуктов (№ 20, 9 кл.), конструкции технических средств: датчиков (№ 35, 9 кл., № 16, 11 кл.), мотора (№ 27, 10 кл.) и работы фотоаппарата (№ 33, 9 кл.), физико-химических законах (Бойля — Мариотта, Авогадро, Ома — № 25, 9 кл.) или постулатах логики как науки (№ 41, 11 кл.). Непонятно, какое отношение к олимпиаде по биологии имеют вопросы о том, в каком возрасте больше всего нравятся стихи Пушкина и Лермонтова — в 10, 15, 30 или 40 лет (№ 42 и 43, 9 кл.) или о различиях природы в живописи Шишкина и Левитана (№ 6, 8 кл.), об особенностях учения основателя психоанализа (№ 45, 9 кл.). Но больше всего поражает предложение сочинить стихи (!) о лошади (№ 7, 8 кл.) и о березе (№ 7, 7 кл.).

А вот и вопросы, которые критиковались во втором отрывке:

8-6. Чем отличается изображение природы на картинах Шишкина и Левитана?

9-20. Консервы непригодны к употреблению, если:

- а) отскочила этикетка,
- б) помялась банка,
- в) вздулась крышка,
- г) стенки консервной банки испачканы смазкой.

Почему, когда промокают ноги, обычно заболевает горло?

Чем компьютерные вирусы похожи на обычные вирусы, изучаемые биологами? В чем они совершенно различны?

Как бы вы организовали прием студентов на отделения медицинских институтов, готовящие врачей-хирургов?

Какая точка на теле улитки соответствует заднему концу тела кольчатого червя? Почему вы так думаете? Каким образом эта точка смогла оказаться в столь неожиданном месте?

С каким зверем дрался Мцыри? Почему вы так думаете?

Нарисуйте следы зайца и белки на снегу.

Замечено, что среди ряда богатых видами семейств (лютиковые, пасленовые и

Некоторые задания, предлагавшиеся на Московской городской биологической олимпиаде и Биологической олимпиаде соотечественников

9-25. В основе засасывания воздуха в легкие лежит закон:

- а) Авогадро,
- б) Бойля — Мариотта,
- в) Ома,
- г) кратных отношений.

9-33. Конструкция глаза человека отличается от конструкции фотоаппарата:

- а) механизмом, обеспечивающим резкость изображения на фоточувствительной поверхности;
- б) механизмом, регулирующим освещенность фоточувствительной поверхности;
- в) тем, что на сетчатке глаза строится перевернутое изображение, а на фотопленке — нет;
- г) принципиальными особенностями оптической схемы.

9-35. Синонимом технического термина «датчик» является биологический термин:

- а) анализатор,
- б) рецептор,
- в) рефлекс,
- г) нейрон.

Нужно ли для ответа на этот вопрос знать устройство датчиков?

9-42. Стихи А.С. Пушкина больше всего нравятся в возрасте:

- а) 10 лет,
- б) 15 лет,
- в) 30 лет,
- г) 40 лет.

9-43. Стихи М.Ю. Лермонтова больше всего нравятся в возрасте:

- а) 10 лет,
- б) 15 лет,
- в) 30 лет,
- г) 40 лет.

9-45. Принцип доминанты сформулировал:

- а) И.П.Павлов,
- б) А.А.Ухтомский,
- в) З.Фрейд,
- г) Н.И.Пирогов.

т. д.) встречается много ядовитых растений. Как, по-вашему, случайно ли это?

Как, по-вашему, почему земноводные никогда не живут в океанской воде, а некоторые пресмыкающиеся — живут?

В средневековой Японии были популярны короткие философские стихи о природе. А вот русское стихотворение в японском стиле:

Два облака —
Два белых лепестка...

В уездных
Деревянных городках,
Наверно, отцветают вишни.
(В. Помазов)

Попробуйте сочинить подобное стихотворение о природе.

10-27. У автобуса аналогом генотипа организма можно считать:

- а) мотор,
- б) руль,
- в) приборы, на которые смотрит водитель,
- г) чертежи и техническую документацию.

Знать устройство мотора автобуса для ответа на этот вопрос явно не нужно.

11-41. Процесс мышления не изучает:

- а) психология,
- б) парапсихология,
- в) нейрофизиология,
- г) логика.

В последнем вопросе, по мнению авторов статьи, от школьников требовались знания «постулатов логики, как науки»!

Что же касается предложения сочинить стихи о лошади и о березе, то это задание выполнили (и с большим удовольствием) почти все участники олимпиады. Немало интересных ответов было дано и на вопрос об изображении природы на картинах Шишкина и Левитана.

Я бы хотел обратить внимание на некоторые акценты в позиции наших критиков. Главное критическое замечание, не всегда высказываемое, но всегда подразумеваемое, заключается в том, что интеллектуальный и культурный уровень ученика, а также его творческие способности «весят» на наших олимпиадах больше, чем биологические знания. Это действительно так. Мозг школьника — не жесткий диск компьютера, и поэтому к участникам олимпиады нужны другие подходы. К тому же, как отмечалось выше, олимпиада, проверяющая знания, превращается в соревнование не учеников, а их репетиторов.

Активное неприятие вызывают у наших оппонентов и вопросы, требующие некоторых знаний по другим школьным предметам. Они полагают, например, что вопрос о том, на каких физических законах осуществляются вдох и выдох, не имеет отношения к биологии (см. выше). В несколько более поздние времена возмущение вызвал и такой вопрос:

Раньше всех жил последний общий предок:

- 1) орла и осла,
- 2) ската и судака,
- 3) волка и крокодила,
- 4) кита и коровы.

Позже всех была открыта:

- 1) хромосома,
- 2) рибосома,
- 3) митохондрия,
- 4) лейкопласт.

Генетически одинаковы:

- 1) споры, образовавшиеся на одном растении плауна булавовидного;
- 2) половые клетки, образовавшиеся на одном заростке папоротника-орляка;
- 3) сперматозоиды, образовавшиеся в организме племенного хряка Урагана;

Предположим, что в соматической хромосоме Наташи Ростовской из «Войны и мира» была редкая мутация. С какой вероятностью эту мутацию получит еще родившийся в описываемое в романе время мальчик, который, когда вырастет, станет великим русским писателем Львом Николаевичем Толстым?

Для ответа на этот вопрос нужно образовать, кто из персонажей «Войны и мира» был прототипом родителей Л.Н.Толстого. Умному школьнику, прочитавшему роман, сделать это нетрудно. Лев Николаевич Толстой не мог быть сыном Пьера Безухова и Наташи Ростовской по той причине, что после 1825 года Пьер наверняка будет сослан в Сибирь. То же самое, вероятно, произойдет и с сыном Андрея Болконского. Методом исключения приходим к выводу, что Л.Н.Толстой — сын Николая Ростова и его жены Марьи, урожденной княжны Болконской. Тем более что отчество у великого писателя — Николаевич. Одинадцатиклассник, не способный это сообразить, либо не отличает умом, либо не читал «Войну и мир». И то и другое — плохо.

И, что самое главное: наши оппоненты рассматривают олимпиаду как экзамен, цель которого — выяснить, кто из детей знает биологию лучше, а кто хуже. Для нас на первом месте стоит другая цель: чему-то научить участников олимпиады, заставить их задуматься над тем, о чем они раньше не думали. А лучший способ заставить человека задуматься —

4) ядра эндосперма в семенах одной липы.

Ядра эндосперма березы бородавчатой содержат:

- 1) 13 хромосом,
- 2) 16 хромосом,
- 3) 21 хромосому,
- 4) 25 хромосом.

Подсказка: из вышеупомянутых чисел только одно делится на 3.

Из перечисленных ниже животных самый длинный хвост у

- 1) орангутана,
- 2) гориллы,
- 3) шимпанзе,
- 4) свиноголовой макаки.

Подсказка: а есть ли у человекообразных обезьян хвост?



РАЗМЫШЛЕНИЯ

предложить ему интересный вопрос. Это хорошо знал еще великий философ древности Сократ.

Желая противостоять полной «егэизации» образования, руководители элитарных вузов добились для победителей предметных олимпиад значительных льгот при поступлении. Боюсь, что эта победа — пиррова и ее последствия будут для олимпиад плачевными. Олимпиады окажутся под колпаком у бюрократического аппарата и превратятся в экзамены по вузовской программе. Явные симптомы «егэизации» олимпиад по разным предметам уже проявляются, о чем не раз писала газета «Литература. Приложение к «Первому сентябрю»».

За льготы при приеме для победителей предметных олимпиад придется дорого заплатить, и, на мой взгляд, от этих льгот правильнее отказаться. Это предложение звучит ужасно, но мы должны отдавать себе отчет в том, что бесплатный сыр бывает только в мышеловке. Платой за льготы при приеме в вузы окажется конец «суворовских» подходов к проведению олимпиад. Или же в лучшем случае разделение олимпиад на те, которые дают льготы, и те, которые чему-то учат. Учитывая прагматизм нынешней жизни, думаю, что число школьников, желающих участвовать в олимпиадах второго типа, значительно уменьшится.

А может быть, это и хорошо, скажет иной читатель. Ведь в самой экономически сильной стране современного мира, США, до недавнего времени предметные олимпиады школьников не проводились (несмотря на очень высокий уровень работы с талантливыми детьми, выявляемыми путем многостороннего тестирования). Причем сознательно: США делает ставку на профи, а не на асов. Что никак не мешает, а наоборот, способствует их экономическому процветанию. (Правда, значительную часть американской науки делают

выходцы из бедных стран. В том, числе, увы, и из России.) А если мы уж очень хотим работать с талантливыми детьми, давайте устроим массовое тестирование на IQ и позаботимся о тех, у кого IQ 170 и выше.

Полагаю, что нам не следует отказываться от предметных олимпиад школьников. Америка Америкой, а Россия — Россией. Предметные олимпиады, в отличие от IQ, ориентируются на интересы учеников, в этом их ценность. Другое дело, что эти олимпиады, особенно по таким предметам, как биология, география, история и литература, должны не «егэизироваться», а «айкьюзироваться». Тем более что у IQ наряду с его недостатками есть одно большое достоинство. Сильный ученик может решить сложную задачу не столько потому, что он быстро умный, сколько потому, что он ищет способ ее решить. А слабый ученик ищет способ, как бы ее не решать (зачастую проявляя при этом немалую изобретательность). У них разные стратегии подхода к сложным задачам (и вообще к сложным проблемам). Поэтому сильный ученик со временем умнеет, а слабый — глупеет. Думаю, что IQ оценивает не только ум, но и характер, выявляющийся при столкновении со сложными задачами. Этим он и ценен.

Педагог, накачивающий учеников внепрограммными знаниями, и организаторы Биологической олимпиады, эти знания проверяющие, совместными усилиями оказывают школьникам медвежью услугу. Они приучают пользоваться готовыми ответами и отучают думать самостоятельно. А самое страшное, что эти господа воспитывают людей, у которых возникает шок при столкновении со сложными проблемами, требующими самостоятельных решений. Это уже не ошибка — это преступление.

По своему темпераменту холериком был:

- 1) Андрей Болконский,
- 2) старый князь Николай Болконский,
- 3) Пьер Безухов,
- 4) Анатолий Курагин.

Парасимпатическая нервная система парасимпатического пса Мухтара наиболее активно работает, когда он

- 1) задерживает шпиона,
- 2) лает на генерала,
- 3) лижет нос дочке прапорщика Сидорова,
- 4) гонится за котом Обормотом.

Половецкий хан мог угощать князя Игоря

- 1) шоколадными конфетами,
- 2) изюмом,
- 3) ананасами,
- 4) подсолнечными семечками.

Мы едим цветоложе у

- 1) винограда,
- 2) груши,

- 3) сливы,
- 4) черешни.

Большой вклад в развитие биологии внес выдающийся немецкий писатель

- 1) Г. Гейне,
- 2) И.В. Гете,
- 3) Л. Фейхтвангер,
- 4) Ф. Шиллер.

Во времена Петра Великого генетически изолированной группой русского населения были:

- 1) действительные статские советники,
- 2) старообрядцы,
- 3) стрельцы,
- 4) портные.

Поручик Ржевский мчался в атаку на французов на коне

- 1) буденновской породы,
- 2) владимирской породы,
- 3) донской породы,
- 4) орловской породы.

Трудности перевода

«Не нужно верить тому, что химия — наука таинственная и непонятная». Такими словами начиналась аннотация на книгу Поля Деловера «О, химия!» издательства «Техносфера», опубликованная на правах рекламы в февральском номере нашего журнала. Популяризация науки — задача благородная, но выполнять эту задачу надо хорошо. В частности, издателям переводной литературы не следует экономить на переводчике и научном редакторе. Поэтому мы сочли необходимым опубликовать впечатления читателей «Химии и жизни» от этой книги.

Можно по-разному относиться к раскованному стилю изложения самого Деловера, устроившего ералаш из многих тем и понятий, но переводчик этой книги постарался окончательно запутать читателей. Возможно, редактор мог бы исправить ситуацию, отловив ошибки, но его, похоже, не было вообще.

Автор, как ему кажется, в непринужденной манере описывает «сеансы магии», то есть химические опыты. Однако при чтении перевода понять их суть удастся только профессионалу с большим стажем проведения этих опытов. В книге упоминается «сеанс магии, использующий сырые яйца, состоящий в том, чтобы, когда они тонут или находятся в погруженном в воду состоянии, постараться заставить их плавать на поверхности» (с.27, стиль перевода сохранен). И всё! Проницательный читатель должен самостоятельно догадаться, что для всплытия утонувших яиц надо растворить в воде изрядное количество соли.

В описаниях биохимических процессов автор чувствует себя увереннее — там изложение понятнее и перевод точнее. Зато в неорганической химии...

Вместо «разложения» роданида ртути в опыте с «фараоновыми змеями» (очень красивый опыт, в котором роданид ртути в виде мелка поджигают с одного бока и из него тут же выползает одна или несколько «змей») написано «взаимодействие» с этим веществом (с.143). Тонко приготовленный активированный уголь превращен переводчиком в тонко разделенный (с.91), а это совершенно лишнее, поскольку его надо тонко готовить, но не размалывать. Активированный уголь приготавливают в несколько стадий, среди которых размалывания может не быть. Зажечь свечи при взаимодействии воды со спрятанными в фитиле кусочками натрия (с.92) не удастся (шипение будет, а огонь не появится), но сделать это с пероксидом натрия вполне возможно. Да и вулкан из серной кислоты и $KMnO_4$ (с.94) лучше не делать — лабораторию жалко! В термос с жидким азотом можно запри-



нуть несколько воздушных шариков, но не «десяток мячей, наполненных воздухом...» (с.31).

Еще меня поразил такой абзац: «Этот феномен повторного замерзания льда был открыт ирландским физиком Джоном Тиндолом — наиболее известный как эффект, носящий его имя, имеет место из-за рассеивания света коллоидами — и именно он заложен в основу катания на коньках по льду». Джон Тиндол (а не Тиндол) действительно открыл эффект рассеивания света в коллоидах, но это никак не связано с другим его исследованием — плавления льда при давлении. Более того, как показали дальнейшие исследования, лед при скольжении по нему фигуриста или при давлении ножом не плавится, а пластически деформируется. Допустим, это физические тонкости, в которых переводчик не обязан разбираться. Но читаем дальше и понимаем, что переводчик не знаком даже с устоявшимися химическими терминами.

Действительно, какой химик не знает, что существует принцип Ле Шателье (а не Шантеле), горелка Бунзена (а не свеча Бюнсена), реакция Майяра (а не Мейярда), кислота Бренстеда (а не Бронстеда). Что немецкого химика Мичерлиха не принято называть Митшерлихом, а первого химика-органика звали Веллер (а не Вехлер!)? Впрочем, что там химия, если художника Дега назвали на старинный манер Дегас, Тайлерана — Тайлерандом, а залив Гудзон — Худсоном!

Вернемся, однако, к принципу Ле Шателье. Равновесие (с.28) H_2O - лед H_2O при повышении давления, по логике автора, должно смещаться влево, но в тексте написано обратное. Впрочем, оно тут вовсе ни при чем, поскольку для плавления необходимо гораздо большее давление, чем можно получить в указанных случаях.

И опять о терминологии. Вместо диэтилового эфира (с.33) появился таинственный оксид диэтила, марганец назвали магнием (с.43), раствор щелочи в книге называется алкалин (с.62), алюмокалиевые квасцы — алюн (с.85), полиэфир стал полиэстером (с.97), стакан из непрозрачного стекла превратился в смотровой стакан (с.57), цветные пары NO_2 стали блестящими (с.91), плавление (льда) подменено «синтезом» (с.28), адиабатическое расширение — адиабатическим ослаблением (с.165), а подкисление фильтра серной кислотой названо окислением (с.90). Далее уже не удивляет, что сероуглерод называют дисульфатом углерода (с.66), пероксид водорода — кислородной водой (с.67), Фелингову жидкость (или реактив Фелинга) — ликером Фелинга

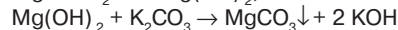
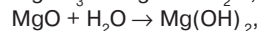
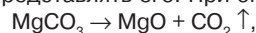
(с.46), а ледяную уксусную кислоту — замороженной (с.84). Стоит ли обращать внимание на такие мелочи, как «кислотно-базовый индикатор» (с.89) или «явление тампона» вместо буферной емкости (с.137)? Из этого занимательного пособия можно узнать, что при горении свечи кислород — топливо (с.93), фосфор при взаимодействии с бертолетовой солью «показывает большую окислительную способность» (с.73), а серная кислота оплавляет украшения и часы (с.77).

Если бы отставной солдат Брандт «сжигал на угле остатки от испарения мочи» (с.66), то он никогда не обнаружил бы свечное фосфора (а увидел бы только дым). Как известно, Брандт выпарил несколько сотен литров мочи, сухой остаток прокалил, потом смешал с углем и прокалил без доступа воздуха. В результате образовался белый фосфор, который медленно окислялся и красиво светился зеленым светом (фосфоресцировал). При простом сжигании фосфора на воздухе свечение не будет заметно из-за более яркого пламени и плотного непрозрачного дыма.

Если бы активированный уголь не адсорбировал пары диоксида азота, а приводил к «полному их испарению» (с.91), то не существовали бы противогазы. Если бы «флюоресценция и фосфоресценция являлись радиоактивной релаксацией» (с.169), то жизнь на Земле из-за высокого уровня радиации была бы под большим вопросом.

А вот еще шедевры перевода: гидролиз сложных эфиров в щелочной среде — «намыливание» (с.165), альдегиды являются в первую очередь сахарами» (с.45), эвтектика — свойство некоторых твердых смесей плавиться «при хорошо определенной температуре точно так же, как чистое вещество» (с.170), « CO_2 ... — отвердитель в CaCO_3 » (с.83) или, например, хлорид кислоты (с.95)...

И еще немного о трудностях перевода. Как поступает нерадивый студент? Делает перевод на компьютере и подсовывает преподавателю. Тогда веществу будет не иметь свойства, а представлять его. При описании опыта Жозефа Блэка:



появится фраза: «Но в действительности, газ, который ушел во время нагревания, был восстановлен в окиси магния за счет твердого вещества, а именно K_2CO_3 » (с.52).

На фоне этого калька с иностранного текста, трудно читаемая по-русски, — просто мелочи. Например, «дают место осаждению», «дают место явлению флюоресценции», «это соединение передачей заряда является синим», «обеднение хлорид-ионами вынуждает положение равновесия изменится влево для того, чтобы восстановиться», «происходит перемещение положения равновесия вправо с целью ее регенерировать», «это, конечно, не самые надежные показатели, ни наиболее многообразные эксперименты, которых не хватает, чтобы подкрепить это важное высказывание» и т.д. и т.п.

Студент, сказавший что-либо подобное на экзамене, получит «неуд», а что же издательство? В ногу со временем поставило переводчику «зачет», как нерадивому студенту, которого жалко выгонять с пятого курса. Ведь химия — наука таинственная и непонятная!

Для кого же предназначена эта книга? Мне кажется, не для студентов и преподавателей, как заявлено в аннотации, а для переводчиков, чтобы они учились на чужих ошибках.

Доктор технических наук,
профессор
А.В.Добрынин



Доктор химических наук
Е. В. Бабаев,
МГУ им. М.В.Ломоносова

Река Аремзянка на топографическом плане земель Корнильевых (1861)

Продолжая серию публикаций о великом химике (2009, №2, 4, 6), приглядимся чуть пристальнее к периоду его детства и отрочества. Хотя по всем бумагам родился Менделеев в Тобольске, до пяти лет он рос на берегу речки Аремзянки в маленькой деревне, которую справедливо называют его малой родиной. (Имя речки по В. Софронову идет от татарского слова «гарифзян», что означает «мудрый хан»). В наши дни имеются два села — Нижние Аремзяны (старинный татарский юрт в низовьях Аремзянки при ее впадении в Иртыш) и Верхние Аремзяны, стоящие вверх по течению реки, старинная вотчина Корнильевых. Впрочем 200 лет назад никаких Верхних Аремзян не было, на старых картах значится крупное село Аремзянское (где жили фабричные крестьяне), а неподалеку — маленькая деревушка Мало-Аремзянская (на одной из карт — просто Аремзянка), где на высоком косогоре стоял господский дом, фабрика и живописная церковь.

Интересное предание об этой семейной церкви есть в книге по истории сибирской иконописи. Оказывается, на одной из икон этого храма среди грешников в сцене Страшного суда был достоверно изображен некий тобольский митрополит. (Один из губернаторов именно так выразил свою неприязнь к нему, а икону подарил Корнильевым.) Менделеевы об этом знали, а потому, едва очередной владыка намеревался посетить их село, страшно беспокоились и спешно прятали икону на чердак.

Детство «первое»

В своих воспоминаниях Менделеев назовет этот период «мое первое детство», откуда он получил свои «первые впечатления от природы, от людей и от промышленных дел». Природа — это не только живописные окрестности, это прежде всего живая природа. Предприимчивая мать в одном из писем сообщает, что завела в деревне немало живности: коров, лошадей, овец, свиней, коз, гусей, уток, индеек, кур. Такое изобилие не могло не привлечь внимания любопытного «последыша». Спустя несколько лет этот интерес дал замечательные плоды. Невозможно без улыбки читать курсовые работы студента Менделеева по зоологии, где под его пером сухая таксономия родов и видов вдруг оживает, перемежаясь пассажами, исполненными трогательной нежностью к животным. Известно, что он едва удержался, чтобы не избрать зоологию своей специальностью, но в последний момент передумал (видимо, к счастью для потомков). А сколько позднее он написал статей о животноводстве, даже о навозе есть отдельная статья!

Память о беззаботном деревенском детстве, судя по всему, была столь сильна, что повлияла и на образ жизни, избранный Менделеевым в зрелые годы. Вспомним ту страсть к сельской жизни, которая много лет спустя вдруг обуяла столичного профессора, прикупившего имение Боблово. При этом постоянные поездки в село за тридевять земель имели целью отнюдь не только уединенные занятия агрохимией. Скорее, наоборот: именно туда, в деревню он перевез своих сестер с их бесчисленными чадами и родней, что явно не способствовало уединению. Похоже, он все пытался вплоть до глубокой старости воссоздать вокруг себя мирок огромной и счастливой семьи, вернуться в то «первое детство», в окружение любящих и любимых людей. Конечно, детские «впечатления от людей» не исчерпывались семьей. Весь быт родителей был пронизан дружественным отношением к своим крепостным и фабричным, что не могло не повлиять и на сына. Своим дворянским титулом, доставшимся по рождению, он не кичился, а, напротив, как известно, всегда обожал потолковать с простым человеком, прислугой, мастеровыми. В конце жизни Менделеев на три часа заехал в Аремзян-



Вид на церковь д. Мало-Аремзянская (фото Д. Менделеева)

ку повидать своих сверстников, тех самых крепостных, с кем он когда-то играл в бабки...

И конечно же в память ребенка навеки впечатался стекольный завод – волшебство огня, превращающего привычные пепел и песок в тягучий, а потом звонкий хрусталь. К тому же на фабрике, похоже, творчески экспериментировали с окраской стекла: спустя сто лет при раскопках тут нашли необычный «клад» из оплавленных стекляшек и бус всех цветов радуги (не иначе как дети и закопали свои «сокровища»). Впрочем, из всех детей только у Дмитрия эти яркие образы переросли в профессиональный интерес. Его дипломная работа – анализ стеклообразного силиката. Его магистерские тезисы – анализ строения твердых растворов на примере кремнезёмов, то есть тех же стекол. Его заключительный труд по физической химии – следующий этап обобщения все той же темы, попытка охватить единой теорией растворы в целом: твердые, подобные стеклу, и обычные жидкие. Наконец, вспомним его статьи о технологии (не только стекловаренной), работы по фабрично-заводскому делу, книгу-пособие о том, где надо строить заводы.

Наверное, этих примеров достаточно, чтобы увидеть характерную черту Менделеева: все то, что в «первом детстве» попало в луч его внимания, что стало близким и родным, не только не исчезало и не вытеснялось из его памяти, а, наоборот, бережно сохранялось, переплавлялось и в итоге перерастало в профессию, характер, судьбу.

Утерянный рай

Дети Менделеевых подрастали. Повзрослевшая Катя в апреле 1839 года вышла замуж за М. Я. Капустина, овдовевшего чиновника, и переехала жить к нему в Тобольск, став приемной матерью двоим его детям, а позднее нарожала полдюжины своих. Внезапно обнажилась проблема, на которую Мария Дмитриевна до поры закрывала глаза: она стала разрываться между делами фабрики и воспитанием пятерых оставшихся детей. Отъезд Катеньки (которая «заступала место матери» при детях и «путеводила сестер») был лишь предвестником назревавшей драмы. Через месяц гром грянул из Москвы: старшего сына Ваню отчислили из университетского пансиона за дурное поведение. В ультимативной форме родители затребовали выслать Ванечку назад в Сибирь под их присмотр. Московский дядя, Василий Корнильев, долго не соглашался. Он предложил пристроить непутевого племянника на службу по межевой части, на что Иван Павлович резонно возразил, что «боязно: межемерная часть – пьяная часть, где служащие, находясь всегда на свежем воздухе, нередко согреваются искусственно». Не особенно сдерживаясь в выражениях в адрес сына («пакостлив как кошка, а труслив как заяц и плаксив»), отец тем не менее полагал, что его сердце «еще не окаменело



ПОРТРЕТЫ

и не огрубело совершенно в пороках». Отчаянию же Марии Дмитриевны и вовсе не было предела, во всем она винила только себя и злополучную фабрику, в жертву которой была принесена нравственность ее детей.

Всю весну семью преследовали недобрые знамения: сначала наводнение, потом пожар, в котором сгорела их церковь с печально известной иконой. Мать писала, «как пожар и наводнение разрушили на фабрике пятилетние труды мои, так пороки и страсти злополучного сына разрушили все попечения его благодетелей». В довершение всего новый зять вместе с Катей были вынуждены уехать совсем далеко — в Омск, ставший летом 1839 года новой резиденцией генерал-губернатора (отчего все учреждения и их чиновники перебирались вслед из старой столицы Сибири в новую). Как вспоминали тогда, в городе внезапно стало тихо, лишь белки, птицы да лягушки изумленно скакали по улицам враз опустевшего Тобольска.

После отъезда Капустиных освобождался их дом в Тобольске на Болотной улице (ныне улица Менделеева), и к августу в семье созрело окончательное решение о переезде в город, тем более что Ваня вернулся и должен был продолжить учебу в гимназии, да и младших мальчиков пора было готовить к школе. Мария Дмитриевна решает оставить фабрику (наняв управляющего, к большому неудовольствию брата) и перевозит все нажитое, включая живность, в Тобольск. С этого момента семья отказывается от официальных выездов, все расходы урезаются, штат прислуги минимален, а сестры (Поля, Лиза и даже 12-летняя Маша) шьют платья на продажу. Мать успокаивается, она посвящает всю себя детям, по вечерам читает им вслух книги из библиотеки Корнильевых, а с утра семилетний Паша и пятилетний Митя отвечают уроки старенькому учителю. Беззаботное первое детство для младшего закончилось.

Детство «второе»: второклассник и второгодник



Спустя два года (в 1841 году) девятилетнего Пашу отдали в гимназию. Учиться тогда брали в восемь-девять лет, учебный год начинался 1 августа, а обучение с 1836 года стало семиклассным. Чтобы младший Митя один дома не баловался, упростили взять и его в возрасте семи лет (с тем условием, что в одном из классов он пробудет два года). Первые два класса он закончил вполне успешно, а затем, вынужденно став второгодником,

резко съехал по всем предметам, видимо потеряв интерес к повторению уже пройденного. Увы, и позднее он учился неровно, был типичным троечником, с редчайшими пятерками (по математике у любимого им учителя Руммеля), четверками (по истории у Доброхотова) и сплошными колами и двойками по латыни (у ненавистного Резанова, или «Редьки», с которым «доходило до драки»). Низкая успеваемость грозила исключением. Его тем не менее переводили «без задержек», как он полагал, «в виду того, что общая подготовка и должное развитие все же у меня были и оставление в классе только бы испортило, вероятно, всю мою жизнь». Впрочем, для него-то как раз могли делать исключения, все-таки сынок бывшего директора, да и дом гимназии — Корнилевский, стены помогали. Твердая четверка по законоведению тоже понятна: сестра Маша вышла в 1845 году замуж за учителя М.Л. Попова, который и вел этот предмет. Впрочем, по оценкам заметно, что, когда надо, мог и собраться, к экзаменам готовился много серьезнее, чем к урокам, оттого, видимо, и аттестат вышел вполне благопристойный. В итоге получилось, что гимназию второгодник «окончил без задержек» совсем юным, 15 лет от роду, обогнав по возрасту остальных выпускников 1849 года. (В аттестате, чтобы документ выдали, недорослю приписали 16 лет.)

Самое курьезное, что через много десятилетий свой совершенно нетипичный случай обучения (и по срокам учебы, и по особому отношению учителей к нему и его оценкам) Менделеев предложил сделать универсальным: всеобщее обучение начинать с семи лет и заканчивать в 15; латынь желательно отменить, а переводных и выпускных оценок вообще не ставить. Что-то даже сбилось; жаль, он позабыл, как из-за холеры начало учебного года однажды сдвинули на 1 сентября...

Ненависть к латыни в жизни Менделеева приобрела настолько гипертрофированные черты, что заставляет задуматься. Это не миф, он действительно разбивал камнями и жег учебник по латыни на Панином бугре, с нежностью цитировал свою няню, для которой «латынец» было ругательным словом, настаивал, что для России «Невтоны важнее, чем Платоны», требовал убрать мертвые языки и все «классическое» из учебных программ. Между тем стоит вспомнить, что устремления его отца были прямо противоположными: Иван Павлович всю жизнь усиливал классическую компоненту в образовании, о чем говорят его нововведения (курсы логики и риторики в Тамбове и Тобольске) и даже тайная страсть — так и не увидевший свет перевод «Латинских древностей». Возможно, что отрицание всего «классического» было скрыто в подсознании ребенка и вылилось в форму протеста против идеалов безвольного отца в пользу деятельной матери, призывавшей избегать «латинского самообольщения».

Homo unius libri

Пылкую страсть к реформам образования и отрицание классики Менделеев мог усвоить и от одного из своих учителей — Петра Ершова. П.П. Ершов, выпускник той же гимназии, окончил столичный университет и яркой звездой вспыхнул на небосклоне отечественной литературы, представив в качестве курсовой работы по словесности своего «Конька-Горбунка». Обласканный корифеями, удостоенный восхищения самого Пушкина, Ершов, этот homo unius libri (на ненавистной, но меткой латыни — «человек одной книги»), увы, не смог создать иных произведений, равных своей юношеской сказке. Его звезда будто прогорела и угасала, а «Горбунка» вскоре надолго запретили, усмотрев насмешки над властью.

Романтик до мозга костей, Ершов в 1836 году добровольно вернулся назад в Сибирь, учителем в свою бывшую гимназию, исполненный благородных планов, мечтавший «разрушить умственные цепи», посвятить себя просвещению этносов. В Тобольске Ершов написал новую школьную программу словесности, где место классических текстов занимала современная

ему поэзия и проза, разрабатывал проект полной реформы обучения в гимназиях. На уроках Ершов читал ученикам Пушкина и Жуковского, рассказывал о своих встречах с поэтами. На каких-то уроках сидел и юный Менделеев, правда, по словесности у него — обычная тройка.

Директором гимназии в 1837—1849 гг. был малограмотный чиновник Качурин. У него, как и у некоторых других учителей Менделеева, образование исчерпывалось четырьмя классами той же гимназии. Качурин требовал жестких регламентов во всем, от длины волос учителя до слепого следования букве утвержденных программ. Ершов задыхался от возмущения, но вынужден был подчиняться. Свою программу он отправил в 1844 году на рассмотрение в министерство в надежде, что хотя бы опубликуют. Чиновники, однако, были в недоумении: как это «ввести преподавание Пушкина и Гоголя в школе»? Просто неслыханно, как такое вообще может прийти в голову. Лишь через три года (!) пришел краткий, невнятный ответ: «Не вполне отвечает понятиям воспитанников». Отказать...

В 1844 году Ершова назначили школьным инспектором, ему в обязанность вменялось постоянно быть при учениках. Хотя теперь-то, во время долгих пеших прогулок он все-таки мог читать им стихи. Интересно, что под школьным аттестатом Менделеева 1848 года стоит подпись Ершова (в тот момент исполняющего обязанности директора). Поста директора этой гимназии Ершов добился лишь в 1857 году и прослужил до 1862 года. В поздний период Ершов — автор едких эпиграмм, ряд которых включен в сочинения Козьмы Пруткова.

Менделеева и Ершова связала не только гимназия, но и родственные узы. Вскоре после своего появления в Тобольске Ершов влюбился в Серафиму Лещеву, вдову с четырьмя детьми. Одну из дочерей, десятилетнюю Феозву, та отправила к своему брату Протопопову в столицу в 1838 году. В следующем году Ершов сделал Серафиме предложение, сыграли скромную свадьбу. Из письма матери Феозва узнала о том, что у нее появился отчим. Непонятно, правда, видела ли она его когда-либо, а если и видела, то помнила ли? Через шесть лет, когда Феозва училась в Екатерининском институте в Москве, ее мать Серафима скончалась, о чем дочь узнала из письма отчима в 1845 году. Такое вот у них получилось родство — краткое и «заочное». Ершов был женат несколько раз, но всю жизнь (до самой смерти в 1869 году) он переписывался с Феозвой и даже побывал в столице в 1858 году; возможно, они все-таки встретились. Дмитрий Менделеев, став в 1862 году мужем Феозвы Никитичны, чем мог помогал Ершову: хлопотал о пенсии, о переиздании сказки — все же какой-никакой, а тещь...

Герои, персонажи, люди

В конце 1830-х, примерно тогда же, когда семья Менделеевых вернулась в город, в нем стали потихоньку появляться не совсем обычные жители — ссыльные декабристы. Каторжане и ссыльные шли, понятно, с запада (как правило, в обход Тобольска), а вот декабристы двигались с востока: у многих закончился срок каторги, и их перемещали на поселение. В Тобольске сформировалась самая большая колония из 15 декабристов (семеро нашли здесь последний приют). Как писал Менделеев, «семьи декабристов в те времена придавали тобольской жизни особый отпечаток, наделяли ее светлыми воспоминаниями». После посещения Тобольска в 1899 году он упоминает



Петр Павлович Ершов

лишь три фамилии: «А тут жили почтенные декабристы — Фонвизин, здесь Анненков, тут Муравьев, близкие к нашей семье». Чем же запомнились ему эти трое?

Начнем с последней фамилии. Муравьевых в Тобольске побывало двое. Старший, Александр Николаевич (1792—1863), прошедший всю войну полковник генштаба, основатель первого декабристского тайного общества (Союза спасения) прибыл в ссылку в весьма необычном качестве — губернатором. Царь, видимо, счел его вину минимальной (к моменту восстания полковник охладил к своему детищу), а потому милостиво доверил этот пост опытному человеку. Недолгий период этого губернаторства (1832—1834) тоболяки считали лучшим в своей истории, впервые в крае началась серьезная борьба с мздоимством. Скоро, однако, беспокойного правдолюбца перевели в Вятку. В те годы общаться с градоначальником по делам гимназии довелось лишь ее директору И.П.Менделееву. Его сын Дмитрий мог помнить лишь младшего родственника — корнета лейб-гвардии Александра Михайловича Муравьева (1802—1853), прибывшего в Тобольск в 1845 году с женой Жозефиной и пятью детьми. Служил он младшим писарем, но век бывшего кавалергарда, как в песне, был недолог: скончался он здесь же (за две недели до дня его официального помилования). Для своих детей Муравьевы устраивали балы, маскарады и елку, конечно же приглашая и младших Менделеевых. (К балам Митю готовили в особом танцклассе, где однажды он отказался танцевать с некоей Сонечкой Каш; лет через десять она стала его невестой и напомнила об этом случае.)

Следующий в списке, поручик Иван Александрович Анненков (1802—1878), прибыл в Тобольск в 1841 году и ведал делами ссыльных в Приказе общественного призрения. (Это его роль в советском фильме «Звезда пленительного счастья» блистательно сыграл Игорь Костоловский.) Его жена, француженка и бывшая модистка Полина Гельб, ставшая Прасковьей Егоровной Анненковой (1800—1876), оставила мемуары (которые, правда, обрываются 1830 годом). Как известно, их венчание состоялось в церкви Читинского острога: жениха привели в храм в кандалах, которые сняли лишь на паперти, а после венчания вновь надели. (Всю жизнь жена носила крест и браслет, сделанные из кандалов мужа Бестужевым.)

Если Менделеевы старшие дружили с Анненковым-декабристом, то Менделеевы младшие — с его детьми, «декабрытами»: Ольга Анненкова (Иванова) уехала в Омск и тесно сблизилась с Екатериной Капустиной, а старшим другом Мити стал сын Анненковых Владимир. На стенах своего дома в Тобольске кавалергард Анненков держал коллекцию старинного оружия; как пишут, он любил давать уроки фехтования не только своему сыну Володе, но и его однокашнику Дмитрию Менделееву. Хотя пером химик овладел явно лучше, чем шпагой, об этих уроках он вспомнил спустя несколько лет, когда вышел знаменитый роман Александра Дюма «Учитель фехтования», главными персонажами которого были те самые супруги Анненковы. От со-



ПОРТРЕТЫ

ветской историографии не мог укрыться и еще один «революционный» след: именно Владимир Иванович Анненков, став позже председателем Самарского окружного суда, осмелился в 1892 году взять на работу молодого юриста Владимира Ульянова, брата казненного государственного преступника.

Особую роль в жизни Марии Дмитриевны (да и всей колонии декабристов) играла ее ближайшая подруга, Наталья Дмитриевна Фонвизина, урожденная Апухтина (1803 ?—1869). Бросив двоих грудных детей, та последовала в ссылку за своим мужем. Ее супруг, Михаил Александрович Фонвизин (1788—1854), отставной генерал-майор, едва приехав на поселение в Тобольск в 1838 году, подал оставшееся без ответа прошение о переводе рядовым на Кавказ. Понятно почему: герой Бородина, он начал службу адъютантом Ермолова и Барклая, прошел от Аустерлица до Парижа и закончил войну в оккупационном корпусе, пленившем Наполеона. Уйдя в отставку в 1822 году, он женился на шестнадцатилетней красавице. История этого брака легла в основу судьбы Татьяны в «Евгении Онегине» Пушкина.

Ужель та самая Татьяна? В реальной жизни история была следующей. За юной Натальей Апухтиной ухаживал некто Рунсброк, но, узнав, что ее семья на грани разорения (имение описали за долги, а отца задержали), он отношения прервал. Девушка пыталась убежать в монастырь, но с дороги ее вернули. Спас положение двоюродный брат матери, М.А.Фонвизин, седой генерал (член семьи-кредитора), посватавшийся за бесприданницу. Жена всю жизнь была благодарна мужу за благородство, о чем при случайной встрече на балу и сообщила Рунсброку. Даже отчество у Татьяны Пушкин сохранил то же, что у Натальи Дмитриевны. Сама Фонвизина писала И.И.Пушину (своему второму мужу): «Ваш приятель Александр Сергеевич, как поэт, прекрасно и верно схватил мой характер, пылкий, мечтательный и сосредоточенный в себе, и чудесно описал первое его проявление при вступлении в жизнь сознательную». Даже сам Лев Толстой «не устоял» перед Фонвизиной: свой (так и не законченный) роман о декабристах он начал с образа некоей женщины, бросившей ради сосланного мужа двоих грудных детей...

Тема воспитания детей была главной в дружбе М.Д.Менделеевой с Н.Д.Фонвизиной. (Четверо детей Фонвизиных умерли, и они удочерили трех воспитанниц.) Впрочем, склонность Фонвизиной к мистицизму и даже ясновидению, ее экзальти-



Наталья Апухтина-Фонвизина (пушкинская Татьяна) и ее муж генерал М. Фонвизин



Герой романа Дюма «Учитель фехтования» Иван Анненков и его жена Прасковья Анненкова (Полина Гельб) с крестом из кандалов мужа



ПОРТРЕТЫ

рванная религиозность, жертвенность притягивали многих. Это Фонвизина подбила Анненкову и Муравьеву тайно проникнуть в Тобольский острог и накормить ссыльного Достоевского. Все три семьи нередко бывали в гостях у Менделеевых, там же появлялся и Ершов. В общем, литературные пробелы второгодник Менделеев мог с лихвой восполнить личным знакомством с персонажами, этой литературой воспетыми.

Добавим еще трех декабристов, близких этой семье: врач и музыкант Свистунов (лечивший детей Менделеевых), поэт А.Н.Чижов (племянник того самого Чижова, однокурсника Ивана Павловича) и конечно же Николай Басаргин. В 1842 году сестра Мити Ольга Медведева овдовела и лишилась крова: за имущество мужа-купца началась долгая тяжба. Ольга жила то у матери в Тобольске, то у сестры Кати в Омске, где, видимо, и познакомились с Басаргиным, а в 1847 году они поженились.

О влиянии, которое оказали на сибиряков декабристы, написано много; ограничимся лишь парой цитат. Н.Басаргин: «Они поняли, что наше уважение нельзя иначе приобрести, как хорошим поведением, и поэтому старались казаться порядочными людьми, и, следовательно, усвоили некоторые нравственные понятия». В.Чивилихин: «Разбуженный декабристами Герцен (толком и не знавший их лично) воскликнул: «Да, это были люди!» А девяностолетняя неграмотная бурятка Жигмит Анаева из Селенгинска, не слышавшая о Герцене, но хорошо знавшая многих, просто, спокойно и мудро, можно сказать, возразила ему: «Это были боги, а не люди».

Сороковые роковые

Посвятив себя семье, Мария Дмитриевна готовилась пожинать плоды спокойной старости. У Маши (жившей в соседнем флигеле) и Кати (в Омске) появлялись все новые внучата, Ольга с Басаргиным поселились в Ялугоровске и вскоре удочерили ребенка. Иван закончил школу, устроился на службу в Омск и жил в доме Капустиных, под неусыпным наблюдением старшей сестры. Павел, однажды побывав у них, был так очарован Капустиными, что твердо решил по окончании учебы уехать туда же. После долгих хлопот, сбора разрешений и пожертвований мать построила и освятила в Аремзянке новую церковь, открыв при ней крестьянскую школу. Воспитав шесть дочерей, она лелеяла в душе тайную мечту: когда-нибудь открыть первую в Сибири гимназию для девочек. (Мечту воплотили ее друзья-декабристы через год после ее смерти.) Опасения вызывали лишь здоровье (ее и мужа), падающие с каждым годом доходы от фабрики да все более странный образ жизни двух младших дочерей, явно не стремящихся создать семью.

В 1840-е годы на Алтае появился миссионер Макарий, одержимый идеей введения чина диаконисс. (Духовные отцы есть, отчего же не быть духовным матерям?) Не найдя поддержки у иерархов, он стал проповедовать. Под его влиянием одна из тоболячек Е.Ф.Непряхина стала первой из таких диаконисс. Следующей жертвой в 1844 году пала Аполлинария Менделеева, признавшая Непряхину своей духовной матерью. Теперь Полю мало интересовала семья: стоя на коленях в любой церкви, она молилась ночи напролет. Сестра Лиза потянулась за ней.

Дела фабрики пришли в полный упадок. Начиная с 1844 года письма матери о ней напоминают фронтовые сводки о все возрастающих потерях. Хлопочут декабристы и их дру-



Ваня, старший брат Дмитрия

Мария Менделеева

зья, Якушкин и Пущин озабочены возами непроданного стекла. Фабричные из сочувствия к барыне работают в долг, но все тщетно. В октябре 1847 году умер Иван Павлович. Ершов снял с уроков гимназистов-певчих, Качурин отпустил учителей проводить в последний путь бывшего директора. Поля еще больше ушла в молитвы (как казалось матери, «искала смерти»), даже тяжело простудившись, согласилась ставить пивявки и греть ноги в ванне лишь с благословления духовной матери. В январе 1848 года она умерла. Из письма матери в Омск: «К чему еще должна я готовить себя? Или лучше: чего не могу я вынести теперь, когда в течение трех месяцев похоронила мужа и дочь и не падаю под тяжестью судьбы моей?» Семья едва спаслась в холерное лето, когда за месяц умерло 600 человек и лишь четкие действия декабристов остановили эпидемию. Пашу отослали в Омск, а Лиза все никак не выходила из депрессии. Тем же летом 27 июня в Аремзянке пожар: сгорели фабрика и все склады, забитые так и не проданным стеклом. Декабрь 1848 года: сгорели конторские помещения и все бумаги...

Непонятно, как мать с Митей и Лизой дожили до 12 июля 1849 года, когда последышу вручили аттестат. Наверное, выручал ее девиз «Терпение должно быть щитом моим». Можно было, конечно, распродать книги, но что-то остановило: «Напрасно, милая Катенька, думаешь ты, чтобы я стала продавать фундаментальную библиотеку, а послать к вам каталог считала нужным для того, чтобы вы, как дети, знали, в чем состоит мое богатство, под залог коего в другом месте могла бы иметь деньги».

Оставаться в Тобольске невозможно: боязно за Лизу, да и жить на что? (Брат отказался инвестировать в пепелище.) Быть иждивенкой у одной из трех замужних дочерей? Это не в ее принципах, к тому же хоть кто-то в семье должен продолжать традицию мужа и получить высшее образование — это может быть лишь Митя. Отправить его одного? Нет уж, довольно истории со старшим братом. Поехать с ним, но куда? Выпускникам Тобольской гимназии, все еще относимой к Казанскому округу, путь один — в Казанский университет. Но еще свежа память саратовских унижений от тех самых казанских профессоров. Остается последняя надежда — брат. «Братец богат и счастлив, а я бедна и злополучна», он пожалеет и поможет. В Москве ведь тоже есть университет, а там Шевырев, знаток латыни, наверное, еще помнит мужа. В Москву!

Продолжение следует

Еще раз о роли первопроходцев



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

В журнале «Техника–молодежи» (2009, № 3) появилось интересное замечание: «Первые образцы пионерских изобретений были уродцами, неспособными к дальнейшей эволюции. Схемы первых самолетов Лэнгли, братьев Райт и Сантос-Дюмона не получили дальнейшего развития. То же можно сказать о паровой машине Ползунова, о паровозах, автомобилях, электрогенераторах и даже безопасной бритве Жиллета. Оказывается, изобретатели-пионеры всегда очень плохие конструкторы. Но их корявые, неказистые, уродливые образцы выполняют не техническую, а социальную функцию: они, привлекая к технической проблеме внимание грамотных, знающих, опытных конструкторов, разжигают в них задор, желание блеснуть своим умением и квалификацией. Они-то, конструкторы, идя второй волной, и создают настоящие, практические, способные к эволюции машины, становящиеся потом классическими».

Наблюдение интересное, но трактуется оно не совсем верно. Психологические эффекты имеют значение, но главное — в другом: изобретатели-пионеры доказывают «теорему существования». Становится ясно, что можно создать летательный аппарат тяжелее воздуха, паровоз и т. д. И лишь потом этим начинают заниматься люди с другим типом мышления или характером.

Изобретатель, приступая к работе, не знает, как надо эту работу делать — что и отличает изобретательство от других видов человеческой деятельности. Поэтому, приступая к работе, он не может быть уверен в том, что справится. И не всякий человек может долго и интенсивно трудиться без такой уверенности, но среди изобретателей такие люди есть. И если маловероятные события происходят, изобретатели достигают успеха, сомневающиеся убеждаются, подключаются другие изобретатели и инженеры, наконец — люди, имеющие в своем распоряжении денежные средства. Будь это предприниматели, меценаты или чиновники, имею-

щие право выдать изобретателю субсидии, — не важно: имея деньги, изобретатели могут ускорить работу.

Все это подробно описал физик и популяризатор М.П.Бронштейн в своем очерке об изобретении радио (М.П.Бронштейн. Солнечное вещество).

Как известно, 12 марта 1896 года А.С.Попов продемонстрировал работу беспроволочного телеграфа. В телеграмме было всего два слова: «Герц Герц». Почему А.С.Попов оказал такую честь именно ему? Да потому, что за несколько лет до этого знаменательного дня Герц передавали принимал радиоволны на расстоянии до 16 метров, то есть именно он создал первый радиопередатчик и радиоприемник. Но почему тогда не его называют изобретателем радио? На это есть несколько причин, и вот главная: он не мог передавать информацию на большие расстояния. Кстати, он и не ставил перед собой эту задачу, он лишь хотел подтвердить существование электромагнитных волн. Максвелл теоретически доказывал их существование, а Герц сначала обнаружил эти волны, а потом занялся изучением их свойств. Но попутно он показал, что с их помощью можно передавать сигналы.

Вскоре после первых сообщений об опытах Герца в 1892 году физик Уильям Крукс, рассказывая о них, сообщил, что ученые в разных странах Европы пытаются с помощью электромагнитных волн передавать телеграммы. Но если такая идея носилась в воздухе, то почему только два человека, А.С.Попов и Гульельмо Маркони, добились успеха? Потому что они были хорошими инженерами и нашли целый ряд оригинальных технических решений. Например, Попов сделал более чувствительный, чем у Герца, приемник на основе открытого несколькими годами раньше Оливером Лоджем эффекта воздействия электромагнитных волн на железные опилки.

В технике отличать разрешимые проблемы от неразрешимых иногда бывает очень непросто. Поэтому роль

изобретателей-первопроходцев очень велика — доказательство принципиальной возможности достижения того или иного эффекта бывает ценным, даже если его не удается использовать сразу. Например, для развития химии большое значение имели первые примеры получения органических веществ из неорганических. К таким пионерским работам относятся первые опыты по синтезу мочевины и уксусной кислоты. Реакции, посредством которых эти вещества были получены, ныне представляют лишь исторический интерес. В XIX веке многие авторитетные ученые были уверены, что синтезировать органические вещества из неорганических невозможно. И поэтому первые успешные опыты в этом направлении не только внесли большой вклад в развитие химии, но имели также большое общенаучное значение.

С летательными аппаратами тяжелее воздуха или с получением органических веществ из неорганических ситуация была аналогична — большинство не верило в такую возможность. Но общего подхода к таким проблемам нет и невозможно понять, не разбираясь в тонкостях вопроса, есть ли у изобретателя шансы на успех. Причем часто изобретатель не сам решает, чем ему следует заниматься, а зависит от тех, кто финансирует работу. Поэтому возросла роль тех, кто фактически принимает подобные решения. В последнее время многие придерживаются мнения, что директора институтов и т.п. должны отличаться не столько научными, сколько административными и организационными талантами. Но если от директора в какой-то мере зависит то, чем будет и чем не будет заниматься вверенный ему институт, то весьма желательно, чтобы он также мог отличать разрешимые с научно-технической точки зрения проблемы от неразрешимых.

И.И.Гольдфаин



ХОГНИТ

Давайте попробуем поговорить с ними, если это возможно. А вдруг они все-таки нравственные существа.

Роберт Шекли. Чудовища

День выдался тяжелым. Из тех, что обязательно случаются раза два-три в году и требуют к себе философского отношения.

Доктор Фрэнк Дрез в который уже раз за последние пять минут взглянул на часы. До конца рабочего дня оставалось каких-то жалких тридцать минут. Тридцать рваных движений стрелки по циферблату — и вот они: вкусный ужин, стакан теплого молока и шоу Бобби Мерсера по телевизору...

Чудесные мечты оборвал скрежет (как же без него) отрывающейся двери. Доктор мысленно посетовал на судьбу.

Пациент... Как не вовремя!

Догадаться о том, что это действительно пациент, а не совершенно случайно забредший страхового агента, не составило никакого труда. Внешность нежданного гостя была, мягко говоря, странновата. Побледневшая, нахмуренная копия Гомера Симпсона, одетая в потрепанный костюм темно-зеленого цвета.

Мисс Смит, секретарь, сделала свою работу быстро и незаметно. Впрочем, как и всегда. Положила на стол историю болезни, пока состоявшую из одного листочка, и исчезла.

Пациент, ничего не говоря, уселся в кресло и уставился на Дреза. Улыбнувшись, доктор произнес спокойным, бодрым голосом:

— Слушаю вас.

История, поведенная гостем, сильно расстроила Фрэнка. Путаный, бредовый, странный рассказ. Случай оказался не из простых, и тут ограничиться стандартными советами не удастся.

Уважающий все правила, включая досиживание до конца рабочего дня (хотя сохранять ли этот пункт, надо еще хорошенько подумать), он не позволил себе расслабиться в присутствии клиента. Но сделал это мысленно: сложил руки на груди, откинулся на спинку кресла и закатил глаза. Потом несколько раз глубоко вдохнул и выдохнул. Полегчало. Затем придал лицу дежурное, максимально заинтересованное выражение. Взглянул еще разок на часы и приготовился к тяжелому разговору с этим человеком, типичной жертвой информационной эпохи.

— Итак... — Дрез украдкой склонился на листок, принесенный мисс Смит. — Итак, мистер Маланик, вы утверждаете, что обнаружили неизвестное науке животное, которое вас ежедневно терроризирует? Правильно я понял?

— Да, док, я же вам рассказывал.

Что ж, быстро освоился: сразу перешел на «док». Хорошо это или плохо?

— И где?

— Что — где?

Эдуард Мхитарян



ФАНТАСТИКА

— «Где» в смысле «где», мистер Маланик. Не нужно отвечать вопросом на вопрос, пожалуйста.

— Что вы конкретно хотите узнать, док? Я не понимаю.

Не понимает он!.. Фрэнк в который уже раз проклял сегодняшний день. Раздражение копилось с самого утра, и непонимание пациента чуть не переполнило чашу терпения. Да, работка психотерапевта не из легких. Но сегодняшнее раздражение было особенным. Его потихоньку подогревала, доводя до кипения, цепочка, казалось бы, мелких, но уж очень неприятных событий. Сначала из крана не желала течь вода — ни горячая, ни холодная, ни даже ржавая. Потом разбилась фарфоровая чашка, и ее осколки поранили пальцы. «Форд» не желал заводиться. И еще: из-за забытого дома или, что вероятнее, потерянного бумажника пришлось добираться до работы пешком.

Однако ничто и никогда не могло оправдать практикующего психотерапевта, врачевателя душ. Нельзя раздражаться при исполнении своих прямых обязанностей. Поэтому нужно помолчать секунд пять, представить картинку — зеленый луг нежится под голубым ярким небом — и спокойно, как ни в чем не бывало спросить:

— Ну, начнем вот с чего: где вы нашли неизвестное науке животное?

— Нашел? Вообще-то я его не находил, док. С чего вы взяли? Поиск должен быть осознанным. Вы знаете последовательность: сначала возникает потребность, затем формулируется цель, планируются действия.

Обнадеживающее начало. Психологический портрет вырисовывался с каждым произнесенным Малаником словом. Фрэнк немного успокоился. Теперь он знал — перед ним «любитель точных фраз». А это значило: в его словах не будет ни тумана, ни загадок, ни цитат из Священных Писаний. Правда, и самому доктору придется употреблять точные и недвусмысленные формулировки, иначе разговор затянется не на один час, что равнозначно катастрофе.

— Я все понял, мистер Маланик. Тогда расскажите еще раз о проблеме, с которой вы пришли ко мне. С того самого мгновения, как она на вас свалилась.

— Еще раз? Конечно, док. Вас, наверное, интересует, где все происходило? Во дворе моего дома. Может, вы слышали о нем?

— Нет, не приходилось.

— Нет? Странно. Так я вам расскажу. Что? Да, это имеет самое прямое отношение к случившемуся. Док, мой двор — настоящее произведение искусства. Его поверхность идеально ровная и гладкая. Не то что посадочная полоса Гринхема, которой он постоянно хвастается. Я потратил много лет, изучая разные науки, и построил особый механизм для идеального выравнивания земляных площа-

док. Вот уже десять лет и почти три месяца я дорабатываю его, чтобы добиться совершенства. Знали бы вы, док, каких великолепных результатов я достиг. Мой двор настолько гладкий, что нет и в помине погрешности большей, чем одна тысячная.

Однако! Чем дальше, тем интереснее. Дрез «улыбался», хотя мистер Маланик по-прежнему видел перед собой внимательное серьезное лицо. Доктора выручала старая добрая техника, которую он узнал в стенах университета Беркли: «на лице одно, а в душе другое». И еще заученная истина: при работе с пациентами эмоции уступают место пониманию. А «улыбка» доктора значила, что ему стала очевидна и такая немаловажная деталь: перед ним сидит не просто «любитель точных фраз», а человек с очень оригинальным, если не сказать странным, увлечением.

— Да, док, тысячная дюйма! Это дело всей жизни. Пусть оно и кажется всем чудачеством, но это моя жизнь, и я в ней счастлив. Если честно, я во всем стараюсь добиться ровности, точности и прямолинейности. Такова моя натура. Впрочем, я отвлекся. Перехожу к самому главному. До сих пор моими врагами были только дождь, ветер и птицы. Но неделю назад, часов эдак в пять-шесть утра, я вышел на крыльцо взглянуть на восход и увидел... В общем, половину двора занимала круглая вмятина футов десять в диаметре и глубиной ровно два дюйма.

— Ужасно! — подыграл Фрэнк.

— Да, док. Я был потрясен. Кому понадобилось портить мою работу, задавал я себе вопрос? И зачем спрашивается? Меня до сих пор в дрожь бросает, как вспоминаю это.

— Могу себе представить.

— Да? Спасибо за понимание, док. Но тогда я мог думать только об одном. Достав из мастерской инструменты, я взялся заново выравнивать поверхность. Знаете, передо мной была дилемма: либо сравнять весь двор с глубиной вмятины, либо просто заполнить ее землей. После долгих размышлений, я понял, что гармонию в природе...

Гармония в природе? Доктор Дрез окончательно забыл о раздражении, ведь перед ним сидел самый настоящий уникум. Да, такого рода помешательство в практике встретить крайне редко.

— ...Гармонию в природе обеспечивает однородность структуры. А она будет нарушена, если я стану доразрывать ее чужеродным материалом. Решено — сделано. В тот же день я выровнял весь двор. Закончил работу еще до заката, часов в девять вечера, и без сил завалился спать. Кажется, в тот день я и не ел вовсе, точно не скажу. Всю ночь меня мучили кошмары.

— Давайте угадаю. Вам снился двор, весь в рытвинах и колдобинах. Так?

— Нет, док. Такого кошмара я бы не вынес. Мне снились пауки.

— Вы их боитесь?

— Не так чтобы очень. Но дело-то совсем не в этом... На следующий день, только проснувшись, я тут же выбежал на крыльцо и опять увидел изуродованный двор. И не одну вмятину, а целых три! Одна в другой, как перевернутая пирамида.

— Интересно.

— Еще как! Я решил внимательно изучить место преступления. Но так и не нашел никаких следов. Ни единого отпечатка ботинка. Да и сами вмятины оказались удивительны. Края ровные, а поверхность — гладкая на ощупь. Признаю, это было непередаваемо красиво и волнующе. Я оце-

нил по достоинству мастерство шутника, но все равно был в бешенстве.

— Что вы предприняли?

— Я вызвал шерифа Маккея и рассказал ему обо всем. А этот индеек в форме просто посмеялся надо мной. Сказал, что я чокнутый с рождения, а сейчас, похоже, окончательно свихнулся. Ему, мол, некогда заниматься всякой ерундой и искать каких-то кругоделов... Вы только вдумайтесь, что он сказал: «всякой ерундой»! Но ведь ерунда — это что-то не имеющее смысла, ни для кого ничего не значащее. А я занимался важным делом. И вообще...

— Мистер Маланик, не отвлекайтесь. Когда вы нашли... наткнулись на существо?

— После того как шериф уехал, я не находил себе места. Все шло к тому, что я, я сам должен поймать преступника. Было ясно, что кто-то или что-то издевается надо мной. В общем, решил не спать всю ночь и попытаться застать негодяя на месте преступления. Спрятался на втором этаже, чтобы видеть весь двор. Но в ту ночь ничего не произошло. Так я караулил еще пять ночей и уже не надеялся поймать хоть кого-то. Но, к счастью, ошибся. Вчера, в два часа ночи, я увидел виновника моей вынужденной бессонницы. Знаете, ожидал увидеть кого угодно, но... В общем, в мой двор залетела какая-то круглая плоская штуковина.

— А вот с этого места поподробнее, пожалуйста.

— Хорошо, док. В бледном свете луны ее окраска была желтовато-коричневая. Она бесшумно парила над землей и постоянно вертелась и раскачивалась. Знаете, очень похоже на раскрученную юлу. Покрутившись вот так по двору, она опустилась на землю и стала наматывать по ней круги. Я смотрел завороченный. Закончив, эта тварь взлетела и пропала в темноте. Я тут же выбежал во двор и увидел множество небольших вмятин, образовавших что-то похожее на ожерелье.

— Занятно. Виновником ваших бед оказалась, как вы сказали, круглая штуковина?

— Ну... В общем, не дожидаясь утра, я позвонил шерифу и рассказал ему об этом блине.

— Блине?

— Именно. Я так его назвал.

— Оригинально.

— Спасибо.

— И что шериф?

— Он снова посмеялся надо мной, обозвал шизиком и сказал, что мою проблему может решить только один специалист.

— Я?

— Да, именно вы, док. Знаете, я тоже так думаю. Это существо, оно... В общем, создавать такие произведения искусства может только существо, имеющее разум.

— Вот как. Произведения искусства. Ни больше ни меньше?

— Да! И еще. Я провел маленькое расследование. Эта тварь достает только меня. Я обошел все дома в округе. Больше нигде ничего подобного не происходит и никогда не происходило. Тут что-то не так, но я сам не знаю что. А ваша работа как раз состоит в том, чтобы понимать чужой разум, копаться в чужом сознании, объяснять чужие мотивы. Пожалуйста, помогите мне. Я больше не могу, мой мир рушится.

— Вы хотите помощи от меня, простого психотерапевта. А не лучше ли вам, мистер Маланик, обратиться к охотникам или биологам? Они выловят эту тварь, изучат. Или к

военным пойти. Эти не только выловят, но и допросят.

— Шутите, док? Смешно. Но я надеюсь на вашу помощь. К тому же мне никто не поверит.

— Не представляю, как я смогу вам помочь?

— У вас получится, док. Я поймаю ее, и вы общаетесь с ней, объясните ей, что не стоит портить мой участок.

Пообщаюсь, хорошо сказано!.. Фрэнк задумался. Пальцы его правой руки застучали по столу.

Настало время принять решение. Поставить предварительный диагноз. Очевидно одно: Пол Маланик, неожиданно возникший в дверях его кабинета полчаса назад, не сумасшедший. Да он, мягко говоря, странный, оторванный от реальности, мыслящий временами логично, временами нелогично, помешанный на своих причудах. Но совершенно точно, он не сумасшедший. Этих Дрез научился распознавать за годы практики. А вот что совершенно ясно: мистер Маланик как пациент очень интересен и перспективен. Статья для «National Psychology» рождена сама собой. Осталось только название придумать.

Определенно, надо браться за дело. К тому же эта тварь... Чем черт не шутит, вдруг она вправду существует? Хотя не исключено, что у Маланика раздвоение личности. Например, «слабой» половине Пола не нравится увлечение «сильной», и первая просто мстит, уродуя двор.

Да, такого запутанного случая в практике Дреза еще не было. Что ж, поначалу взглянем на участок Пола Маланика, поймем неизвестную тварь, если она существует, и попробуем убедить ее отстать от хозяина участка.

Доктор принял решение и сказал:

— Уговорили. Сейчас поужинаем и поедем прямо к вам.

Пол Маланик жил на самом краю Бенингсвилля, в обычном деревянном двухэтажном доме. Двор, причина всех несчастий, огорожен забором, причем очень низким — может, специально для желающих повосхищаться шедевром хозяина. Неподалеку от двора — заметная горка земли; скорее всего, отходы производства.

Прямо от калитки и до самого крыльца дома зигзагом тянулся мостик. Именно на его середине сейчас и остановился Фрэнк. То, что он видел, действительно впечатляло. Поверхность двора казалась идеально ровной. И, что еще удивительнее, совершенно гладкой на ощупь. Представить себе такое было чрезвычайно трудно, но зрение и осязание не обманывали.

— Потрясающе. У меня нет слов. Нет, вру. Есть одно: потрясающе!

— Спасибо, док.

— Я смотрю, вы снова все выровняли? Кругов не видно.

— Пришлось. Тварь может и не вернуться, оставь я все как было.

Доктор не удержался, снова коснулся земли.

— И не подумаешь, что такое можно сделать с сухой землей. Как это у вас получается, мистер Маланик?

— Не у меня, док. У механизма. Хотите, покажу?

— Еще бы.

— Тогда за мной!

Дверь, ведущая в подвал-мастерскую, закрывалась аж тремя кодовыми замками. Загородив их от Дреза, Пол стал набирать цифры. Спустя минут десять что-то скрипнуло, и вход плавно открылся.

— Прошу, док.

Внутри оказалось светло как днем. Все столы (а их было штук десять, не меньше), занимали инструменты, детали



ФАНТАСТИКА

и еще какие-то непонятные штуки. В дальнем конце мастерской стояло накрытое брезентом нечто. Именно к нему и подошел Маланик.

— Он здесь, док. Смотрите.

Бережно сняв брезент, Пол явил свету Механизм. Он одновременно напоминал и громадный пылесос с мешком для мусора, и большую газонокосилку.

Маланик принялся осматривать его, кое-где стер пыль, потрогал какие-то рычажки. Лицо Пола не покидало сосредоточенное выражение до тех пор, пока он снова не накрыл механизм брезентом.

— Это всего лишь машина, док. Главное у нее находится внизу. Там расположены пять рядов валиков особой, моей собственной, конструкции. Они и есть «золотые руки» мастера. Ха! Вот, подойдите сюда. У меня есть образец. Видите? Вроде бы обычный валик. Но нет. Половина его состоит из мелких острых лезвий, которые вспахивают грунт, размалывают камни. В общем, измельчают все в пух и прах. А вторая половина служит для выравнивания, я бы даже сказал, для полировки поверхности. Над этой конструкцией я бился почти пять лет. А вот через эти трубки сверхмощный пылесос вытягивает всю пыль. Засасывает все. Как видите, ничего сложного. Впечатляет, док?

— Впечатляет, мистер Маланик. Вы могли бы разбогатеть с таким-то талантом.

— Мог бы. Но зачем мне деньги, когда моя жизнь и сейчас не лишена смысла?

— Понимаю вас.

— Ладно. Пойдемте, я покажу, как мы будем эту тварь ловить.

Доктор Дрез любил работать с такими пациентами. Пусть они и живут в собственном мирке, зато там у них все налажено, все понятно и нет никаких заморочек. Эти люди за все берутся без страха. Все решают легко и просто, пусть зачастую и неудачно.

Сначала Маланик вытащил сеть и произнес заговорщицким тоном:

— Я все спланировал, док. Этим мы ее поймем. — Затем он выкатил огромную стеклянную банку. — А сюда мы ее посадим. — Фрэнк молчал, и Маланик воспринял это как некое сомнение с его стороны. — Можете не сомневаться, у нас получится.

— Надеюсь. Скоро стемнеет. Пора?

— Да, вы правы. Подождем ее дома.

Они устроили засаду на втором этаже и стали ждать. Уставшего Фрэнка скоро сморил сон. Маланик же не сводил глаз со двора. Шло время. Часа в два ночи он разбудил доктора и потащил к окну. Вид у Пола был очень решительный.

Неизвестное существо действительно оказалось круглым и почти плоским, похожим на зерно чечевицы и размером в девять-десять дюймов. Ни глаз, ни ушей, ни рта Фрэнк не разглядел, только множество крупных пор и мелких белесых волосков, покрывавших его тельце.

Охота оказалась не такой уж и сложной. Пользоваться ловушкой довольно замысловатой конструкции оказалось проще простого. Маланик потянул за веревочку, сетка опустилась, и тварь забилась в ней. Двое «охотников» тут же выбежали с банкой во двор и накрыли ею добычу.

Существо вело себя очень тихо. Оно зависло над дном банки и почти не шевелилось.

— Ну, что будем делать, док?

— Не знаю. Вряд ли у нас выйдет с ним... с ней пообщаться. Я даже не знаю с чего начать. И вообще, этот ваш «блин» — очень странная штука. Как он висит в воздухе? Ни крыльев, ни моторчика я не вижу.

— Антигравитация, — уверенно сказал Пол.

— Вполне возможно, — чуть менее уверенно ответил док. Пять-шесть минут прошли в тишине.

— Есть одна идея, мистер Маланик. Но сомневаюсь, что вам понравится.

— Давайте, док, выкладывайте.

— Обрадуем журналистов сенсацией! Заодно и вас прославим, и ваше изобретение. А?

Маланик произнес обиженно:

— Исключено. Пусть оно и навредило мне, но мы с ним в чем-то родственные души. Поэтому забудьте о журналистах. Нет, нет, нет. Я все-таки человек, умеющий ценить искусство такого рода, и против совести не пойду.

— Извините. Дурацкое предложение.

— Принято. Есть еще идеи? Может, что-нибудь из области психологии?

— Знаете, что-то в ваших словах меня зацепило. Искусство такого рода, говорите... Из психологии... Ну, давайте просто начнем рассуждать вслух. Это, как показывает практика, самый лучший и зачастую единственный способ дійти до истины.

— Ладно.

— Итак, вы помешаны... в хорошем смысле, конечно, на своем механизме и на выглаживании земли. Так?

— Так.

— А что мы знаем о «блине»? Он круглый. Живой, скорее всего. Любит чертить на земле круги. Его притягивает ваш чудо-двор, на котором он и чертит круги. Причем с каждым разом все сложнее и сложнее. Вроде все.

— Все.

— Да уж. Вопрос в том, что ему нужно? Или ваш двор его чем-то привлекает, или ему не нравится созданный вами шедевр, такое тоже может быть.

— Может быть, а может и не быть.

— Не обижайтесь. Возможно, он случайно пролетал, увидел что-то для себя необычное и решил внести кое-какие коррективы. Тогда получается, он вам ничего не хотел испортить. А, мистер Маланик? Что, если он вам помогал?

— Или, или, или... Да, док, с этими «или» мы ни до чего не дойдем.

— Тогда давайте рассмотрим разные возможности. Для наглядности буду приводить примеры. Итак, возможна следующая ситуация. Представьте себе, что вы Никколо Паганини.

— Кто?

— Великий скрипач. Не помните? Он еще на одной струне целый концерт сыграл.

— А-а-а, что-то припоминаю.

— Так вот, вы — Паганини, вы считаете себя лучшим скрипачом в мире. И вот вы идете по улице и натываетесь на толпу, которая восхищается игрой неизвестного вам скрипача. Задето ваше самолюбие, ведь вы-то знаете, кто лучший. Тут же отнимаете у того скрипача инструмент и начинаете играть. Понятна мысль?

— В общем, да. Вы хотите сказать, что он просто решил меня переплюнуть. Ишь чего захотел!.. Смотрите, так и висит. Хоть бы шелохнулся.

— Но есть и такой вариант. Представьте, что вы Сальвадор Дали.

— Кто-кто?

— Мистер Маланик, я смотрю, кроме своего увлечения, вы ничем другим не интересуетесь.

— А чем еще можно интересоваться, док?

— Ну ладно... Так о чем это я? Ах да, Дали. Это известный художник, который очень любил шокировать публику своими картинами. Однако неординарный человек был, поверьте... Так вот, представьте себе, вы — Сальвадор Дали. В поиске новых идей гуляете по парку, дышите свежим воздухом. И вдруг видите брошенный мольберт, холст и краски. В вас тут же просыпается невероятной силы желание творить. И вы, естественно, начинаете рисовать. Как вам эта версия?

— Знаете, она мне больше нравится. Получается, его привлек чистый холст.

— В некотором роде да.

— Больше никаких идей?

— Почему же, есть одна.

— Выкладывайте.

— Вы слышали о каменных кругах на полях? Говорят, что их появление не поддается никакому объяснению. Может быть, кто-то их выложил ради шутки. Но есть и такая версия: с помощью этих загадочных кругов люди когда-то пытались выйти на контакт с иным разумом. Вот я и думаю: а что, если существо решило, будто вы хотите выйти на контакт с ним?.. О! Я, кажется, понял, что меня смутило в ваших словах. Как вы тогда сказали? Родственные души? Да? А что, может быть и так.

— Док, о чем вы. Я не понимаю.

— Сейчас объясню. Вполне возможно, что для него ваше творение значит что-то определенное. И вот, увидев ваш двор, он решил связаться с вами — как бы начать диалог на понятном вам обоим языке. То есть он действительно ваш собрат по увлечению, родственная вам душа. Понимаете? И его круги всего лишь попытка установить с вами связь. Ну, как вам идея?

— Версия интересная. Что ж получается? Он хочет поболтать со мной?

— Знаете, мистер Маланик, я вот что думаю. Надо бы вам, мой друг, обогатить свои увлечения. Вы все ровняете и ровняете, а пора бы уже развиваться дальше. И случившееся — самый настоящий знак свыше.

— Док, вы в порядке? Какой знак?

— Свыше! Хватит вам разглаживать землю. В этом вы уже добились совершенства. Попробуйте, так же, как и пойманная нами тварь, создавать идеально выполненные фигуры на земле. Начните с тех же кругов, а там видно будет.

— Не знаю, док. По-моему, ваша версия очень-очень притянута за уши. Вам так не кажется?

— Ох, мистер Маланик. Вы должны понять, что гадать мы можем до бесконечности. Я не смогу договориться с ним. Он другой. Совсем другой. Но и вы тоже не такой, как все. И по мировосприятию именно вы ближе к нему, и именно ваш двор привлек его внимание. Поэтому вам, а не мне удастся решить эту задачку.

— Но как?

— Чертите вместе с ним круги. Общайтесь через эти знаки. А я, пожалуй, пойду. Уже поздно.

— Знаете, док, если честно, вы меня разочаровали. Но все равно спасибо.

— Жаль, конечно, что я не оправдал ваших надежд, мистер Маланик. Но придется вам воспользоваться моим советом. Другого выхода нет. Я сейчас уйду, а вы еще подумайте над моими словами. Только хорошо подумайте. Обещаете мне?

— Да, обещаю.

— Тогда спокойной ночи. Я, пожалуй, заеду к вам в конце недели. Счет завезу и заодно узнаю, что вы решили.

— Хорошо, док. Спокойной ночи.

Доктор Дрез сел в машину. Было почти пять утра. До начала работы оставалось всего три часа. Выспаться снова не удастся, однако опаздывать нельзя. В мире еще столько интересного, и пропустить что-то из-за банального желания подольше поспать — это просто-напросто глупо.



ФАНТАСТИКА

А Пол Маланик сидел за столом в мастерской. Рядом с ним стояла пустая огромная банка, а перед ним лежал чертеж механизма. Стоило хорошенько подумать над доработкой. Ведь вырисовывать на земле идеальные круги — это вам не двор выглаживать!

Прозванное блином существо трудилось во дворе. До периода конъюгации оставалось всего ничего. Нужно успеть достроить гнездо, которое привлечет антипода. Как же ему повезло, что он так быстро наткнулся на хогнит, пусть и искусственного происхождения. Ничего, скоро он доделает гнездо, лишь бы телесник снова не вмешался. Потом встретит антипода и поглотит его. А там — прощай, паркурный слой! — он скинет надоевшую телесную оболочку и, обогатившись, двинется навстречу следующему уровню Бытия.



Московский дом книги рекомендует:

**Светлана
Лаврова**

Занимательная
химия
для малышей
М.: Белый город,
2009



Книга введет юных читателей в удивительный мир химии, познакомит с доступными для их возраста химическими явлениями и законами, научит проводить первые в жизни опыты. Можно ли говорить о такой сложной науке, как химия, с дошкольниками и учениками младших классов? Доступны ли им такие понятия, как «вещество», «химическая реакция», «раствор», «индикатор»? Автор книги «За-

нимательная химия для малышей» С.А.Лаврова уверена, что доступны. В увлекательной форме она знакомит малышей с химическими явлениями и законами.

Чтобы хорошо усвоить химические понятия, о которых идет речь в книге, недостаточно прочесть ее. Главное — наблюдения, которые ребята могут проводить с помощью взрослых. Поэтому новая книга серии «Занимательная химия для малышей» как нельзя лучше подходит для семейного чтения: в ней описаны простейшие химические опыты, которыми, несомненно, должны руководить взрослые. Автор книги включила в повествование множество забавных историй и интересных для детей деталей, сделав его доступным и легко запоминающимся. Лучше понять материал детям помогут красочные иллюстрации.

Московский Дом Книги СЕТЬ МАГАЗИНОВ

Ханс Хенке
Жидкостная
хроматография
М.: Техносфера,
2009



Автор приводит описание методов жидкостной хроматографии, разработанные на основе собственного многолетнего опыта. В книге рассмотрены следующие темы: аналитическое и препаративное разделение, хроматографические разделительные системы, практические примеры разделения, препаративное разделение комплексных смесей веществ, анализ следовых количеств, аналитика полимера, правила анализа. Наиболее важная информация подтверждается конкретными примерами.

Книга — отличное справочное пособие для специалистов по очистке и выделению различных веществ в лабораториях препаративной органической химии.

Лещина и фундук

Что такое лещина? Лещина, или орешник, — родственник березы, но плод ее — настоящий орех. Существует около 20 видов лещины, однако в России растут только шесть. Мы привыкли называть орешником лещину обыкновенную. Своим названием она обязана листьям, напоминающим по форме туловище рыбы леща.

Фундук и лещина — это одно и то же? Фундук — это сложный гибрид лещины обыкновенной с лещиной понтийской и лещиной большой. Его родина — Малая Азия и Кавказ, откуда он распространился по Южной Европе, продвинулся на север, а в XVII — XVIII веках фундук завезли в Америку. От лещины обыкновенной он отличается более крупными плодами и тонкой скорлупой, именно с ним работают селекционеры, и сейчас в мире существует около 600 сортов фундука. Фундук — южное дерево. Более половины мирового урожая собирают в Турции, и само слово «фундук» турецкого происхождения.

Чем полезен фундук? И фундук, и лещина богаты питательными веществами, особенно витамином Е и фолиевой кислотой. Кроме того, лесные орехи содержат до 70% жирного масла и около 20% белков с полным набором аминокислот, витамины группы В, С, Е, РР, провитамин А, а также иод, железо, калий, магний, натрий и цинк в очень удачной пропорции.

Орехи лещины в два раза калорийнее пшеницы, в три раза — мака и в восемь раз — молока. Всего ста граммов фундука или лещины в день достаточно, чтобы удовлетворить точную потребность организма в белках, а если смешать орехи с медом, они помогают при авитаминозе. Но, еще не зная этих цифр, люди оценили питательные свойства лесных орехов: в первых веках нашей эры их обязательно включали в рацион римских воинов.

От чего помогает лесной орех? Фундук и лещина — кладезь полезных веществ. В народной медицине их нередко употребляют при мочекаменной болезни, а орехи с медом — при ревматизме, малокровии и как общеукрепляющее средство. Высокое содержание калия и кальция в сочетании с натрием способствуют эффективному развитию и укреплению структуры костей, а также снижению давления. Иногда при малокровии принимают очищенные от кожуры растертые (превращенные в муку) лесные орехи с изюмом. Орехи, растертые с водой, рекомендуют также при кровохарканье, легочных болезнях, лихорадочных состояниях и метеоризме. Витамин Е, которым они богаты, нормализует мышечную деятельность, работу эндокринной системы и половых желез.

Масло, которым так богаты лесные орехи, обладает послабляющим действием. В нем много ненасыщенных жирных кислот, которые усиливают отделение желчи, снижают уровень холестерина и повышают содержание фосфолипидов в крови. Иногда его принимают как средство от глистов. Ореховым маслом, смешанным с яичным белком, в быту лечат ожоги.

Медицина использует не только орехи лещины, но также ее кору и листья, которые содержат эфирное масло, сужающее сосуды, гликозиды, дубильные вещества, флавоноиды и бетулин. Основной источник бетулина — береза, но лещина ведь ее близкий родственник. Бетулин служит растениям для защиты от всех неблагоприятных факторов внешней среды. Он действует как УФ-фильтр, обладает противогрибковым, антиоксидантным, антисептическим, желчегонным, антивирусным действием (особенно при герпесной инфекции) и помогает от болезней печени. Противопоказаний к его применению специалисты пока не нашли, поэтому бетулин все шире используют в медицине и косметологии.

Настой коры и листьев обладает антисептическим действием, его пьют для лечения флебитов, варикозного расширения вен, язв и для укрепления сосудистых стенок. Порошок из высушенной плюски (зеленой обертки) или отвар из скорлупы используют при коли-

Художник Е. Станикова



тах. Есть и промышленные препараты лещины, которые оказывают вяжущее, противодизентерийное, сосудосуживающее, жаропонижающее и противовоспалительное действие, увеличивают отделение молока у кормящих женщин и укрепляют стенки кровеносных сосудов.

Годится ли в пищу масло из фундука? Из ядер фундука получают жирное масло, которое имеет приятный вкус и аромат. В России оно мало известно, а жаль. Масло сохраняет все полезные свойства, присущие ореху, и содержит витамины С, В₁, В₂, В₆. У масла лесного ореха (непонятно, как его называть: не то фундучным, не то фундуковым) тоже приятный аромат, однако на вкус оно резковато, поэтому его обычно смешивают с другими светлыми сортами — чаще всего с маслом грецкого ореха или арахисовым маслом.

Масло фундука имеет низкую точку дымления, то есть при нагревании чадит и теряет вкус, поэтому на нем не жарят, а добавляют по несколько капель в готовые блюда: салаты, винегреты, выпечку, чтобы придать им аромат. Его также используют при мариновании рыбы и мяса. Хранить масло нужно в холодильнике, в темной посуде.

В промышленных условиях ореховое масло получают холодным прессованием, но некий маслоподобный продукт можно сделать и дома. Орехи кладут на противень, помещают в духовку, разогретую до 200 градусов Цельсия, и подсушивают 10–12 минут. Затем их нужно положить на полотенце и потереть друг о друга, чтобы очистить от кожуры, очищенные орехи в кухонном комбайне измельчить до появления масла, добавить мед и мешать, пока масса не станет однородной.

Как собирать и хранить фундук? Куст орешника достигает в высоту нескольких метров, поэтому дотянуться до орехов бывает сложно. Созревшие плоды обтрясают в два-три приема, благо они от этой процедуры не портятся. Затем их два-три дня выдерживают под навесом, на специальной машине очищают от плюски и сушат на солнце. Спустя три-пять дней орехи готовы к долгому хранению.

В сухом прохладном помещении плоды лещины можно хранить года два, а в холодильнике — все четыре. Никакой другой орех столько не пролежит. Обычно орехи портятся, потому что прогоркает их масло, а с фундуком этого не происходит.

Что можно приготовить из лесных орехов? Специалисты рекомендуют есть лещину и фундук как можно чаще, особенно пожилым людям и вегетарианцам. Орехи потребляют в сыром и переработанном виде. Их сушат и жарят, используют для приготовления пирожных, конфет, тортов, кремов, разнообразных начинок и ликеров, добавляют в салаты и начинку пирогов. Сухие плоды размалывают, смешивают с мукой при выпечке различных кондитерских и хлебных изделий. Жмых, который остается после отжима масла, используют при производстве халвы.

Раньше из орехов готовили «молоко». Для этого свежие орехи нужно мелко раздробить, замочить на 8–10 часов в холодной воде и растереть в ступке. Полученную массу настаивают три–четыре часа, перемешивая, кипятят, процеживают и добавляют соль и сахар по вкусу.

Еще один старинный рецепт — орехи каленые. Их готовили в протопленной русской печи: высыпали туда два-три решета орехов, и они три часа калились в вольном жару. Скорлупа у каленых орехов темнеет, а ядро, пропитавшись жиром, становится нежным, вкусным и ароматным.

Бывают ли орехи с шипами? На Дальнем Востоке растут три местных вида лещины: короткотрубчатая, маньчжурская и разнолистная, наиболее распространенная. Орехи у них съедобные, хотя и мельче, чем у лещины обыкновенной. К сожалению, у двух видов, лещины короткотрубчатой и лещины маньчжурской, орехи закрыты длинной оберткой с острыми щетинками. Щетинки легко вонзаются в кожу, причиняя сильную боль, и мешают собирать урожай.

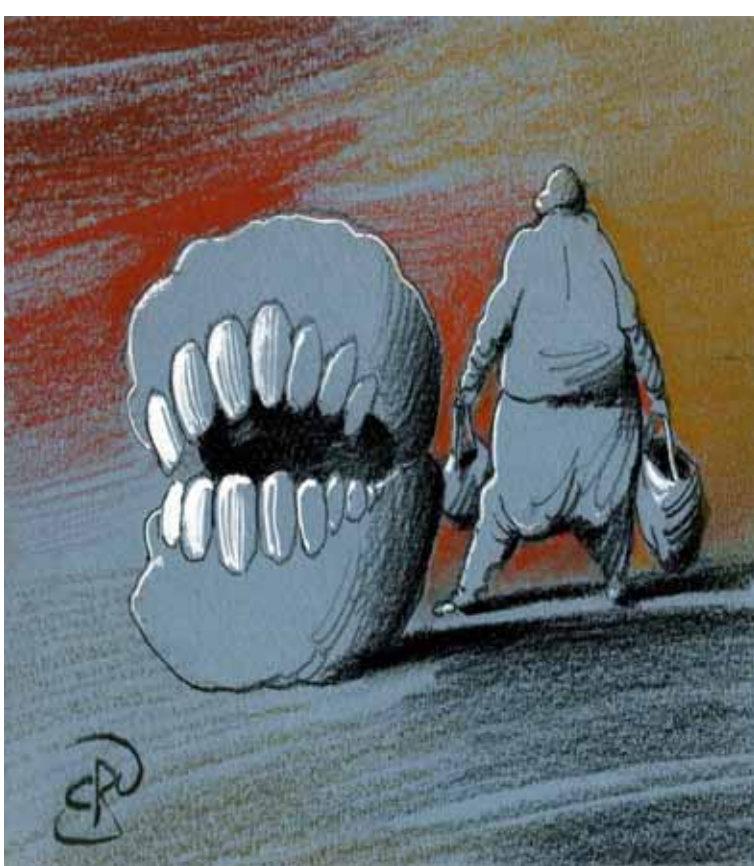
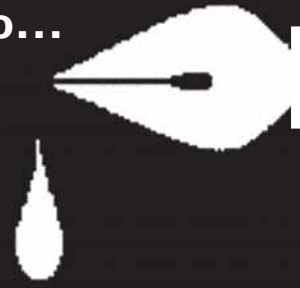
Откуда в сказках взялись волшебные ореховые прутьики? В старину люди считали, что в орешник никогда не попадает молния. Поэтому в домах и на полях ставили веточки и крестики из лещины, считая, что защищенные орешником места гроза обойдет стороной. Кроме того, орешник служил оберегом от нечистой силы. Именно ореховым прутьем славяне очерчивали вокруг себя магический круг.

Н. Ручкина



НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Песнь здоровья

Надо, надо приучать детей соблюдать правила гигиены при приготовлении пищи — мыть руки, не крошить салат на той же доске, где перед этим разделявали курицу, или убирать молоко в холодильник. Да и работникам кухни тоже полезно напоминать о нехитрых мерах предосторожности, которые позволяют сохранить здоровье. Но как это лучше сделать? Ученые из Калифорнийского университета в Дэвисе («Journal of Food Science Education», 2009, □ 8) предлагают применять шуточные переделки известных песен (их можно найти на сайте http://foodsafety.ucdavis.edu/html/audio/eat_it.html). Например, битловской «I want to hold your hand» соответствует «You'd better wash your hands», то есть «Ты лучше вымой руки». Песне «Queen» «We are the champions» — «We are the microbes» («Мы микробы»), а рассказывает она о том, что болезнетворные микробы не только существуют, но и есть повсюду. Творение «Eagles» «Heartache tonight» превратилось в «Stomachache tonight» («Ночная боль в животе»), которая сообщает, что если курицу недожарить, то с животом могут случиться неприятности.

Эти песни в 2004 году давали прослушивать многим, в том числе детям в возрасте 8—12 лет во время летней практики, а в 2008 году показывали снятые по ним видеоклипы. Результаты в обоих случаях оказались неплохими, однако в 2004 году успех (видимо, восприятие песни через уши оказывает большее воздействие) был гораздо больше: руки перед едой стали мыть 86% детей (68% в начале программы), молоко убирать в холодильник 97% против 84%, а резать овощи на чистой доске — 93% вместо 69%. Причем сами по себе пародии детям не очень нравились (хотя порой они и распевали их дома), все-таки это песни прошлого века, а не привычный новому поколению рэп. Возможно, этот американский опыт удастся применить для обучения как детей, так и взрослых людей правильному поведению, и не только на кухне, но и в других сферах жизни.

С.Анофелес

...предложена оптическая система сбора данных о космической пыли и мусоре, который может стать угрозой для автоматического космического аппарата («Измерительная техника», 2009, □ 5, с.32—35)...

...опубликованы основные результаты первого этапа миссии «Venus Express» Европейского космического агентства, в частности, подтверждено существование молний на Венере («Астрономический вестник», 2009, т.43, □ 3, с.195—217)...

...для управления необитаемыми подводными аппаратами можно использовать акустические сигналы («Доклады Академии наук», 2009, т.426, □ 6, с.821—823)...

...в некоторых случаях сколь угодно детальное знание состояния системы, даже с учетом квантовой неопределенности не дает оснований для однозначного предсказания будущего («Успехи физических наук», 2009, т.179, □ 5, с.525—529)...

...с 2040 по 2069 год в России к северу от 50° с.ш. сохранится снежный покров, причем в континентальных районах снеготзапасы будут близки к современному, а в регионах с морским климатом снизятся на 20—25% («Криосфера Земли», 2009, т.13, □ 2, с.67—72)...

...описаны распространенные методики, с помощью которых можно оценить метилирование ДНК, регулирующее активность генов («Молекулярная биология», 2009, т.43, □ 3, с.387—391)...

...теоретически показано, что может существовать зависимость иммунитета к бруцеллезу, туберкулезу и холере от этнической принадлежности («Физиология человека», 2009, т.35, □ 3, с. 108—118)...

...эффективное амбулаторное лечение артериальной гипертензии у женщин снижает вероятность обращения за медицинской помощью по экстренным показаниям («Кардиология», 2009, □ 6, с.19—26)...



...сетчатка глаза птиц содержит палочки, двойные колбочки и четыре типа одиночных колбочек; многие птицы видят ультрафиолет («Сенсорные системы», 2009, т.23, □ 2, с.91—105)...

...у дроздов при содержании в темноте замедляется скорость старения по сравнению с содержанием при 12-часовом освещении («Экология», 2009, □ 3, с.221—226)...

...у амурского сома, известного своей электрочувствительностью, впервые зарегистрирована способность производить собственные электрические разряды («Вопросы ихтиологии», 2009, т.49, □ 1, с.415—421)...

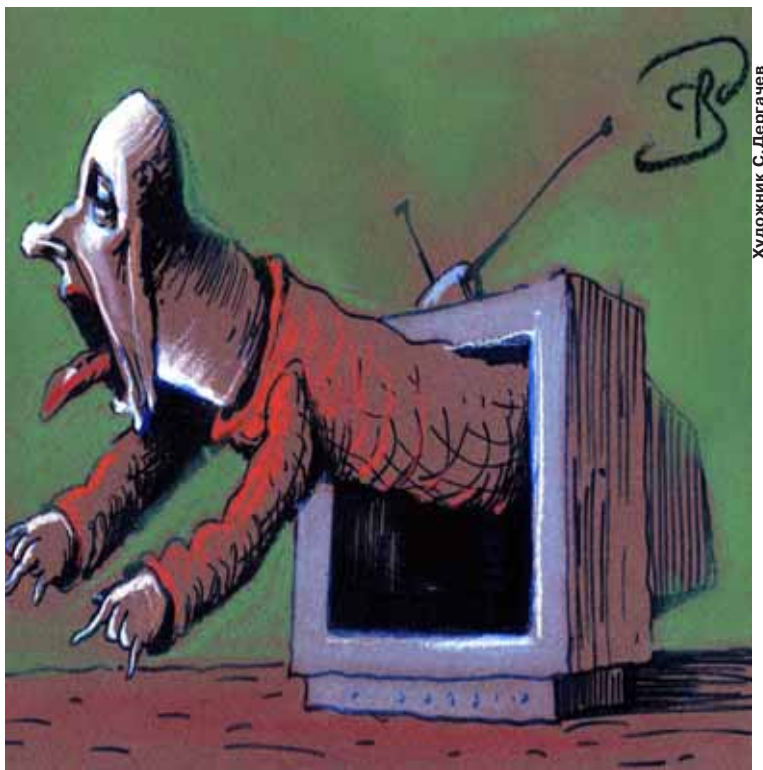
...остригание усиков-вибрисс у крысят со второго по 20-й день жизни ускоряет открывание глаз и формирование большинства поведенческих реакций («Журнал высшей нервной деятельности», 2009, т.59, □ 3, с.326—334)...

...отмеченные на верхней Колыме минимальные температуры грунта до -20—24° С не критичны для суслика, в его стереотип устройства гнезда не заложен поиск более теплых мест для зимовки («Зоологический журнал», 2009, т. 88, □ 6, с.731—744)...

...беспрецедентные по длительности многолетние наблюдения не выявили существенного влияния геомагнитной активности на поведение рыб и тараканов («Биофизика», 2009, т.54, □ 3, с.554—567)...

...при авторитарном стиле преподавания у учащихся резко возрастает частота случаев значительного и сильного утомления после уроков и высокой степени невротизма по сравнению с детьми в контрольном классе с доброжелательным педагогом («Вестник РАМН», 2009, □ 5, с. 6—11)...

...создана информационная система, помогающая выбрать для взятия кредита самый устойчивый и платежеспособный банк («Программные продукты и системы», 2009, □ 2, с.186—188)...



Художник С. Дергачев

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Воздействие слова

Споры о том, существует ли оружие, с помощью которого можно управлять поведением большого количества людей, ведутся давно и безуспешно. Неудача же может быть связана с несколькими обстоятельствами. Одно из них — то, что человек, убежденный в своей правоте, в 67 случаях из 100 даже не слушает аргументов оппонента. А в оставшихся 33 случаях слушает лишь для того, чтобы эти аргументы опровергнуть. (Этот факт, как сообщает агентство «NewsWise» 25 июля 2009 года, установили исследователи из Иллинойского и Флоридского университетов.) Другое: у спорщиков слишком мало фактов и они основываются скорее на своем мнении, чем на научных данных. Например, более тридцати лет назад «Химия и жизнь» (см. □ 6 за 1977 год) писала, что эксперименты с шоколадом не выявили «эффекта 25-го кадра». А сколько копий с тех пор было по этому поводу сломано!

Ученые же, занимающиеся проблемой восприятия, продолжают свои поиски методов незаметного воздействия на поведение человека. Например, аспирант Утрехтского университета Мартин Вельткамп изучал воздействие слова, на мгновение появившегося на мониторе компьютера. Слово это было «пить», и его в половине случаев сопровождало какое-то другое слово, вызывающее приятные ассоциации. В компьютер смотрели как люди, страдавшие от жажды, так и не испытывавшие желания пить. Потом им давали возможность напиться воды и измеряли количество затраченной жидкости.

Эффект сработал: те, перед кем мелькало слово, сопровождавшееся приятной ассоциацией, выпивали больше, даже не желая пить. Более того, среди участников эксперимента, утолявших жажду поеданием огурца, те, кто видел надпись с приятной ассоциацией, все равно потом пили много воды. Отсюда следует, что, если в мозгу человека незаметно вызвать неосознанную приятную ассоциацию, он потом легко совершит связанное с ней действие, даже независимо от своей осознанной воли. А вот с нейтральной или негативной ассоциацией так не получается.

А. Мотыляев



А.Н.ИВАНОВУ, Волгоград: *Использование нонилфенолэтоксилатов в химической промышленности вызывает нарекания экологов по весьма серьезной причине: продукт их разложения в окружающей среде — нонилфенол — структурно сходен с женскими гормонами млекопитающих.*

М.М.ШАЛИНОЙ, Санкт-Петербург: *Латексными красками называют водно-дисперсионные акриловые краски, содержащие поливинилацетат; изопрены в их состав не входят, а «латексными» их зовут потому, что они представляют собой устойчивые суспензии.*

Л.А.СИМАКОВУ, Москва: *Ойтисиковое масло получают из плодов дерева ликании жесткой (*Licania rigida*, оно же ойтисика), которое растет в Бразилии; масло по свойствам аналогично тунговому, используется в производстве эмалей и лаков.*

Р.Н.ХОЛОДОВСКОМУ, Владивосток: *Байкальскую нерпу *Pusa sibirica* едва ли можно назвать интродуцентом, она живет в озере с третичного периода; это единственный в мире вид тюленя, обитающий в пресной воде.*

Ю.В.СЕНОКОСОВОЙ, Зеленоград: *Хну для бодипарта рекомендуют разводить лимонным соком не просто так — красящее вещество лучше высвобождается в кислой среде; кстати, и ароматические масла, содержащие монотерпены, в нее добавляют не для удовольствия, а для получения более коричневых оттенков; прежде чем добавлять масла, дайте смеси постоять несколько часов.*

Ленару ЛЕБЕДЕВУ, Москва: *Вы правы, в проекции Фишера связи слева и справа от центрального атома расположены над плоскостью рисунка; за них молекулу как бы можно взять двумя руками.*

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: *Очередной конкурс фантастики «Химии и жизни» на сайте СамИздат Максима Мошкова (<http://zhurnal.lib.ru>) начнется, как обычно, осенью, следите за объявлениями; вне конкурса мы рассказы по-прежнему не рассматриваем.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *В □ 7 за 2009 год замечена опечатка: на с. 33 (правая колонка, седьмая строка снизу) следует читать «главные враги прочности стали — сера и фосфор».*

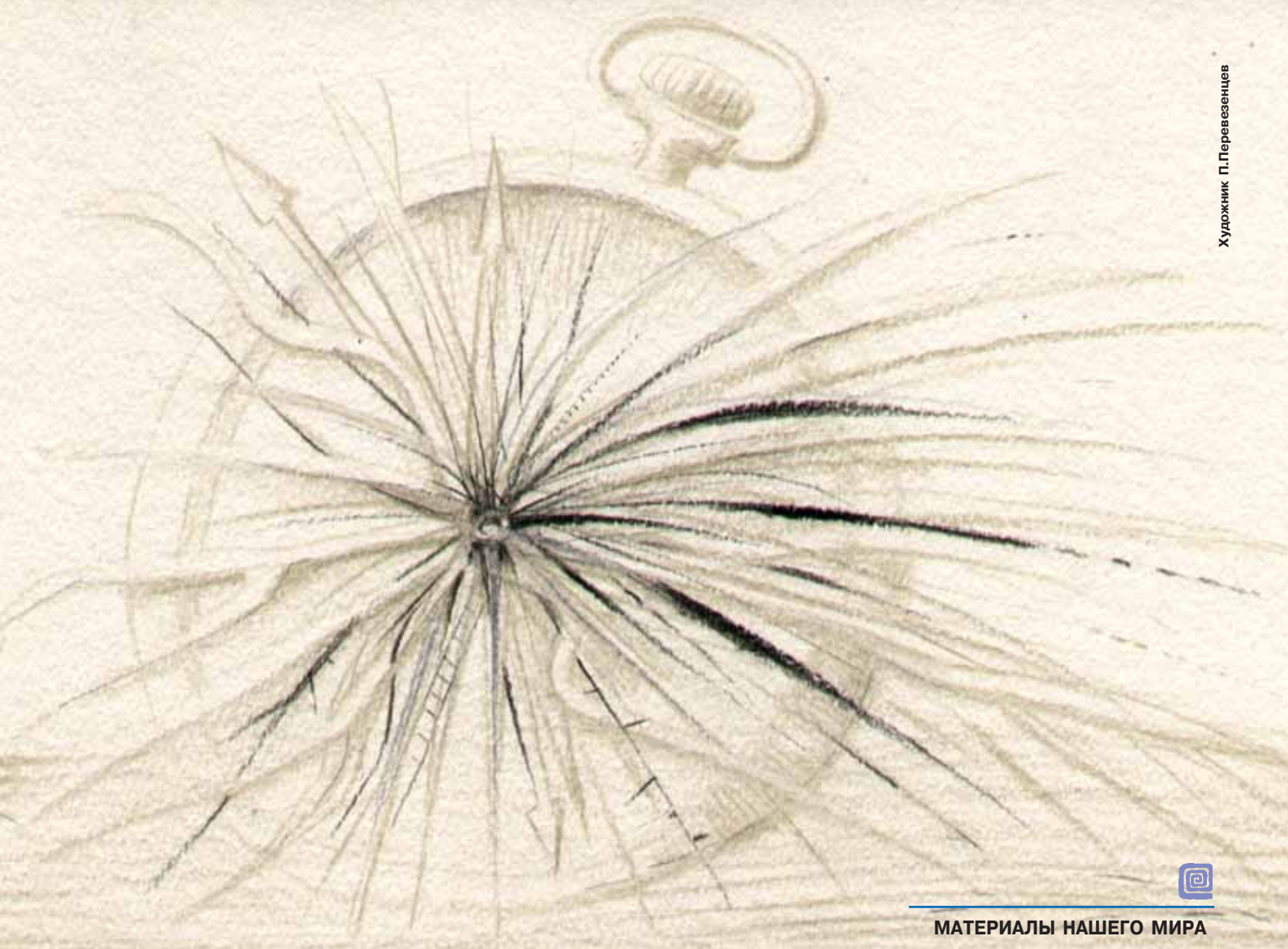
Резиновые слезы

Сколько богатств — золота, жемчуга, драгоценных камней, пряностей и чудесных заморских вещей привез из Нового Света в Испанию Христофор Колумб! Среди них — незрчные шарики небольшого размера. Люди с восхищением смотрели, как они падали на землю и загадочным образом отскакивали от нее прямо в руки. Матросы рассказывали, что сделаны они из загустевшего молочного-белого сока гевей — высоких деревьев с пятнистой корой, растущих по берегам огромной реки. Индейцы называли его «каучу», дословно «слезы дерева» (на языке их племени «кау» — дерево, «учу» — течь, плакать). Так появилось современное название «каучук». Местные жители делали из него не только мячики-игрушки, но и небьющиеся бутылки для воды, непромокаемую обувь, им заливали щели в лодках-пирогах, приклеивали перья праздничных головных уборов. Непременное условие — сок гевей должен быть свежим. А те комочки-лепешки, которыми моряки запаслись впрок, высохли и затвердели за время путешествия. Их продавали доверчивым испанцам как лекарство от кашля и зубной боли.

Почти 250 лет Европа не вспоминала о каучуке. В 1738 году член Российской академии наук француз Шарль де ля Кондамин, участник географической экспедиции в Южную Америку, подробно описал способы изготовления изделий из каучука. В Англии были сделаны первые галоши, которые надевали на башмаки, им покрывали шляпы и крыши фургонов. Шотландец Чарльз Макинтош, каретных дел мастер, сшил непромокаемый плащ из двухслойной ткани, промазанной изнутри каучуком. Но в холодную погоду плащи и галоши твердели и трескались, а в сильную жару размягчались, прилипали к телу и издавали отвратительный запах. Впрочем, одно применение каучуку все же нашлось. Засохшие комочки отлично «сседали» карандашные линии. Так в конце XVIII века появился ластик.

Спасителем каучука стал американец Чарльз Гудбир. Он был одержим идеей сделать каучук нечувствительным к перепадам температуры. Долгие годы безуспешной работы разорили его и сделали посмешищем всего города. Как это часто бывает в науке, помог счастливый случай. Гудбир нечаянно уронил кусочек каучука, обсыпанный порошком серы, на раскаленную плиту. Каучук обуглился, а в середине комочка появилась светлая полоска необычного вещества, эластичного и прочного. Его назвали резиной (от греч. резина — смола), а процесс превращения каучука в резину при нагревании с серой — вулканизацией (по имени Вулкана, бога огня). Это произошло в 1839 году. С тех пор каучук используется главным образом в виде резины.

Что такое вулканизация с точки зрения современной химии? Натуральный каучук — природный полимер. Его молекула — длинная цепочка, состоящая в основном из молекул углеводорода изопрена, сцепленных между собой атомами углерода. Эта цепочка не вытянута в линию, а скручена наподобие незамкнутой спирали-пружинки. Ее можно растянуть во много раз, а при снятии нагрузки она опять сожмется. Таким строением объясняется эластичность каучука. При вулканизации сера вступает в реакцию с углеродом и связывает, как бы пришивает молекулы-цепочки каучука друг к другу. Молекулы полученной таким образом резины похожи на сетку, в которой ниточки-мостики серы крепко держат спирали-пружинки каучука (такие полимеры называются сшитыми). Расстояние между шивками достаточно велико и не мешает молекулам каучука растягиваться и сжиматься. Чем больше мостиков-сшивок, тем прочнее резина. Если при вулканизации серы будет очень много, не менее одной четверти от общего объема, то получится материал, совсем не похожий на резину, — твердый, прочный эбонит, хороший электрический изолятор.



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

Из резины делают отличную изоляцию проводов, спортивные товары, приводные ремни и транспортные ленты, разнообразные уплотнители для тепло-, звуко- и гидроизоляции, шьют непромокаемую обувь и одежду. Самое главное применение резины — производство шин для автомобилей, самолетов и велосипедов.

В конце XIX века с ростом автомобилестроения начал расти спрос на каучук. Добывали его, как во времена Колумба, из млечного сока каучуконосных деревьев (его называют латексом), в основном гевеи бразильской. Есть и другие каучуконосы, например, деревья семейства сапотовых (Sapotaceae), растущие в Малайзии и Новой Гвинее. Из их латекса получается разновидность каучука — гуттаперча. Она менее эластична, применяется в зубоветеринарной практике и при изготовлении мячей для гольфа.

За несколько десятков лет сказочно обогатилась Бразилия — родина гевеи. В начале XX века бразильский город Манаус, «каучуковая столица», был самым богатым городом американского континента. Семена гевеи запрещалось выво-

зить под страхом смерти. Но монополия Бразилии длилась недолго. Англичанин Генри Уикхем сумел-таки похитить несколько тысяч корешков. На Цейлоне, Яве, Суматре, в Малайзии и других тропических колониях появились плантации гевеи, нового для тех мест растения.

«Резиновый бум» набирал обороты. Каучук становился дороже, и требовалось его все больше. На четыре шины для автомобиля надо затратить в среднем 100 кг каучука, а одно дерево гевеи дает 3–7 кг в год. Химики всего мира начали поиски вещества, способного заменить натуральный каучук. Это удалось выдающемуся советскому ученому-академику С.В.Лебедеву. В 1927 году он получил синтетический каучук полимеризацией бутадиена с катализатором металлическим натрием. В 1932 году в Советском Союзе было налажено его промышленное производство сразу на двух заводах в Ярославле и Воронеже. В Германии первый завод появился в 1938 году, а в США — в 1942-м.

Сейчас мировая промышленность выпускает десятки видов синтетических каучуков, некоторые из них превосходят

натуральный по многим показателям. Но совсем обойтись без натурального каучука невозможно. Он намного лучше противостоит вертикальным нагрузкам, поэтому самолетные шины делают только из натуральной резины. В 1985 году в мире было произведено 12 млн. тонн синтетических каучуков, в то время как натурального только 4 млн. тонн.

Что получится, если смешать синтетический каучук с ароматизаторами, вкусовыми добавками, красителями и консервантами? Правильно, жевательная резинка. Не будем говорить о пользе (это гораздо лучше делает реклама) или вреде всех этих нарядно упакованных, вкусно пахнущих пластинок, подушечек, шариков. Скажем лишь, что резиновая основа жвачки имеет одно полезное свойство: она делается мягче при нагревании. Поэтому прилипшую использованную жевательную резинку (сколько она доставляет неприятностей!) легче оторвать от поверхности, если хорошо намочить ее горячей водой.

М.Демина



ufi
Approved
Event



ТПП РФ



www.chemistry-expo.ru

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

Х И М И Я

28 сентября – 2 октября 2009

**ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,
Россия, Москва**

Организатор:

ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

При содействии:

ЗАО «Росхимнефть»

Официальная поддержка:

- Российский Союз химиков
- Правительство Москвы

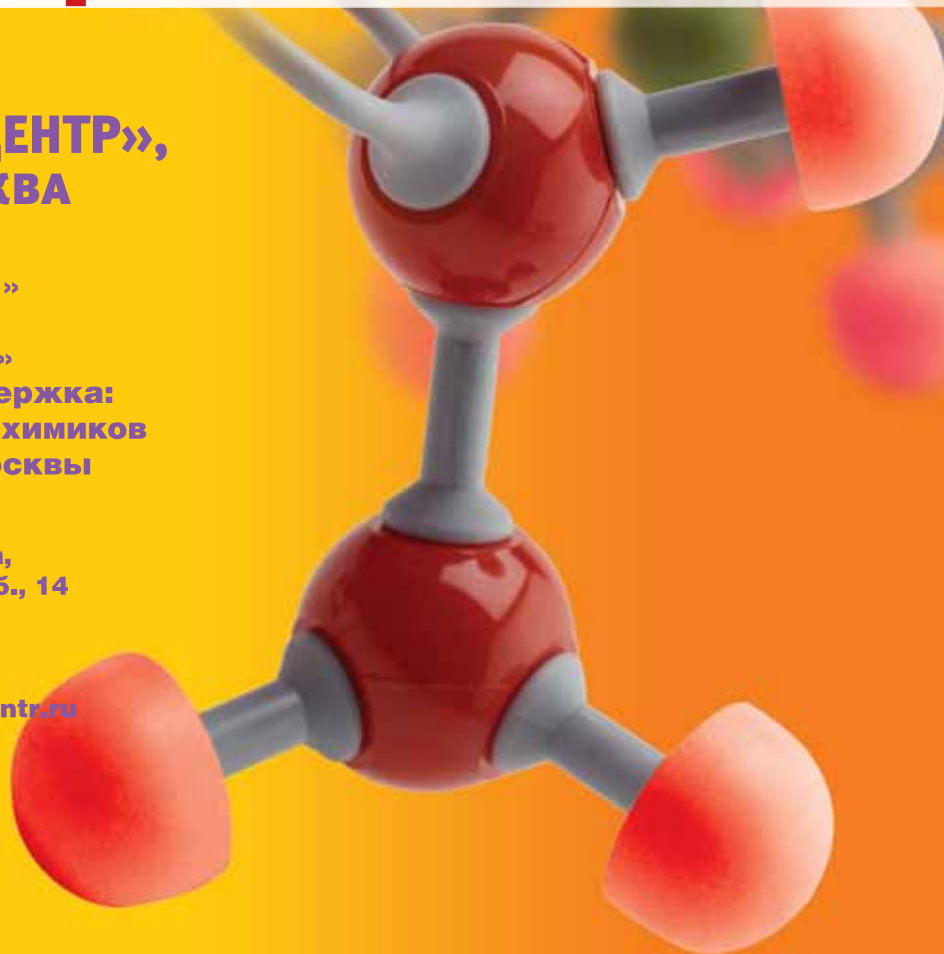
ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

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

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

Факс: (495) 609-41-68

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



Организатор:



ЭКСПОЦЕНТР

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА



ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >