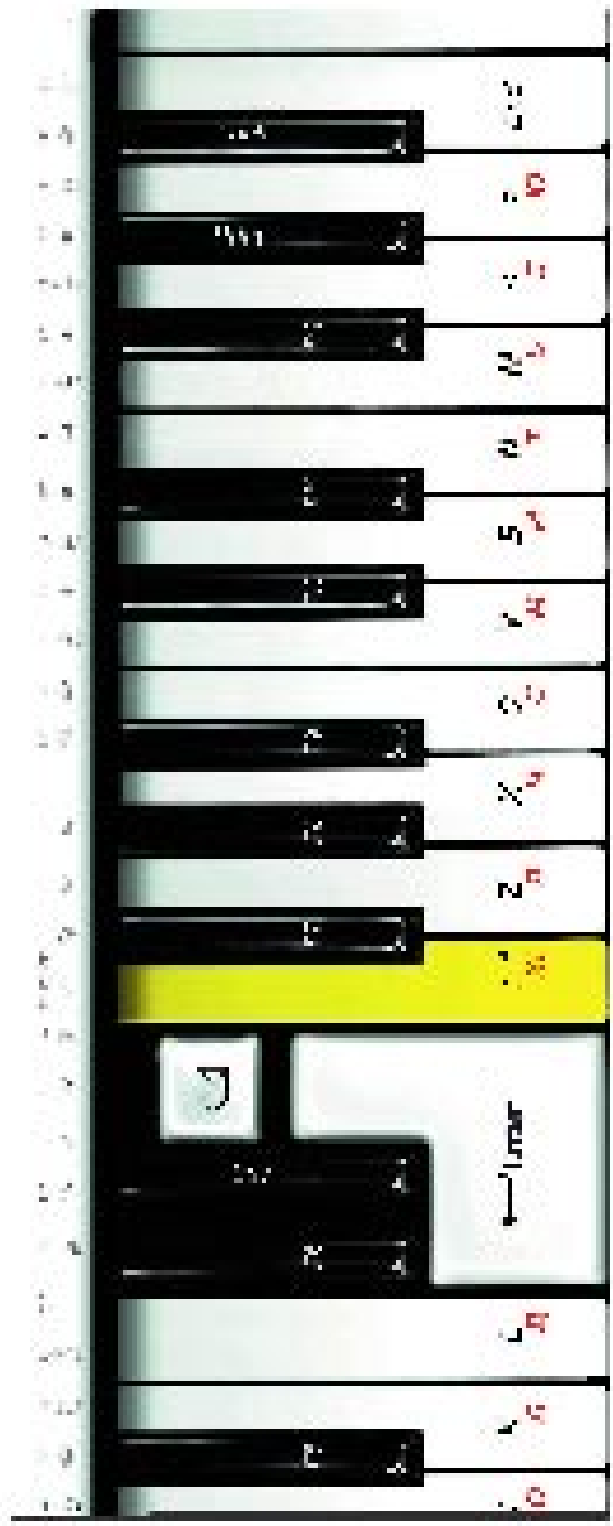


УЧЕБНИК И РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ







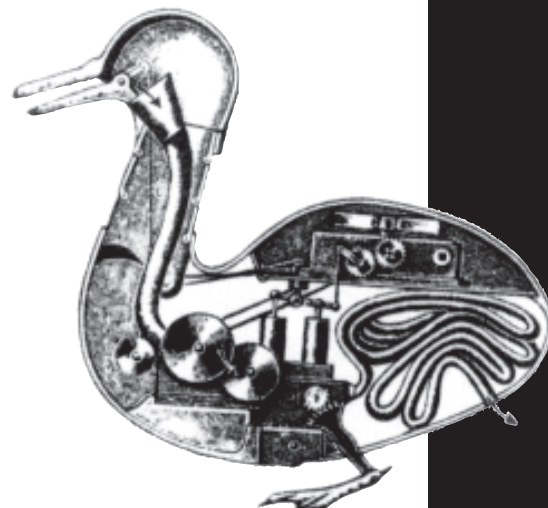
Тело, предоставленное самому себе, сохраняет состояние равномерного и прямолинейного сна не менее чем до 11 часов утра.

Четвертый закон Ньютона



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина к статье «Биоразлагаемые полимеры»

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина Ренато Гуттузо «Читающий газету».
Потоки самой различной информации захлестывают сегодня мир и бросают человека вверх и вниз самым беспощадным образом. Как он при этом меняется, читайте в статье «Образование: чему нам придется учиться?»





Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
17 мая 1996 г., рег. № 014823

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, В.С.Артамонова,
Л.А.Ашкинази, В.В.Благутина,
Ю.И.Зварич, С.М.Комаров,
О.В.Рындина

Верстка
М.Д.Баженова

Производство
Т.М.Макарова

Агентство ИнформНаука
О.О.Максименко, Н.В.Маркина,
Н.В.Пятосина,
О.Б.Баклицкая-Каменева
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 29.03.2005
Допечатный процесс ООО «Марк Принт
энд Паблшер», тел.: (095) 136-37-47
Типография ООО «Офсет Принт М»

Адрес редакции:
105005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:
(095) 267-54-18,
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.

На журнал можно подписаться
в агентствах:
«Роспечать» — каталог «Роспечать»,
индексы 72231 и 72232
(рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)
«АРЗИ» — Объединенный каталог
«Вся пресса», индексы — 88763 и 88764
(рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)
«Вся пресса» — 787-34-48
«Информсистема» — 124-99-38, 127-91-47
«Интерпочта» — 925-07-94, 921-29-88
ООО «Урал-Пресс» — 214-53-96
ООО КА «Союзпечать» — 319-82-16
На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство
научно-популярной литературы
«Химия и жизнь»

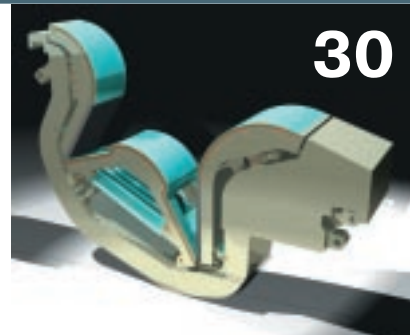


фото П.Г.Нускина

16

«Всё яд и всё
лекарство» — вот
и пчелиный яд
пополнил арсенал
фармакологических
находок.

Токамак
поэтически
называют
«рукотворным
Солнцем».
Как и почему
оно сияет?



ИНФОРМНАУКА

ПОДАВИТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ МОЖНО 4
УЛЬТРАЗВУК ИЩЕТ ТРЕЩИНЫ В КОЛЕСАХ 4
ЕРШИК ДЛЯ НЕФТЯНОЙ ТРУБЫ 5
ЛЕКАРСТВО ОТ СПИДА СТАЛО В ДЕСЯТЬ РАЗ МЕНЕЕ ТОКСИЧНЫМ 5
КОЛЕННЫЙ ФЕРМЕНТ ПОДАЕТ СИГНАЛ БЕДСТВИЯ 6
КАК ЖИВЕШЬ, СТУДЕНТ? ВЗГЛЯД В ПРОШЛОЕ 6

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.А.Фомин, В.В.Гузеев
БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ 8
РОССИЙСКИЕ БИОПЛАСТИКИ 12
В.С.Муратов
НАМ СОСИСКА, ИМ — УПАКОВКА 13

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

В.Н.Крылов
МОЙ ДРУГ ПЧЕЛА 16

ЗДОРОВЬЕ

В.М.Сало
ИЗ ПЕЧЕНИ И МОРКОВИ 22

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

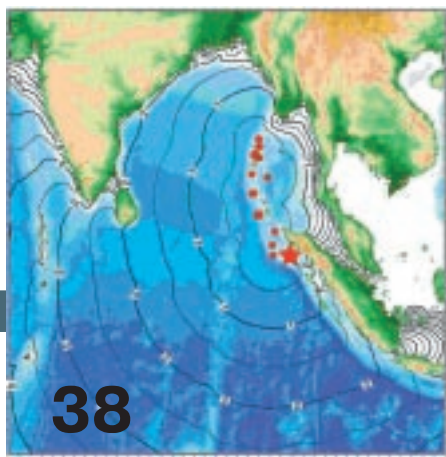
Л.Намер
СВЕТ ИЗ РЕАКТОРА 28

РЕСУРСЫ

Л.Ашкинази
ТОР, КОТОРЫЙ ПРИНЕСЕТ ЭНЕРГИЮ 30
С.М.Комаров
ИТЕР СИЯЕТ ВПЕРЕДИ 34
МИР УТС: ДЕЛА И ГОДЫ 36

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Л.И.Лобковский, Д.Я.Фащук
ВЕЛИКИЕ ВОЛНЫ 38
С.М.Комаров
ЦУНАМИ КАК СОЛИТОН 42



38

6 декабря 2004 года произошло самое крупное в истории Индийского океана подводное землетрясение, породившее цунами.

60



Зачем садоводы каждый год выкапывают луковицы тюльпанов? А затем, чтобы эти подземные жители не зарылись глубоко в землю.

В номере

4

ИНФОРМАУКА

О том, как обезвредить землетрясение, найти внутреннюю трещину в цельнометаллической детали, прочистить трубу нефтепровода, и еще о том, какими были российские студенты и профессора в XVIII веке.

8

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Синтетика не разлагается и не гниет. С одной стороны, это хорошо, с другой стороны, когда приходит пора убирать мусор, есть над чем призадуматься. Что проще: создать полимер, съедобный для бактерий, или научить микроорганизмы питаться полиэтиленом?

22

ЗДОРОВЬЕ

Каротин, содержащийся в траве, теряется при сушке сена, поэтому летнее коровье молоко в несколько раз богаче витамином А, чем зимнее.

43

АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

Известный нейрофизиолог Сьюзен Гринфилд утверждает: стремительные перемены, которые происходят вокруг нас, перестраивают человеческий мозг — мы изменяем мир, а он изменяет нас.

67

ХРОНИКА

Редактор «Химии и жизни» Владимир Станцо поклялся Высоцкому, что опубликует его. Тот, понятно, не поверил...

АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ: КАК ЭТО ДЕЛАЮТ В ВЕЛИКОБРИТАНИИ 43

Сьюзен Гринфилд
ОБРАЗОВАНИЕ: ЧЕМУ НАМ ПРИДЕТСЯ УЧИТЬСЯ? 44

РАССЛЕДОВАНИЕ

И.А.Леенсон
ЧТО ПИШУТ 50

ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

Ген. Меладзе
ТРИ ИСТОРИИ О ПЕТРЕ ПЕТРОВИЧЕ 52

Пит Хейн
ГРУКИ 58

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

М.Т.Мазуренко
ПОДПОЛЬНАЯ ЖИЗНЬ ЗЕМЛЕРОВ И МОХОРОЕВ 60

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Л.В.Каабак
ПОЧЕМУ И КАК Я НАЧАЛ СОБИРАТЬ БАБОЧЕК 64

ХРОНИКА

Б.Горзев
ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА БЕЗ ВЫСОЦКОГО 67

ЮБИЛЕЙ

Е.Котина
МИФЫ О БОЛЕЗНЯХ И ЛЕКАРСТВАХ 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	14	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	26	ПИШУТ, ЧТО...	70
ИНФОРМАЦИЯ	68, 69	ПЕРЕДИСКА	72



ГЕОФИЗИКА

Подавить землетрясение МОЖНО



Предсказывать землетрясения и даже воздействовать на некоторые из них, не очень глубокие и не очень сильные, планируют специалисты Российского научного центра «Курчатовский институт» под руководством академика Е. П. Велихова. Воздействие мощным электромагнитным импульсом должно «размять» главный очаг землетрясения на несколько мелких очагов и тем самым уменьшить разрушительную силу стихийного бедствия (erp@erp.kiae.su).

Исследователи изучали окрестности очагов неглубоких землетрясений в верхней коре (на глубинах до 15 км). Несмотря на сравнительно небольшие размеры очагов и небольшие магнитуды (величины в баллах), такие землетрясения могут натворить немало бед. К счастью, неглубокие землетрясения имеют явно выраженный подготовительный период. Верхняя кора Земли покрыта трещинами и разломами. В коре всегда существуют тектонические напряжения, которые создают в трещиноватых слоях сдвиговые деформации и расширение пород. Во все новые трещины и поры просачивается вода, а миграция воды в зоне очага может спровоцировать землетрясение. Таким образом, начало землетря-

сения всегда сопровождается деформациями, расширениями и движением подземных вод.

Все эти подземные движения можно зафиксировать современными геоэлектрическими методами, чувствительность которых не зависит от погодных и климатических условий. Уловив опасные признаки, надо действовать. Мощные электрические импульсы, создаваемые магнитогидродинамическими (МГД) генераторами, приводят в движение минерализованную воду в окрестности очага неглубоких землетрясений. Даже незначительное количество воды, попавшей в трещину под действием электрических сил, может спровоцировать землетрясение, значит, у людей есть реальная возможность вмешаться в процесс. Это предположение подтвердили эксперименты на Гармском полигоне в горах Памира и под Бишкеком в Киргизии, где на очаг землетрясения воздействовали с помощью мощных МГД-генераторов. Таким способом исследователям удалось изменить распределение землетрясений во времени и пространстве и значительно их ослабить.

По мнению ученых, если объединить новый метод диагностики «предвестников» землетрясений, средства активного воздействия на готовящееся землетрясение и математическое моделирование неглубоких землетрясений, то обуздать это опаснейшее природное явление вполне реально.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

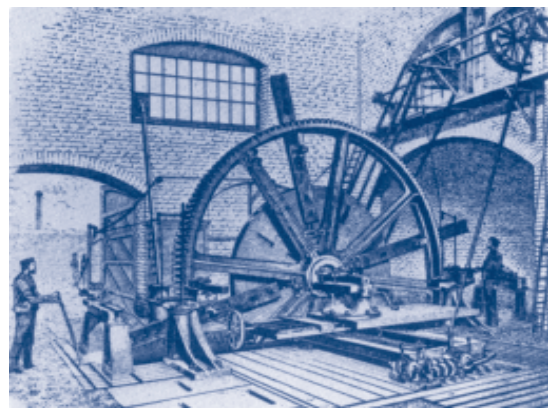
Ультразвук ищет трещины в колесах

Две акустические волны «пообщаются» между собой, и появится третья — совсем не похожая на «родителей». Она-то и сообщит, что в колесе поезда или опоре моста образовалась крошечная трещина, способная со временем превратиться в большую проблему. Приблизительно так работает первый, пока лабораторный, образец прибора, недавно созданного учеными из Института прикладной физики РАН в Нижнем Новгороде при поддержке РФФИ и Фонда содействия развитию МП НТС (nazarov@hydro.appl.sci-nnov.ru).

Деловитый обходчик с железным молотком на длинной ручке, как и сто лет

назад, ходит вдоль составов, внимательно простукивая и прослушивая каждое колесо. Причем нельзя сказать, что высокие технологии обошли эту область стороной. Найти трещинки в колесах, да и вообще в металлических конструкциях, можно вполне современными методами, а не на слух. Только вот самые эффективные приборы обычно и самые громоздкие, а компактные не слишком чувствительны. Скажем, для рентгена или «сквид»-микроскопа найти трещину или пропущенную при отливке колеса раковину — пара пустяков. Но это довольно сложно и очень дорого. А ультразвуковые приборы позволяют выявить только крупные дефекты, поскольку небольшие дают сигнал малой интенсивности. Так что обнаружить дефект на ранней стадии не удается.

Решение проблемы предлагают ученые из Нижнего Новгорода — сотрудники Института прикладной физики РАН. Созданный ими компактный и недорогой прибор, собранный из отечественных деталей, быстро находит микроскопические трещины в колесах поезда, лопатках



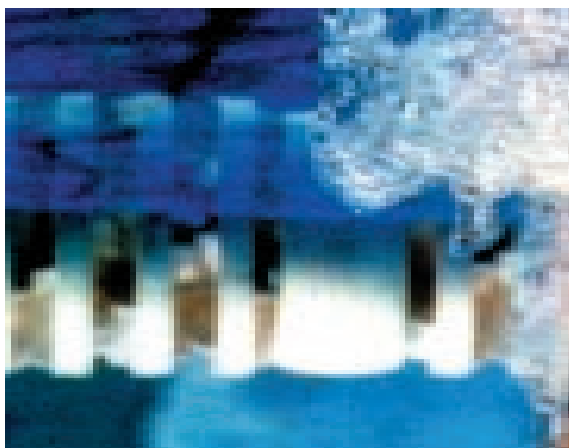
турбин и опорах мостов. А при массовом выпуске может быть и вполне доступен, то есть недорог.

Устройство, парадное название которого «система акустического неразрушающего контроля», основано на использовании нелинейных акустических эффектов. Две правильно выбранные акустические волны, встретив на своем пути небольшие трещины или подобные им дефекты, возбуждают третью волну с параметрами, отличающимися от исходных.

«Принцип, на котором основано действие нашей системы, достаточно хорошо известен, — говорит руководитель работы, ведущий научный сотрудник В. Назаров. — Его было трудно реализо-



вать в приборе с разумными рабочими характеристиками, однако нам это удалось. Лабораторный образец нашей системы мы спроектировали и изготовили вместе с коллегами из малого предприятия ООО НТЦПИ «Гран». Установку мы уже опробовали — и в лаборатории, и в вагонно-колесной мастерской Горьковской железной дороги. Железнодорожники ее одобрили: работает быстро, чутко, информативно и помех не боится. Теперь речь уже идет о промышленном выпуске. Во всяком случае, мы разработали конструкцию промышленной установки».



ТЕХНОЛОГИИ

Ершик для нефтяной трубы

Представьте две трубы. Одна внутри грязная, покрытая толстым твердым налетом вроде асфальта. Другая — внешне такая же, но внутри прямо-таки сияет чистотой. Эту вторую почистили установкой, которую придумали и запатентовали московские инженеры, сотрудники ООО «РИТТ» (ruseng@newmail.ru).

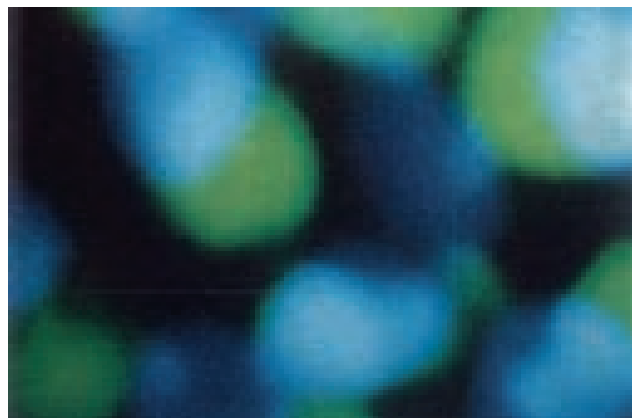
Откуда берутся такие грязные трубы и как удается столь эффективно отчистить их? Об этом рассказывает заместитель директора компании «РИТТ» А. Корсуков. «Мало кто знает, что на предприятиях нефте- и газопереработки трубы, по которым идет нефть и природный газ, приходится регулярно чистить. Всем известно, какой толстый слой накипи образуется от обычной горячей воды — в чайнике его хорошо видно. Если же по трубе идет поток нефти, то на ее внутренних стенках со временем появляется слой не только солей, но и различных тяжелых углеводородов, смол и парафинов. Чтобы трубы не «зарастали», их необходимо чистить. А для этого приходится трубы вытаскивать, например, из скважины, разбирать на отрезки и буквально отмачивать в ванной с горячей водой и специальными добавками. Понятно, что процесс этот длительный, трудоемкий и небезопасный с экологической точки зрения».

Новое устройство для чистки труб напоминает обычный кухонный ершик. Только не пластмассовый, а водяной, состоящий из множества мощных струек. «Наша технология основана на том, что

сжатый воздух и/или вода под высоким давлением создают в трубе локальные смерчи. Из гидровихревой головки вылетают струи воды (воздуха или взвеси абразивного порошка), закрученные в спираль. Такая струя за счет силы удара отдирает налет от поверхности, а затем выносит грязь вместе с потоком наружу».

Понятно, что сила установки не беспредельна. Специальный насос высокого давления позволяет создать нужное давление воды в несколько сот атмосфер на расстоянии не больше 100 м. На таком отрезке трубы и идет чистка. Есть и другое ограничение: сканирующая головка со шлангом-хвостом должна пролезть в трубу, а значит, диаметр трубы должен быть не меньше двух сантиметров. Да и воды такая установка расходует немало — до пяти кубометров за час работы.

Разумеется, чистить трубы новым устройством можно будет не только от нефтяных отложений, но и от обычной грязи — например, трубы канализации и водопроводов. Причем в этом случае преимущество новой системы заключается в возможности «завернуть за угол», ведь шланг гибкий, поэтому изогнутые трубы для него не проблема. Проблема, возможно, будет в другом — куда девать грязную воду с кусочками содранного с поверхности трубы налета. Остается надеяться, что руководители предприятий позаботятся и о том, чтобы ее собрать и очистить. А соответствующие службы экологического контроля за этим проследят. Впрочем, теперь в грязной воде, по крайней мере, не будет моющих средств, которые сами по себе опасны для окружающей среды. А это уже плюс.



ФАРМАКОЛОГИЯ

Лекарство от СПИДа стало в десять раз менее ТОКСИЧНЫМ

Специалисты Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова и НИИ вирусологии им. Д.И. Иванковского РАМН нашли способ на порядок снизить токсичность антиспидовского антибиотика гелиомицина (резистомицина). Для этого антибиотик заключали в жировой (липидный) пузырек — липосому (biotechnology@mtu-net.ru). Работу ученых поддерживает Международный научно-технический центр.

Использование липосом в качестве носителя лекарственных препаратов все больше привлекает внимание исследователей. Липосомы нетоксичны и полностью разлагаются в организме. А поскольку расщепление липидов происходит постепенно, заключенное в липосоме лекарство тоже высвобождается небольшими дозами, что позволяет создавать препараты с пролонгированным действием и уменьшать их токсичность.

Гелиомицин — как раз один из тех препаратов, чью токсичность очень хотелось бы уменьшить. Этот антибиотик блокирует работу нескольких специфических ферментов вируса иммунодефицита человека, и его долгое время считали перспективным антивирусным препаратом. Однако гелиомицин не получил широкого распространения в медицине из-за плохой растворимости в воде и высокой токсичности. Включение гелиомицина в липосомы улучшило бы качество препарата и позволило бы создать его инъекционную форму с низкой токсичностью.

Чтобы получить липосомный препарат, ученые добавили раствор гелиомицина в смеси хлороформа и метанола к липидной пленке. Образцы заморозили в жидком азоте, а затем встряхивали при комнатной температуре. Цикл «замораживание — оттаивание» повторили пять раз. В результате антибиотик встроился в липидную пленку. Затем смесь продавили через фильтры с мелкими порами, чтобы отделить несвязанный гелиомицин, а саму лекарственную смесь раздробили на мелкие пузырьки с известной концентрацией антибиотика. Исследователи подобрали такой липидный состав, при котором в липосомы включается до 97% гелиомицина. Антибиотик, упрятанный в липосомы, ученым удалось растворить в физиологическом растворе.

Токсичность нового препарата проверили на культуре эмбриональных фибробластов. Гелиомицин в водном растворе уже через сутки губил все клетки до одной, а токсичность липосомной формы оказалась в десять раз меньше. Антивирусную активность липосомного гелиомицина проверили на культуре фибробластов, которые заражали цитомегаловирусом. Этот вирус человека не вызывает заболеваний и идеально подходит для модельных экспериментов. Новый препарат оказался активным против вируса, причем в концентрации, которая не токсична для клеток.

БИОХИМИЯ

Коленный фермент подает сигнал бедствия

Травма колена коварна. После нее без всякого, казалось бы, предупреждения, развивается артроз. На кафедре гистологии Владивостокского государственного медицинского университета научились распознавать самые ранние стадии, предшествующие разрушению коленного хряща, за которым неизбежно следует и разрушение кости — артроз. В это время в хрящевых клетках проявляет свою активность до того молчаливый фермент нитроксидсинтаза.

Если распространенная травма колена, повреждение крестообразной связки, долго не проходит, это может привести к разрушению суставного покрова и, как следствие, к развитию остеоартроза. Однако на каком этапе возникают необратимые изменения хряща и с чем они связаны, неясно. Недостаток информации



проистекал главным образом из-за отсутствия биохимических маркеров, отражающих течение болезни. Такие маркеры можно использовать для наблюдения за пациентами, у которых высок риск развития артроза. Российские медики выбрали в качестве маркера фермент нитроксидсинтазу, который расщепляет входящие в состав хряща гликозаминогликаны. Избыточная активность фермента должна приводить к разрушению хряща.

Материалом для исследования послужили биоптаты хряща, полученные во время операций пластики связок коленного сустава. В качестве контрольных использовали образцы хряща, взятые у людей, погибших от несчастных случаев. Ни рентген, ни микроскопические исследования не выявили никаких отклонений от нормы в травмированном колене. Все клетки хряща и их взаимное расположение выглядели у пациентов так же, как у здоровых людей их возраста. Если бы исследование этим ограничилось, можно было бы сказать, что признаков разрушения хряща нет и нет оснований бояться артроза. Но специалисты провели еще и гистохимическое исследование. Они окрашивали препараты хряща специальным красителем, который окрашивает в синий цвет клетки с активной нитроксидсинтазой: чем гуще окраска, тем активнее фермент.

Оказалось, что в суставном хряще здорового колена нитроксидсинтаза практически не работает. Зато клетки всех травмированных пациентов приобрели густой синий цвет. Судя по интенсивности окраски, активность фермента зависит не от длительности заболевания, а только от его наличия. Фермент увеличивает активность уже через полтора месяца после травмы колена. Содержание гликозаминогликанов во всех препаратах опытной группы было ниже, в контроле, следовательно, нитроксидсинтаза мешает синтезу новых хрящевых клеток, что и приводит к деградации суставного покрова. Это тем более скверно, что при обследовании неблагополучие в коленном

суставе еще не заметно. Дефект проявляется, когда лечить уже поздно. Медики не исключают, что разрушение коленного хряща связано с ранним и, возможно, фатальным дефектом анаболических процессов в хряще: у человека погибает колено, а ему не больно.

Теперь в распоряжении врачей есть простой и недорогой метод ранней диагностики риска развития артроза. Будем надеяться, что они сумеют им воспользоваться.

ИСТОРИЯ

Как живешь, студент? Взгляд в прошлое

Историки всегда уделяли много внимания прошлому российских университетов, ведь именно там появлялись новые мысли, прогрессивные течения. А вот про повседневную жизнь обитателей этих университетов известно не так много. Где жили студенты императорских университетов, чему учились, как протекала их студенческая жизнь — эти и многие другие вопросы изучила группа российских ученых. Проект осуществляется при поддержке РГНФ.

Повседневную жизнь российского студенчества XVIII — начала XX века избрала предметом своего исследования группа ученых из Московского и Казанского государственных университетов и из Института российской истории РАН. По мнению сотрудницы исторического факультета МГУ И.П.Кулаковой, возглавляющей этот проект, такое исследование важно не только с исторической точки зрения: «Цели проекта диктуются интересами проводимых в нашей стране образовательных реформ. Это помогло бы их скорректировать, позволило бы понять механизмы внутренней самоорганизации университетской корпорации, истоки ее реакции на происходящее, оценить наследие, которое осталось нам от императорской России».

Итак, как же складывалась жизнь студентов Московского университета в до-революционной России? Отношения куратора и профессоров, администрации и питомцев, преподавателей и учеников, старших и младших строились на базе патернализма и строгого иерархического соподчинения. (Впрочем, тогда, в середине XVII века, такого рода патриархальность проявлялась во всех сферах русской жизни.) Как и в семье, где все подчинялось ее главе, в университете сту-



денты находились под властью преподавателей, инспекторов, надзирателей.

Студенты, в свою очередь, следили за гимназистами (гимназия была первой ступенью университета). Они помогали готовить уроки, водили учеников в столовую и церковь, в классы и обратно, писали рапорты. Руководство считало такое устройство весьма полезным: студенты подавали младшим пример, «поддерживая на высоте свое звание», а кроме того, приобретали педагогический опыт. Подчинение, по признаниям авторов разнообразных мемуаров, было основано на уважении к авторитету старших и «просвещенных». К началу XIX века в университете сложился особый тип отношений, которые внутри корпорации часто описываются в метафорах кровного родства — «отеческий», «отец», «дети». Но это были отношения, основанные именно на непререкаемой власти «отца».

Однако постепенно общество менялось, уходил в прошлое традиционный уклад. В 1820–1830-е годы студенты начинают вести себя более независимо. За вольнодумство из университета, например, были отчислены Белинский и Полежаев. Но здесь же берет начало корпоративное единство профессуры и студенчества, которое стало заметно в 40-е годы XIX века, — появляется новое поколение преподавателей, которые строят отношения со студентами не как с учениками, а как с молодыми соратниками.

Своеобразным отражением истории университета служит и жилье студентов. Сначала комнаты студентам предоставляли прямо внутри университетской тер-

ритории. Но постепенно в Москве появляются съемные квартиры, строятся доходные дома, и студенты начали выбираться за пределы alma mater. На протяжении XIX века в городе складывался так называемый Латинский квартал — место жительства большинства студентов. В Москве им становится Козиха, район Бронных улиц. Естественно, по мере удаления жилья студентов от территории университета следить за их поведением инспекторам становилось все труднее, хотя они и продолжали это делать. Инспектор мог, например, зайти вечером в питейное заведение, и, если заставал там студента, пьющего что-либо крепче пунша (слабоалкогольный напиток), на следующий день того ждало наказание.

Немалую помощь наблюдающим оказывали студенческие мундиры, заметные на улице издали. Когда именно появляется студенческий мундир, точно не известно. Но уже в 1760-е годы воспитанники университета перестают одеваться кто во что горазд. В качестве парадного мундира им предлагалась красивая одежда дворянского образца: камзол, кафтан, короткие штаны, чулки, треуголка и шпага. Сначала мундир был зеленым с малиновыми обшлагами — как у гвардейцев, потом цвет несколько раз менялся: сперва на малиновый с синим, а после указа 1804 года — на синий. Важно, что одинаковые мундиры носили все студенты: и богатые дворяне, и бедные разночинцы, а значит, в «храме науки» все были равны. Кроме того, мундир указывал на положение студентов как государственных служащих. Чтобы достигнуть равенства и на практике, студентов обучали изящным манерам: как правильно ходить, кланяться, как принимать красивые позы, и, конечно, учили танцевать — дворянским детям все это было известно, а вот разночинцы получали шанс приобрести светские навыки.

И все же, несмотря на строгую дисциплину и возможность подняться выше по социальной лестнице, занятия студенты прогуливали, как и сейчас. В первое время этим чаще грешили дворянские дети: университет был для них возможностью получить неплохое бесплатное образование, подучиться грамоте и языкам. Однако они быстро понимали, что наука их не привлекает, и начинали пропускать занятия. Прогуливали и разночинцы — вследствие лени, необходимости подработать, желая вернуться в родную среду и т. д. За

отлучки и непосещения студентов отчисляли. Кроме того, существовала шкала наказаний: имена грубиянов и прогульщиков вывешивали на «черную доску» или просто наказывали — младших били линейкой по рукам или же ставили на колени; старших отправляли в карцер, сажали на хлеб и воду или же лишали шпаги.

Не последнее место в жизни студента играло и его отношение к профессору. В университете начала XIX века особым уважением пользовались молодые профессора, прошедшие стажировку за границей, — в Московский университет они привозили прогрессивные методы обучения, новейшие знания и европейские костюмы (таков был, например, профессор физики Страхов). К преподавателям же прежней генерации — в париках с косицами и екатерининских мундирах — студенты относились с почтительной иронией. Главное, что привлекало студентов в профессорах «нового типа», — стиль поведения и широта интересов. В 40-е годы XIX века появляются новые кумиры: профессор Грановский, лекции которого собирали пол-Москвы. Тогда же зарождается традиция домашних «посиделок» — занятий дома у преподавателя, проходивших в форме дружеских бесед.

Университет старался поддерживать неимущих студентов. Одним из первых благотворителей стал первый же куратор Московского университета Иван Шувалов. Много для университета сделало семейство Демидовых: «демидовские» стипендии были учреждены в 1813 году и выплачивались более 100 лет, до наступления советской эпохи. Примерам последовали многие состоятельные граждане, и стипендиальный фонд начал прирастать. В торжественном актовом зале университета с 1820-х годов рядом с портретами царствующих особ и учредителя университета Шувалова вешали медные доски, на которых золотыми буквами записывали имена филантропов. Помимо стипендий, в 1860 году впервые был учрежден первый премиальный капитал — за лучшее годичное сочинение для студентов историко-филологического факультета. К началу XX века 10–15% беднейших студентов учились за счет пожертвованных университету капиталов.

Справедливости ради надо сказать, что преподаватели университета тоже не были богатыми людьми. Да и в целом нехватка средств на содержание и развитие университета, к сожалению, оставалась традицией на протяжении всей его истории.





Биоразлагаемые полимеры

Доктор химических наук
В.А.Фомин,
доктор химических наук
В.В.Гузев,
ФГУП «НИИ полимеров»,
Дзержинск

Мы не просто уничтожаем мусор и не создаем мерзких свалок на дне океанов. Мы превращаем мусор в свежий воздух и солнечный свет.

А.и Б.Стругацкие. Полдень, XXII век

Уже лет тридцать полимеры лидируют среди упаковочных материалов. Объемы пластика, которые идут на это полезное дело, огромны: из 130 млн.т/год всех выпускаемых полимеров чуть меньше половины (41%) используется в производстве упаковки, и причем половина этого количества (47%) становится упаковкой пищевых продуктов. Это и понятно: полимеры удобны, безопасны, дешевы, а значит, их производство будет расти и дальше.

Все бы хорошо с полимерами, но, в отличие от стекла (которое используют повторно) и бумаги (которая разлагается в естественных условиях), упаковка из синтетических материалов практически вечна. А поскольку именно она составляет 40% бытового мусора, вопрос «что делать с полимерной упаковкой» становится глобальной экологической проблемой. Можно не пре-



Художник Н. Крашин



разумевают сжигание и переработку. Сжигание пластмасс экологическую ситуацию не то что не улучшает, а, скорее, наоборот.

Переработка отчасти решает проблему, но требует дополнительных затрат. Приходится отбирать из общей массы мусора упаковки, разделять их по видам пластиков, мыть, сушить, измельчать и только потом перерабатывать. Однако это пока единственный более или менее «экологичный» способ. Чтобы стимулировать повторное использование пластмассы, многие страны принимают законодательные нормы, обязывающие собирать и перерабатывать пластиковую тару и упаковку. Так, в большинстве стран Европы пластмассовая упаковка на 15% должна состоять из вторичного сырья, а в Германии — уже на 50% (в ближайшее время эта цифра увеличится до 60%). Впрочем, многие специалисты считают, что это технически невозможно. Максимум — 25%, и то лишь для транспортных и непищевых упаковок. Естественно, упаковка с применением вторичного сырья гораздо дороже, да и качество полимера в ней ниже. К тому же многим потребителям не нравится упаковка из вторично переработанного полимера, практически из помойки.

И наконец, главное. Даже если допустить, что значительную часть упаковки будут использовать вторично, то сколько раз ее можно перерабатывать, пока она окончательно не потеряет потребительские свойства? Очевидно, все равно наступает момент, когда пластик надо захоранивать или сжигать, а дальше — см. начало статьи.

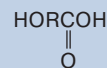
Ученые считают, что единственный способ решить проблему полимерного мусора — создать производство полимеров, способных разлагаться в природе на безвредные компоненты. Подобные исследования ведутся по всему миру, но если обобщить все, что делается, то можно выделить три основных направления поисковых и прикладных работ: биоразлагаемые полимеры на основе полиэфиров гидроксикарбоновых кислот; композитные материалы на основе природных полимеров; модификация уже существующих промышленных полимеров и придание им новых свойств.

увеличивая сказать, что именно от решения этого вопроса в большой степени будет зависеть экологическая ситуация в мире и судьба производства пластмасс в XXI веке. Если мы не найдем решения, то утонем в мусоре.

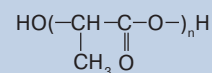
Сейчас есть два основных подхода: захоронение (то есть хранение на свалках) и утилизация. Первый из них в общем-то проблему не решает, а просто перекладывает сегодняшние заботы на плечи будущих поколений. С утилизацией тоже все непросто. Под ней под-

Биоразлагаемые полиэфиры

Самое активное на сегодня направление — производство полимеров на основе гидроксикарбоновых кислот:



Эти исследования имеют довольно давнюю историю. Еще в 1925 году ученые обнаружили, что полигидроксимасляная кислота — очень хорошая питательная среда для хранения различных видов микроорганизмов. Они ее с удовольствием едят, оставляя «рожки да ножки» — CO_2 и H_2O . Совершенно такие же свойства имеют полиэфиры других гидроксикарбоновых кислот: гликолевой, молочной, валериановой или капроновой:



Один из самых перспективных биodeградируемых пластиков для упаковки — продукт конденсации молочной кислоты полилактид.

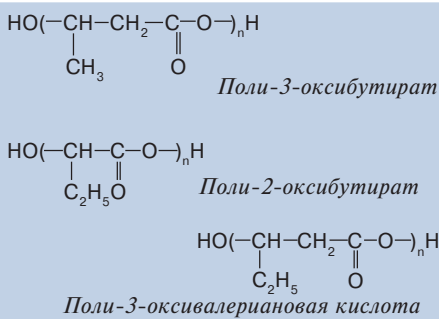
Дело в том, что и мономер лактид и полимер полилактид можно производить как синтетическим способом, так и ферментативным брожением декстрозы сахара, мальтозы, суслу зерна или картофеля. А это, как всем понятно, возобновляемое сырье.

Полилактид исключительно хорош с экологической точки зрения: в компосте он разлагается за один месяц, а также вполне переваривается микробами морской воды. Конечно, нужны еще потребительские свойства. Здесь тоже все в порядке, это прозрачный, бесцветный и термопластичный полимер. Последнее весьма существенно, поскольку означает, что его можно перерабатывать всеми способами, применяемыми сегодня для переработки полимеров. Из листов полилактида можно делать подносы, тарелки, получать пленку, волокно, упаковку для пищевых продуктов, имплантаты для нужд медицины. Если добавить пластификаторы, то полилактид становится похож на эластичный полиэтилен, поливинилхлорид или полипропилен. Естественно-

но, чем меньше мономерной молочной кислоты в составе полимера, тем больше срок службы полимера.

Несмотря на все очевидные достоинства полилактида, понятную и отлаженную технологию, до массового его внедрения еще далеко. Дело в том, что он получается довольно дорогой, и все усилия концернов направлены на то, чтобы удешевить биоразлагаемый продукт за счет новых высокопроизводительных технологических процессов. Активным совершенствованием технологии производства молочной кислоты занимается, например, американская фирма «Cargill Inc». Она производит полилактид, ферментируя декстрозу кукурузы, и сейчас эта линия может выдавать до 6 тыс. тонн полимера в год. В перспективе — расширение производства до 50–150 тыс. т/год и снижение стоимости полилактида с 250 до 2,2 дол./кг.

Голландцы (фирма «CSMN») уже сейчас готовы выпускать 34 тыс. т/год молочной кислоты с возможным увеличением мощности в два раза. Японцы также почти близки к цели. Технологи «Mitsui Toatsu» придумали, как получать полилактид в одну стадию, — тогда цена нового материала составит 4,95 дол./кг. К тому же свойства полимера лучше, чем у пластика, полученного в две стадии. На его основе уже разработаны две пленки — жесткая пленка, по свойствам сравнимая с полистиролом, и эластичная, похожая на полиэтилен:



Кроме полилактида, есть и другие перспективные полиэфиры (их называют ПОА – полиоксикалкоанаты). Например, ученые используют смеси поли-3-оксибутирата, поли-2-оксибутирата и поли-3-оксивалериановой кислоты.

Именно такого типа биоразлагаемые полимеры выпускает английская фирма «Zeneca Bioproducts PLC». В 1995 году она получила 75 тонн полимера Biopol по цене 6,2 дол./кг, что в 5–7 раз дороже полиэтилена, полипропилена, полистирола или поливинилхлорида, и в 1,5–2 раза дороже полиамида.

Конечно, пока цены на биоразлагаемые пластмассы не станут сопоста-

вимы с ценами на крупнотоннажные синтетические полимеры, о массовом использовании остается только мечтать. Лимитирующая стадия в удешевлении процесса — найти бактерии, которые работают более эффективно и производят больше полимера. Чаще всего в качестве исходного сырья (пищи для бактерий) используют сахар, органические кислоты, спирты. Сегодня считается удачей производство 50–60 кг полимера кубометром фермента в день. Ученые надеются, что удастся еще сократить затраты сырья, найти более эффективные штаммы и оптимизировать аппаратно-технологическое решение. Тогда можно рассчитывать, что стоимость продукта дойдет до 1,35 дол./кг и он станет конкурентоспособным.

Итак, полиэфиры на основе гидроксикарбоновых кислот имеют огромные потенциальные возможности и могут стать реальностью в самое ближайшее время. Особенно если будут приняты законодательные нормативы, ограничивающие применение неразлагаемых полимеров.

Пластмассы с природными полимерами

Еще один возможный путь — это композиционные материалы на основе природных полимеров: крахмала, целлюлозы, хитозана или белков. Конечно, помимо разлагаемой основы, туда должны входить пластификаторы и различные добавки. Композиты бывают двойные и тройные: их состав зависит от того, какие потребительские свойства надо получить. Понятно, что для очковых оправ, рукояток инструментов, зубных щеток, детских подгузников и одноразовой посуды нужны разные композиции. Главное — найти правильное соотношение компонентов, которое сохраняло бы нужные свойства, имело приемлемую цену и разлагалось в окружающей среде. Как правило, предполагается, что даже такую биоупаковку будут не бросать на зеленую лужайку, а собирать и складывать в компост. Именно для таких условий приводится время разложения.

Самая распространенная основа для разлагаемых композиционных материалов — крахмал. Пластификаторами могут быть глицерин или полиоксипропиленгликоль. Несмотря на то что сам крахмал разлагается, в некоторые композиции вводят еще полиэфиры, чтобы ускорить процесс. Например, пленка, полученная из смеси крахмала и полилактида, разлагается в компосте при 40°C за семь суток.

Конечно, такой композиционный материал тоже оказывается дороже, чем синтетический полимер. Чтобы сделать его дешевле, можно использовать нео-

чищенный крахмал, смешанный с поливиниловым спиртом и тальком, но тогда полимер подойдет исключительно для бытового назначения: упаковка, пленка для мульчирования, пакеты для мусора.

Крахмалосодержащие биоразлагаемые пластики, так же, как и полиэфиры, уже вышли из стен лабораторий — некоторые фирмы перешли к промышленному производству таких материалов. Фирма «Biotec GmbH» на основе крахмала производит биопластмассы различного назначения: гранулы для литья одноразовых изделий; пеноматериалы для упаковки пищевых продуктов и многое другое. Время разложения таких материалов в компосте при 30°C — два месяца. Чешская фирма «Fatra» совместно с производителями крахмала и Институтом полимеров разработала разлагающуюся за три-четыре месяца упаковочную пленку на основе крахмала с полиолефином. Поскольку компоненты недорогие, готовая пленка стоит примерно 1,9 дол./кг.

Основой композита может быть не только крахмал, но и целлюлоза, хитин и другие природные материалы (лигнин и лигниносодержащие вещества) в сочетании с протеином и другими добавками. Японские технологи даже делают пластик из древесной массы в сочетании с поливинилацетатом и глицерином.

В последнее время внимание разработчиков привлекают композиции на хитозане и целлюлозе. Из них получают биоразлагаемые пластики, пленки с хорошей прочностью и водостойкостью (10–20% хитозана). Одна из японских фирм использует для этого хитозан из панцирей крабов и креветок. Хитозан интересен тем, что можно менять скорость его биоразложения в зависимости от методов обработки. Так, пленка на основе хитозана, ацилированного по NH_2 - группам, разлагается в аэробном городском компосте намного быстрее, чем целлофановые или даже поли(гидроксибутират)валериановые пленки.

Разлагаемые композиты можно делать на основе природных белков, или протеинов. Чтобы завертывать влажную пищу или просто для коробочек для пищевых продуктов, используют пленку на основе гидрофобного протеина — цена. Список им не ограничивается — в состав композита добавляют метакрилизированный желатин (в этом случае материал подходит для упаковки пищевых продуктов, парфюмерии и лекарственных препаратов), казеин, кератиносодержащие натуральные продукты.

Интересно, что японская фирма «Showa» уже разработала подобный биодеструктурируемый полимер для корпуса телевизоров и персональных компьютеров. Этот пластик не боится высоких температур, прочен, упруг, раз-

лагается в воде и под действием почвенных бактерий.

Добавление природных полимеров — полисахаридов и белков ценно прежде всего тем, что это возобновляемое сырье. Основная задача исследователей — подобрать такое соотношение компонентов, чтобы свойства композитов приближались к синтетическим полимерам.

Модификация синтетических полимеров

Несмотря на активное развитие двух описанных направлений, технологи продолжают попытки изменить уже хорошо освоенные крупнотоннажные полимеры: полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол и полиэтилентерефталат. Без модификации перечисленные полимеры и изделия из них могут храниться в земле «вечно». Чтобы избежать этого, есть три пути: ввести в структуру синтетического полимера молекулы, способствующие ускоренному фоторазложению полимера; получить сополимер с добавками, способными инициировать распад основного полимера; направленно синтезировать биodeградируемый полимер на основе промышленно освоенных синтетических продуктов.

Фоторазлагаемые полимеры — это, например, сополимеры этилена или полистирола с винилкетонем. Добавки таких фотоинициаторов в количестве всего 2–5% позволяют разложить полимер ультрафиолетовым излучением с длиной волны 290–320 нм. Светочувствительными добавками могут служить дитиокарбаматы железа и никеля или соответствующих пероксидов.

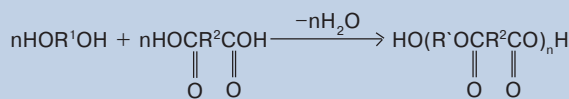
Чтобы фото- и биоразложение полиэтиленовой пленки происходило еще быстрее, в нее вводят пульпу целлюлозы, алкилкетоны или фрагменты, содержащие карбонильные группы. В этом случае можно рассчитывать, что через 8–12 недель свет и бактерии приступят к уничтожению мусора. Процесс происходит медленнее, чем с полиэфирами, и остатки пленки полностью исчезают только при бороновании и запахивании.

Второй, самый очевидный способ — это просто сочетать хорошо известные полимеры с биodeградируемыми компонентами. Так, полиэтилен и полистирол пытаются совместить с крахмалом, полиэфирами и другими биоразлагаемыми добавками. Однако, несмотря на то что такие композиции условно относят к биоразлагаемым, как правило, при компостировании быстро разлагается крахмал, а синтетический полимер в большинстве случаев остается несъеденным. Дос-

точно привести один пример. Исследование пленки из смеси полилактида и поливинилацетата показало, что чистая полилактидная пленка разлагается за 10 часов на 52%, а с добавкой всего 5–10% поливинилацетата — за 60 часов лишь на 8%. А если поливинилацетата в смеси будет 30%, то пленка практически не разлагается. Ученые не могли не отметить перспективность подобных попыток — недаром число публикаций на эту тему резко уменьшилось.

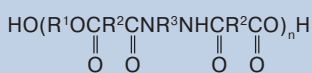
Однако, похоже, перспективный путь все-таки есть. Это синтез соответствующих полиэфиров и полиэфирамидов. Особенно активно в этом плане работают два химических гиганта — «BASF» и «BAYER AG».

Разлагаемые сополиэфиры получают, например, на основе алифатических диолов и органических дикарбоновых кислот по схеме:



Уже установлено, например, сколько терефталевой кислоты надо добавить к алифатической кислоте, чтобы полимер сохранил и нужные физико-химические свойства, и биоразлагаемость: 30–55 мольных %. На основе именно такого полиэфира в 1995 году фирма «BASF» освоила выпуск полностью биоразлагаемого пластика Ecoflex F и теперь делает из него мешки, сельскохозяйственную и гигиеническую пленку, ламинирует им бумагу. Механические свойства нового полимера сравнимы с таковыми у полиэтилена низкой плотности. Цена довольно небольшая: 2,9–3,6 дол./кг в зависимости от качества. Фирма «BASF» также выпускает биоразлагаемые пластики на основе полиэфиров и крахмала.

Не отстает другой гигант химиндустрии — начиная со второй половины 90-х годов фирма «BAYER AG» выпускает новые компостируемые, биоразлагаемые в аэробных условиях термопласты на основе полиэфирамида:



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Один из них прекрасно прилипает к бумаге — так можно делать влагостойкую упаковку для пищевой промышленности и сельского хозяйства. При соответствующем увлажнении мешки из такого полимера разлагаются за десять дней на биомассу, диоксид углерода и воду. Другой полимер (алифатический полиэфирамид) легко перерабатывается литьем под давлением. В него можно добавлять наполнители: целлюлозу, древесную муку, крахмал, придающие ему достаточную жесткость и прочность. И тогда получаются биоразлагаемые вазы и корзины для цветов, одноразовая посуда, предметы гигиены.

Чтобы снизить стоимость материалов на основе полиэфиров и полиамидов, фирмы используют свои свободные производственные мощности, а в качестве исходного сырья применяют хорошо освоенные промышленностью продукты. Перерабатывают новые компо-

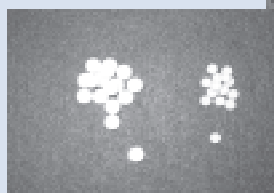
зиции в конечные изделия на стандартном оборудовании. Но ведь все могут подойти к проблеме таким же образом — было бы только желание. Тогда будет несложно освоить выпуск новых экологически безопасных и не слишком дорогих полимеров. По данным фирмы «BASF», потенциальный рынок Западной Европы компостируемых биодеструктурируемых материалов из полиэфирамидов, сополиэфиров и их смесей с крахмалом составляет 200 тыс. т/год.

Надо сказать, что в последнее время ученые активно ищут и другие биоразлагаемые композиции, не только полиэфир-полиамидные, но и содержащие уретановые, карбонатные группы и фрагменты гидроксикарбоновых кислот. Поэтому скоро появится широкая гамма компостируемых изделий с высокими физико-механическими свойствами и приемлемой ценой.

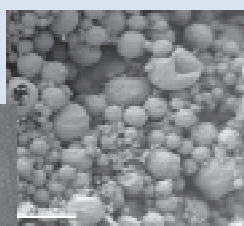
Таким образом, в последнее десятилетие в биodeградируемых пластиках наблюдается явный прорыв, причем в Европе государственные структуры активнейшим образом взаимодействуют с крупными химическими производителями. Это — залог успешного решения столь сложной задачи. К сожалению, у нас в России этому уделяют непростительно мало внимания.



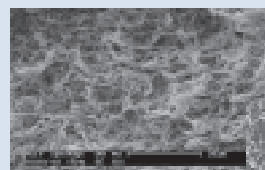
ДЕПОНИРОВАНИЕ
ЛЕКАРСТВ



ТАБЛЕТИРОВАННЫЕ
ФОРМЫ



МИКРОЧАСТИЦЫ



МИКРОПОРИСТАЯ
МЕМБРАНА



ГИБКАЯ ПЛЕНКА



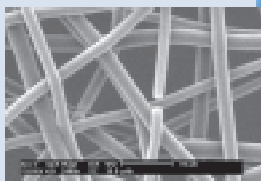
3-х МЕРНЫЙ
SCAFFOLD

ТКАНЕВАЯ
ИНЖЕНЕРИЯ



ПОА

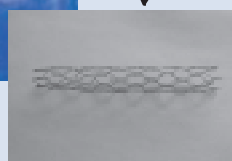
ХИРУРГИЯ



УЛЬТРАТОНКИЕ
ВОЛОКНА
(1-3 мкм)

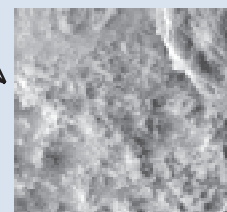


ШОВНЫЕ
ВОЛОКНА



ВНУТРИСОСУДИСТЫЙ
СТЕНТ

РЕПАРАТИВНЫЙ
ОСТЕОГЕНЕЗ



КОМПОЗИТ ПОА/ГАП

Российские биоластики

Изделия, полученные из ПОА

Полиоксиалканаты (ПОА) — это полиэфиры, которые делают с помощью микроорганизмов (см. первую главу предыдущей статьи). Как и полипропилен с полиэтиленом, ПОА прочны и термопластичны. Но помимо этого они обладают антиоксидантными свойствами, оптической активностью, пьезоэлектрическим эффектом, и самое главное — эти полимеры биосовместимы, а в почве сами разрушаются до углекислоты и воды. Вот почему полиоксиалканаты считают наиболее перспективным материалом XXI века.

Сейчас все развитые страны проводят активные исследования, пытаясь снизить стоимость ПОА, а также получить полимеры различного состава, чтобы делать из них разрушаемый упаковочный материал, пленки, мембраны и волокна, матриксы для депонирования лекарственных средств и другие интересные вещи. На самом деле полиоксиалканаты

можно будет использовать практически везде.

Технологии синтеза нескольких типов таких полимеров (полимера оксимасляной кислоты — полиоксибутирата — и сополимеров оксимасляной кислоты с оксивалериановой и оксигексановой) в России разработали еще в начале 90-х годов прошедшего столетия в Институте биофизики Сибирского отделения РАН (Красноярск). За основу ученые приняли процесс биосинтеза водородокисляющих бактерий — они производят эти полимеры, перерабатывая взрывоопасную смесь водорода, углекислоты и кислорода. Тогда же придумали (и запатентовали), как использовать в качестве сырья не опасную смесь газов, а водородсодержащие продукты переработки гидролизного лигнина и бурых углей. Такого сырья много, и оно гораздо дешевле.

В Институте биофизики не только разработали технологию, но и наработали опы-



Опытное производство ПОА

ные партии отечественных биоразлагаемых полимеров, что позволило исследовать их подробно и с разных сторон. Теперь ученые знают не только их структуру и свойства, но и то, что общепринятыми методами из них можно изготавливать волокна, гибкие пленки, грануляты, мембраны, а также ламинировать ими бумагу, обволакивать удобрения и семена, делать СВЧ-передающие ус-

тройства в радиоэлектронике. Сейчас наши ученые уже получили биоинертные матрицы для клеток, в том числе нагруженные лекарственными препаратами, а также гибридные композиты с гидроксипатитом и коллагеном для замены костей и суставов в реконструктивной хирургии.

Более того, совместно с Государственным центром новых биоматериалов и НИИ

трансплантологии и искусственных органов МЗ РФ уже проведены медико-биологические исследования синтезированных ПОА и получено заключение о том, что наши полимеры могут быть использованы в медицине (даже там, где есть контакт с кровью). На базе нашего биоразлагаемого полимера в Институте трансплантологии и искусственных органов уже разработан материал ЭластоПОБ™ и начаты его клинические испытания. В других клинических учреждениях врачи также проводят испытания ПОА — не только для замены поврежденных и утраченных тканей, но и для имплантатов в стоматологии и сосудистой хирургии. В 2003 году даже вышла первая отечественная монография «Полиоксиалканаты — биоразрушаемые полимеры для медицины», в которой обобщены все результаты, полученные за 15 лет исследований.

Три года назад ОАО «Биохиммаш» и Институт биофизики СО РАН получили грант Международного научно-технического центра (МНТЦ) для масштабирования уже существующей лабораторной технологии синтеза биоразлагаемого ПОА. Часто лабораторные технологии, даже хорошо отлаженные, так и не превращаются в производство. Дело в том, что методы, с помощью которых в институтах делают даже довольно большие партии продукта, в крупном масштабе, как правило, воспроизвести невозможно. Всегда есть тонкости, незначительные для лаборатории, но существенные для производства. Масштабирование — целая наука и отдельная серьезная работа, которую позволил осуществить грант МНТЦ. Технологию упростили, сократили время ферментации, а главное — разработали более технологичный процесс с участием нового штамма водородокисляющих бактерий, способных утилизировать глюкозу, фруктозу, ацетаты и спирты. Теперь российские биоразлагаемые полимеры можно будет получать из сахаросодержащих гидролизатов растительного сырья, отходов деревообрабатывающий, целлюлозо-бумажной и гидрوليной промышленности.

За три года было сделано необходимое оборудование и введено в строй первое в России опытное производство полигидроксиалканатов. Производительность этой линии пока полностью обеспечивает потребность исследовательских и испытательных учреждений медицинского профиля страны в таких биополимерах. Потому что пока в России начинают производиться опытные партии биополимеров высочайшей степени чистоты для медицины.

С авторами разработки можно связаться по следующим адресам:
ОАО «Биохиммаш» (Москва),
Муратов Владимир Салихович,
muratov@biochimash.ru;
Институт биофизики СО РАН (Красноярск),
Волова Татьяна Григорьевна,
Volova45@mail.ru

Кандидат технических наук
В.С.Муратов

Нам сосиска, им — упаковка



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Мировое производство полиэтилена достигает сегодня десятков миллионов тонн в год. Его макромолекулы построены из метиленовых групп $-\text{CH}_2-$, объединенных в линейные цепи $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{CH}_2)_n-$. Большая часть полиэтилена идет на пленочные материалы, с которыми мы встречаемся в быту на каждом шагу. В первую очередь это упаковка — пакеты и сумки для продуктов, различные контейнеры для жидкостей и т. д. Загрязненные пакеты и контейнеры, отслужившие свой срок, выбрасывают. Из них только 7% утилизируются, то есть идут на вторичную переработку или сжигаются.

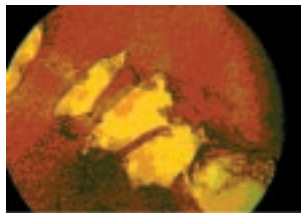
Даже люди, далекие от химии, знают, что полиэтилен исключительно стабилен и для его полного разложения при обычных условиях нужны столетия. Еще никому в мире не удалось создать методику, по которой можно было бы ускорить естественное разложение полиэтиленовых отходов. Кроме группы ученых в ОАО «Биохиммаш», которые уже три года занимаются этой темой. Результаты получаются более чем интересные.

Основные биоразрушители — это микроорганизмы. У них огромное разнообразие ферментных систем, благодаря чему при недостатке одной еды они могут переключаться на другую. Поэтому именно они способны справиться с химически устойчивыми соединениями. Задачей ученых было выделить из окружающей среды микроорганизмы, использующие углерод полиэтилена в своем метаболизме, или приучить их использовать полимер в качестве источника углерода. Такие микроорганизмы найти удалось. Эксперимент ставили очень жестко — отобраным штаммам давали на съедение различные типы упаковочной полиэтиленовой пленки, измельченной до 2–3 мм. Вместо питательного бульона использовали водопроводную воду без всякой подготовки, температура была какая придется (12...26 °С). В общем, кушата несчастным было действительно нечего, кроме полиэтилена.

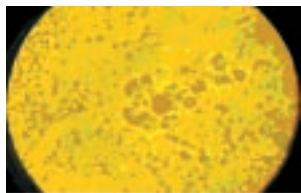
Но выжить-то надо. Поэтому один вид грибов и пятнадцать видов бактерий образовали консорциум и... справились с полиэтиленом. Сначала полиэтилен разлагается в анаэробных условиях, и в процессе этого выделяется газ, который потом потребляют бактерии. В пленке образуются дырочки, потом нитеобразные структуры и сферические образования, вероятно содержащие продукты разрушения полиэтилена (рис. 1).

В результате через 12 месяцев получился осадок активного ила (рис. 2) с незначительными включениями фрагментов неразрушенной полиэтиленовой пленки и культуральная жидкость. В жидкости на разных стадиях разложения полиэтилена обнаружили метан, этан, пропилен, пропан, гептан, ацетон, метанол, ацетальдегид, бутилацетат, молочную, палимитиновую, линолиновую, стеариновую и др. кислоты.

Конечно, до промышленной реализации еще много работы. Придется определить видовую принадлежность отобранных микроорганизмов и разработать методы выращивания чистых культур, создать банк биодеструкторов полиэтилена, провести детальный биохимический анализ продуктов и газов, образующихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, и, наконец, создать сначала опытную, а затем и промышленную линию. Но поскольку главные «действующие лица» уже известны, то есть надежда, что исследование завершится и технология будет реализована.



1
Разрушение полиэтиленовой пленки под воздействием консорциума микроорганизмов (увеличение 400 крат.)



2
Осадок продуктов биодеградации полиэтилена (увеличение 400 крат.)



**ПОРФИРИН
РАЗЛАГАЕТ ВОДУ**

Ученые из США
сделали
наноустройство для
солнечно-водородной
энергетики.



John Shelnett,
jasheln@sandia.gov

Для того чтобы перейти к водородной энергетике, человеку нужен надежный источник водорода. Конечно, можно добывать его из газа сожженного топлива, однако это не совсем согласуется с надеждами на экологическую чистоту метода. Другой способ — делать водород на ядерных электростанциях за счет электролиза тоже нельзя назвать безупречным, хотя, по мнению многих ученых, будущее именно за ним. Самый же лучший способ — использовать для электролиза солнечный свет. Однако нынешний КПД солнечных батарей столь низок, а цена столь высока, что всерьез рассчитывать на солнечно-водородную энергетику не приходится. Как бы напрямую разложить воду светом? — задумались ученые из Сандийской лаборатории Минэнерго США и создали небывалые фотокатализаторы. За основу они взяли порфирины — органические соединения, которые выполняют очень важные функции в живых организмах: из их производных построены молекулы гемоглобина и хлорофилла.

Кроме того, порфирины умеют собираться в неплохие нанотрубки диаметром 50–70 нм. А еще, благодаря оптической активности, при облучении они превращают ионы металлов, плавающих в растворе, в атомы, которые, само собой, переходят из раствора в твердое состояние там же, где превращаются. Так американские ученые покрыли порфириновую нанотрубку тончайшим слоем платины — отличного катализатора отщепления водорода от молекулы воды.

Внутри же трубки они вырастили золотую нанопроволоку, а к ее концам присоединили наночастицу неорганического фотокатализатора, который отщепляет от молекулы воды кислород. Получилась электрохимическая наноячейка, где золотая проволока проводит электроны между участками получения кислорода и водорода. «Применение наночастиц позволит использовать для разложения воды весь спектр Солнца, а не только его ультрафиолетовую часть, — говорит руководитель работы Джон Шелнут. — Когда раствор таких наноустройств будет работать устойчиво, мы создадим из них прототип солнечной ячейки».



**ФЕРРОМАГНИТНЫЙ
ПОЛУПРОВОДНИК**

Финские ученые сделали
гетероструктуру из
галлий-марганцевого
нитрида, которая обла-
дает ферромагнетиз-
мом при комнатной
температуре.

Dr Markku Sopenen
markku.sopenen@hut.fi

Ферромагнитный полупроводник — давняя мечта микроэлектронщиков, точнее, спинтронщиков: его свойствами можно управлять не только с помощью электрического сигнала, как это делают обычно, но и магнитным полем. Считается, что такой материал позволит сделать большой шаг вперед в области спинтроники — электроники XXI века, которая для работы с информацией использует не только электрический заряд, но и направление спина электрона. А именно в ферромагнетике спины электронов под действием магнитного поля выстраиваются в одну и ту же сторону и сохраняют эту ориентацию после того, как поле сняли.

Впрочем, вплоть до недавнего времени ферромагнетизм при высоких температурах был присущ только хорошим проводникам: металлам — железу, марганцу, а также интерметаллидам вроде SmCo_5 или сплавам системы Nd-Fe-B. За полупроводниками это свойство замечено не было. Ученые из Хельсинкского университета технологии во главе с доктором Маркку Сопаненом изменили это положение. Оказалось, что если добавить к главным полупроводникам — арсенидам галлия или индия, нитриду галлия — немного кластеров ферромагнитного марганца, то соединение приобретет ферромагнетизм, однако не перестанет быть полупроводником. «Сейчас устройства для спинтроники делают из металлов, и они годятся только для хранения данных. Магнитные же полупроводники смогут одновременно выполнять и другие задачи, то есть один компонент микросхемы становится многофункциональным», — говорит Маркку Сопанен.

**ГЕНЕТИКИ
ПРОТИВ
БОЛЕЗНИ ЛАЙМА**

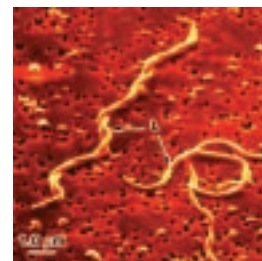
Американские биологи
нашли ген, который ме-
шает возбудителю бо-
лезни Лайма жить в
клещах.

Пресс-секретарь
Amanda Siegfried,
amanda.siegfried@
utsouthwestern.edu

«Обычно биологи борются с болезнями, которые распространяют кровососы, тогда, когда их возбудители уже попали в жертву. Мы же потянули за другой конец цепочки», — говорит доктор Майкл Норгард из Юго-Восточного медицинского центра Техасского университета. Ученые исследовали бактериальную возбудителей опасной болезни Лайма, которую распространяют клещи, и выключили у бактерий один из генов, а именно тот, что кодирует белок VprA, обнаружили, что отсутствие этого белка сильно испортило вредоносному микробу жизнь в клеще.

Обычно бактерия пребывает в клеще в спящем состоянии. Когда же у того наступает период размножения и он присасывается к источнику свежей крови, бактерия оживает, быстро плодится и попадает в кровь жертвы. Результат — озноб, лихорадка, боли в голове, мышцах и суставах, а также сильная опухоль в месте укуса. Ученые предполагают, что энергию для быстрого размножения бактерия черпает из продуктов переработки крови клещом. А вот если упомянутый белок отсутствует, кровь оказывается для нее уже не питанием, а ядом: количество бактерий после каждой клещевой кормежки падает на 90% и в конце концов они полностью вымирают.

«Мы еще не понимаем механизма процесса, но, несомненно, отсутствие белка мешает бактерии размножаться, — говорит доктор Норгард. — Этот результат дает надежду найти ту самую мишень, в которую надо бить, чтобы уничтожить зловерный микроорганизм».



РАДИОАКТИВНЫЕ МЕТКИ В МОЗГУ

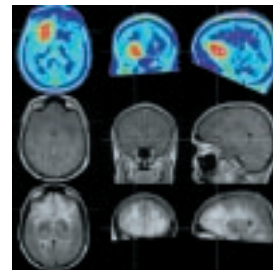
Немецкие ученые синтезировали радиоактивные аминокислоты, с помощью которых легко находить опухоли в мозгу.

Dr. Karl-Josef Langen, k.j.langen@fzjuelich.de

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

Обычно опухоли в мозгу ищут с помощью ЯМР, но вот беда — этот метод не различает обычное и злокачественное воспаления. Чтобы узнать наверняка, приходится делать трепанацию черепа и брать кусочек ткани на анализ. Ученые из Исследовательского центра Юлиха (ФРГ) нашли иной способ решения проблемы. Они синтезировали аминокислоту — O-(2-фторэтил)-L-тирозин, в состав которой включили слаборадиоактивный изотоп F^{18} , и стали вводить ее пациентам. Жадная раковая опухоль вбирала в четыре раза больше меченой аминокислоты, чем остальные ткани мозга, и это зафиксировали позитронно-эмиссионным томографом, установив таким образом наличие и геометрию раковой опухоли под черепной коробкой.

«Уровень облучения при подобном методе исследования ничуть не больше, чем во время рентгеновского обследования, — говорит директор центра доктор Карл Йозеф Ленген. — А аминокислоту можно делать в большом количестве и быстро развозить к владельцам всех восьмидесяти позитронно-эмиссионных томографов, которые есть в Германии».



БАКТЕРИИ ДОБЫВАЮТ ВОДОРОД

Ученые из США создали биоэлектрохимический микробный реактор, в котором бытовые отходы становятся водородом и углекислым газом.

Dr. Bruce Logan, blogan@psu.edu

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

Когда бактерия поедает какой-нибудь углеводород в сточных водах, она, по сути, переносит электроны. В результате получается водород, а в конце цепочки превращения образуются уксусная и масляная кислоты. Как выяснили ученые из Пенсильванского университета во главе с доктором Брюсом Логаном — можно довести дело до конца: разложить и эти кислоты на составляющие.

Созданное американскими учеными устройство, которое авторы назвали биоэлектрохимическим микробным реактором, выделяет в четыре раза больше водорода, чем обычный, ферментативный. Вот как он работает. Бактерия, отобрав электрон, переносит его не на другое вещество, а на анод реактора, откуда электрон перебирается по проводу на катод, где и получается атом водорода. К этой схеме приложен внешний программируемый источник напряжения в 0,25 В. Его положительный полюс соединен с анодом, а отрицательный — с катодом. В результате система добычи водорода затрачивает в десять раз меньше электроэнергии, чем при получении этого газа электролизом. А кроме того, еще и отходы перерабатывает.

«Мы, конечно, понимаем, что объем отходов явно недостаточен для обеспечения нужд водородной энергетики, — замечает доктор Логан. — Однако этот способ может существенно снизить стоимость очистки сточных вод, а также дать возобновляемый источник топлива будущего».

ДАТЧИК НА ДНК ДЛЯ КАЖДОГО

Испанские биохимики придумали устройство распознавания ДНК, пригодное для массового производства.

Пресс-секретарь Octavi Lopez Coronado, octavi.lopez@uab.es

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

Обычно для того, чтобы распознать, не содержится ли в пробе тот или иной микроорганизм, требуется несколько дней работы в стерильных условиях. Приборчик, который придумали биохимики из Барселонского университета во главе с Сальвадором Алегретом, позволяет сделать то же самое за считанные часы: это электрохимический датчик размером с ноготь. В нем заключена ДНК, комплементарная к той, которая есть у искомой бактерии. Если опустить датчик, скажем, в майонез, куда попал вредный микроб, то ДНК из бактериальных клеток поздно или рано соприкоснется с ДНК датчика и соединится с ней, порождая электрический сигнал. Его-то прибор и отобразит, сразу переведя в концентрацию бактерий.

Эксперименты показали, что легионеллу (бактерию, которая живет в кондиционерах и вызывает опасную простуду — загадочную болезнь американских солдат, воевавших в первую иракскую кампанию) и сальмонеллу можно поймать за десяток минут вместо нескольких дней. Другое важное применение — определение генетических модифицированных компонентов в еде. В этом случае прибор станет искать те известные последовательности нуклеотидов, которые ученые встраивают в растения для защиты от вредителей или от действия гербицидов.

«При массовом производстве наш датчик будет стоить не дороже, чем тесты на беременность, которые есть в каждой аптеке», — говорит Сальвадор Алегрет.



ПИЛЮЛЯ-ЭНДОСКОП

Немецкие физики создали эндоскоп без проводов, который можно глотать как пилюлю.

Dr Christine Harendt, harendt@imschips.de, http://istresults.cordis.lu

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

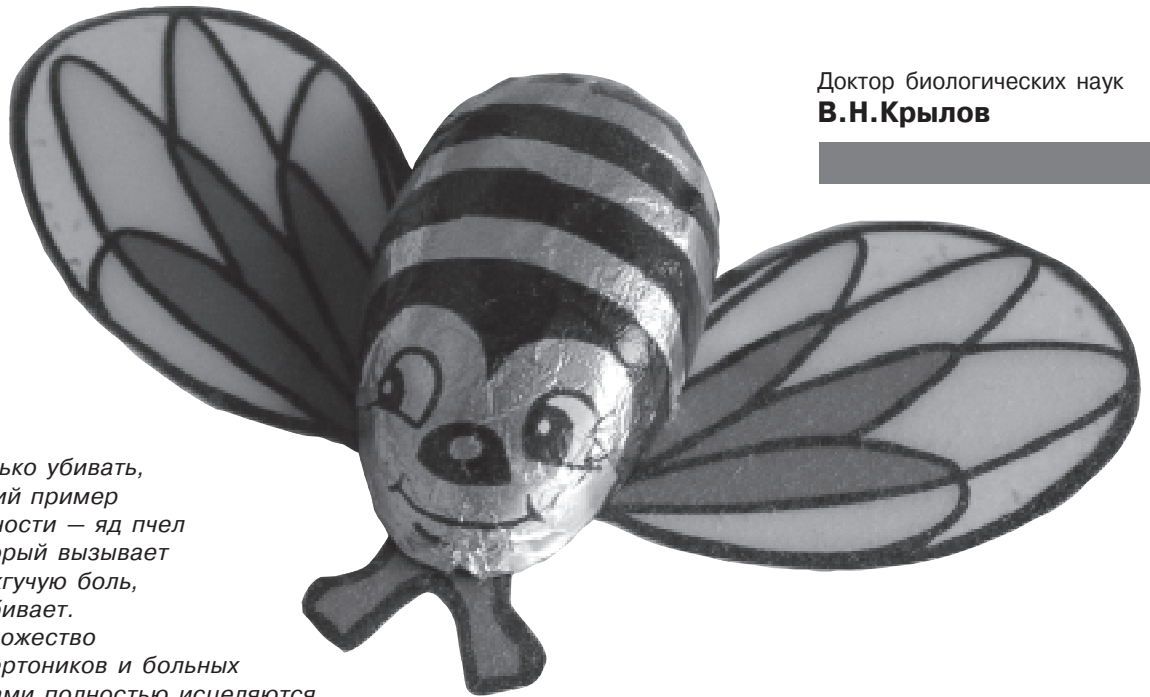
Сейчас эндоскоп — прибор, с помощью которого врач может посмотреть, что у пациента случилось внутри желудка или кишечника, представляет собой гибкий стержень толщиной в палец. Глотать его крайне неприятно, а порой и просто мучительно. Физики из Штутгарта при финансовой поддержке ЕС решили существенно облегчить эти мучения. Для этого они изготовили прототипы двух эндоскопов.

Один из них тоже представляет собой стержень, но его диаметр — всего 3,5 мм. На конце же размещена микросхема размером 2,7x2,3 мм. Она одновременно освещает интересующий врача участок, фиксирует получающееся при этом цветное изображение и сразу пересылает его на монитор. Другой эндоскоп воспроизводит мечты фантастов: это капсула, к которой не присоединено ни единого провода. Электроэнергию он получает в виде излучения от надетого на пациента специального жилета. Движением капсулы управлять невозможно, а вот для того, чтобы врач мог осматривать разные участки, эндоскоп снабжен небольшим моторчиком: он поворачивает головку прибора в нужном направлении. Полученные изображения передаются наружу в виде широкополосного радиосигнала. Их ловит тот же жилет и по беспроводной связи отправляет в компьютер.

«Эндоскоп-капсула получился совсем недорогим. Если нам удастся сделать столь же дешевым и эндоскоп со световодом, многие больницы удастся оснастить такими современными приборами», — считает руководитель работы доктор Кристина Харендт.

Мой друг пчела

Доктор биологических наук
В.Н.Крылов



Давно известно, что природные яды могут не только убивать, но и лечить. Яркий пример такой двойственности — яд пчел (апитоксин), который вызывает всем знакомую жгучую боль, а иногда даже убивает. Тем не менее множество ревматиков, гипертоников и больных с другими недугами полностью исцеляются после того, как проходят курс пчеложалений — так уважительно специалисты именуют то, что в обычной жизни неправильно и простецки называют укусами. В мировой медицине существует целое направление лечения пчелиным ядом — апитерапия («апис» по-латыни — пчела) со своими съездами, конференциями, симпозиумами. Как же пчелиный яд стал лекарством?

Вооружены и опасны

Пчелы и их ближайшие родственницы осы входят в группу жалящих отряда перепончатокрылых. Они появились и начали эволюционировать почти одновременно с покрытосеменными растениями — около 100 млн. лет назад. Именно тогда в этом отряде обособилась группа хищников, перешедших на питание другими членистоногими. У их самок яйцеклад, кроме главной функции — откладки яиц, приобрел еще одно назначение — орудия защиты и нападения. Чтобы обездвигнуть добычу, они начали производить нейротоксический, или нейротропный, яд, действующий на нервную систему жертвы и парализующий ее.

Затем среди жалящих появились пчелы и другие общественные насекомые. У них в семье откладкой яиц занимается только матка, а у всех остальных пчелиных самок — рабочих пчел — яйцекладущий аппарат недоразвит. Зато жало, расположенное в задней части брюшка, превратилось у них в идеальное автоматическое оружие (рис. 1). Стержень жала состоит из хитиновых частей: луковичи, сти-

лета и колющих щетинок. В луковичу открывается общий проток ядовитых желез. Их две: длинная, разветвленная, с кислым секретом в крупном резервуаре, и короткая, трубковидная, со щелочным секретом. Для токсического действия нужны оба.

При атаке пчелы мышцы выдвигают стилет и щетинки из брюшка и вонзают в покровы жертвы. Колющие щетинки с зазубринками по внешнему краю попеременно углубляются в кожу и застревают в ней. Одновременно мышцы сдавливают резервуар с ядом, и он по каналу, образованному стилетом и щетинками, впрыскивается во врага. Все мышцы сокращаются автоматически — ими управляет нервный узел, расположенный в последнем сегменте брюшка. И даже если пчела погибнет на месте или улетит, оторвав застрявший в коже брюшной сегмент, яд будет вводиться еще несколько минут, пока полностью не перейдет в тело врага.

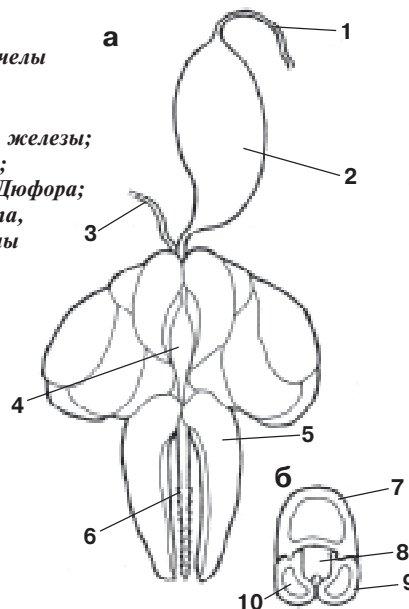
Целесообразен ли такой способ защиты, приводящий к смерти охранниц гнезда? По-

1 Жалящий аппарат пчелы а

Общий вид:

- 1 — проток «кислой» железы;
- 2 — резервуар с ядом;
- 3 — проток железы Дюфора;
- 4 — луковича стилета, открытая со стороны канала для яда;
- 5 — ножны, прикрывающие втянутое жало;
- 6 — зазубренное жало

- б
Жало в сечении:
7 — стилет;
8 — канал для яда;
9, 10 — зазубренные щетинки





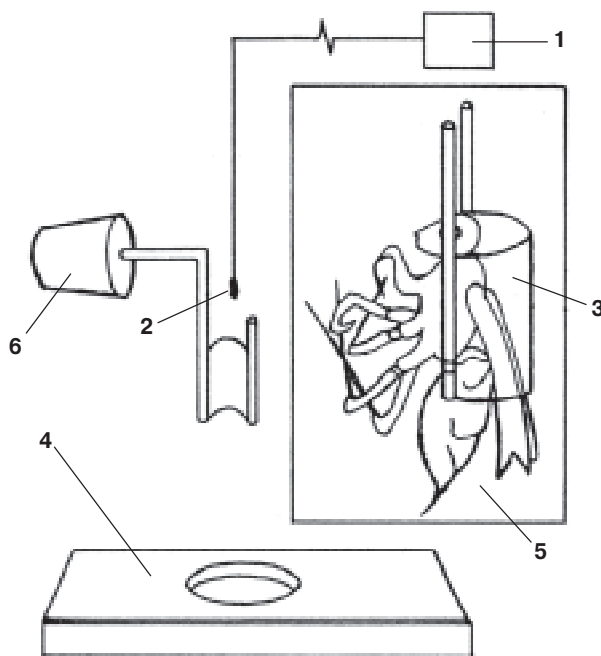
лагают, что пчелы появились в третичный период, когда стремительно развивались млекопитающие, так что их эволюция происходила одновременно. Многие звери научились лазить по деревьям и забираться в дупла. Для борьбы с такими крупными врагами пчелиной семье приходилось мобилизовать все ресурсы, и автотомия (отрыв жала вместе с частью брюшка) позволяла ввести в разорителя гнезда больше яда. Доставив свой смертельный груз, пчела погибает, однако потеря даже нескольких сотен защитниц не имеет большого значения: рабочих особей, к тому же бесплодных, в пчелиной семье много. Поэтому естественный отбор закрепил у пчел способность к автотомии, а их способность оставлять жало в коже млекопитающих нужно рассматривать не как свидетельство несовершенства, а как признак, дающий дополнительные возможности для существования вида.

Параллельно вырабатывались инстинкты, направленные на борьбу с опасными врагами. Известно, что запах кожных выделений млекопитающих сильно раздражает пчел и сторожевые особи устремляются к его источнику с понятными намерениями. Темные движущиеся предметы больше тревожат этих насекомых, чем светлые. И не случайно пчела, попавшая в волосы человека или животного, не пытается выбраться на свободу, а стремится достигнуть кожи, чтобы ужалить.

Секрет из многих составляющих

Вместе с усовершенствованием жалящего аппарата пчел усложнился и яд. Он состоит из многих веществ, совместно воздействующих на организм пчелиного врага.

Ученые получают яд пчел с помощью несложной установки (рис. 2). Только что полученный секрет ядовитых желез — это густая, прозрачная жидкость



2
«Доильная установка» для пчел
1 — источник тока; 2 — проводник; 3 — медная сетка в форме полуцилиндра; 4 — предметное стекло; 5 — пчела, помещенная в медную сетку; 6 — ручка.

Пчелу временно усыпляют углекислым газом или охлаждением до 5–10°C, помещают в установку, а когда она просыпается, несильно бьют током. На предметном стекле остается капля драгоценного яда

горько-жгучего вкуса, с кислой реакцией (рН водных растворов 4,5–5,5) и плотностью 1,08–1,13. Одна пчела выделяет около 1 мкл секрета, который легко растворим в воде, но содержит 12% нерастворимых примесей. Он быстро высыхает на воздухе. Летучие вещества пчелиного яда — это вода и сложные эфиры: изоамилацетат, изоамилпропионат, изоамилбутират и другие аттрактанты, или феромоны. Когда пчела жалит врага, эти соединения поднимают тревогу в пчелиной семье и призывают на помощь. Летучие вещества выделяются только в момент ужаления, в коммерческих препаратах яда их нет. Высушенный яд прозрачен, а при размоле превращается в порошок белого или желтоватого оттенка. Его объем составляет 30–40% от исходного.

Сегодня компоненты пчелиного яда неплохо изучены. Органические вещества в нем представлены практически всеми группами соединений, встречающимися в животном организме, — это углеводы, жиры, белки (в том числе ферменты), пептиды, аминокислоты, биогенные амины, ароматические и алифатические соединения и т. д. Основная часть сухого вещества пчелиного яда (около 80%) — это белки и пептиды.

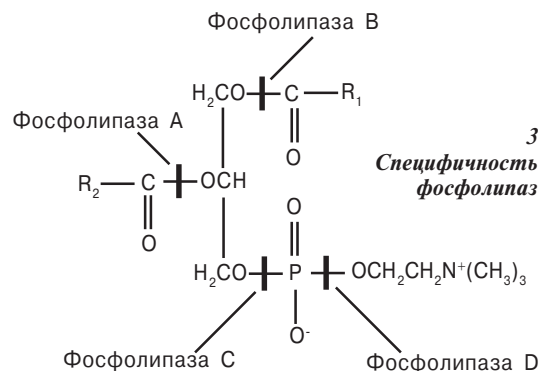
Низкомолекулярные компоненты

В яде пчел содержится много низкомолекулярных со-

единений, например биологически активные амины: гистамин, серотонин, дофамин, норадреналин. Они же есть и в организме животных, где участвуют в воспалительных реакциях, в проведении нервных импульсов и служат гормонами. Амины яда в месте ужаления оказывают то же действие, что и амины организма. Гистамин, к примеру, участвует в развитии воспаления.

Фосфолипаза вскрывает клетки

Фосфолипаза A₂ — это фермент, расщепляющий фосфолипиды — главные компоненты клеточных мембран. В пчелином яде ее до 14%. Подобные ферменты содержатся у всех животных в лизосомах клеток. Они разрушают изношенные старые мембраны и тем самым участвуют в обновлении тканей. Фосфолипаза A₂ пчелиного яда также, по-видимому, атакует оболочки клеток. Считается, что она са-



мая активная в этой группе ферментов и работает намного быстрее аналогов из змеиных ядов или из кишечника человека. При этом, в отличие от фосфолипаз В и D, она расщепляет эфирную связь глицерина и жирной кислоты во втором положении (рис. 3), наиболее труднодоступном. Таким образом этот фермент запускает куда более разрушительный процесс: при разрыве эфирной связи жирной кислоты и глицерина образуется поверхностно-активный лизолецитин (лизофосфатидилхолин), который приводит к деструкции мембран быстрее, чем сама фосфолипаза.

Поскольку фосфолипаза — чужеродный белок, она становится для ужаленного сильным антигеном и аллергеном и нередко вызывает анафилактический шок.

Гиалуронидаза прокладывает ходы

Еще один фермент пчелиного яда — гиалуронидаза. Сама по себе она малотоксична, однако действие яда без нее было бы куда слабее. Дело в том, что промежутки между клетками, если они не примыкают друг к другу вплотную, заполнены вязким гелем, состоящим из высокомолекулярной гиалуроновой кислоты и протеогликанов — тоже полимерных соединений большой молекулярной массы. Вещества, поступающие из кровеносных капилляров, диффундируют через этот гель до клеток. Он не препятствует прохождению небольших частиц: ионов, воды, глюкозы, аминокислот и прочих, но становится непреступным барьером для крупных молекул белков и пептидов.

Гиалуронидазы «разжижают» межклеточный гель, расщепляя связи гиалуроновой кислоты и протеогликанов, и дают возможность белкам и пептидам яда проникать к различным группам клеток.

Гиалуронидазы есть у разных существ, которым жизненно необходимо внедряться самим или вводить свой яд в ткани другого организма: у патогенных микробов, пиявок, змей, многих насекомых. Есть она и в сперматозоидах. Гиалуронидаза пчелиного яда и здесь чемпион — она наиболее активна среди известных ферментов этой группы. Ее количество составляет 1–3% от массы высушенного яда. У пчелиной матки нет необходимости жалить млекопитающих, и этого фер-

мента у нее значительно меньше, чем у рабочих пчел.

Мелиттин бьет по мембранам

Мелиттин — наиболее значимый пептид яда как по количеству (до 50%), так и по физиологическим эффектам. Он нарушает структуру мембран, однако, в отличие от детергентов, в небольших концентрациях не вызывает полного их распада. В его присутствии в оболочках клеток появляются поры, сквозь которые наружу могут выходить ионы, малые молекулы и даже макромолекулы белков. При низких концентрациях пептида клеточная мембрана иногда остается целой, а внутриклеточные органеллы (лизосомы, мито-



хондрии и другие), которых он достиг, разрушаются.

В большой концентрации меллиттин вызывает лизис различных клеток, в том числе и эритроцитов, то есть служит сильным гемолитиком. Не менее важно, что под действием меллиттина нарушается свертывание крови, так как угнетается активность тромбопластина, инициирующего этот процесс, и денатурирует фибриноген — белок, из которого образуется основной материал кровяного сгустка. Это облегчает распространение яда по организму и разрушение клеток соединительной ткани — фибробластов и тучных клеток. Из них выбрасываются ферменты лизосом, а также серотонин и гистамин, способствующие воспалению. Кроме того, активируется собственная фосфолипаза А организма, находящаяся во многих клетках, и запускается синтез простагландинов — мощных биологических регуляторов тонуса гладких мышц и иммунных реакций, которые способствуют развитию воспаления.

С другой стороны, в малых дозах меллиттин может активировать гипофизарно-надпочечниковую систему — важное звено реакции стресса, противодействуя воспалению. Учитывая, что гормоны надпочечников угнетают иммунные реакции, неудивительно, что и мелиттин действует так же.

Кроме того, в малых дозах меллиттин стабилизирует мембраны и белки, а не разрушает их. Возможно, этим объясняется его радиозащитное действие.

Установлено также, что мелиттин стимулирует биосинтез простагландинов в артериальной стенке. В результате там в несколько раз увеличивается количество простаглицлина, расширяющего кровеносные сосуды и понижающего свертываемость крови. Считается, что простаглицлины

служат основными биологическими факторами, препятствующими атеросклеротическим изменениям кровеносных сосудов.

МСД-пептид изгоняет гранулы из тучных клеток

Не только мелиттин и фосфолипаза могут приводить к выбросу гистамина из тучных клеток в межклеточное пространство. Еще один компонент яда в 10–100 раз эффективнее заставляет эти клетки выбрасывать свой секрет, и при этом

не убивает их. Это так называемый МСД-пептид (от англ. Must Degranulating Peptide — пептид, дегранулирующий тучные, или мастоцитные, клетки), или пептид 401.

Физиологические свойства МСД-пептида вытекают из молекулярных механизмов его действия. Однако здесь не все ясно. С одной стороны, он запускает воспалительные реакции после ужаления, с другой стороны, в экспериментах проявляет себя и как противовоспалительное средство, особенно в комбинации с другими компонентами яда, и этот парадокс пока трудно объяснить. Оригинальный механизм действия и отсутствие заметных аллергических реакций на МСД-пептид делают его перспективным нестероидным противовоспалительным средством.

Апамин: удар по синапсам

Пептида под названием апамин в яде не более 2%, однако он не менее ва-

жен, чем мелиттин. Апамин прицельно поражает некоторые постсинаптические мембраны периферической и центральной нервной системы и блокирует передачу нервных импульсов.

При внутривенном введении апамина животным в количестве 1–4 мг/кг у них теряется координация движений конечностей, а затем наступают судороги всего тела. Повышение двигательной активности у мышей продолжается, в зависимости от дозы пептида, 30–50 часов.

В отличие от многих других пептидов и белков, апамин благодаря малому размеру и своеобразной структуре свободно проникает через гематоэнцефалический барьер в мозг. Можно предположить, что он инактивирует тормозные нейроны и синапсы в центральной нервной системе. Из-за этого повышается общая возбудимость и двигательная активность, вплоть до судорог.

Апамин может воздействовать и на активность гипофизарно-надпочечниковой системы, одной из ключевых в развитии общего адаптационного синдрома. Мы обнаружили, что внутривенное введение кошкам 10 мкг/кг пептида приводило к быстрому увеличению в крови гормонов надпочечников — адреналина и кортизола. Уровень гормонов через час после инъекции становился в 8–9 раз выше исходного.

Кроме того, оказалось, что некоторые рецепторы клеток в ЦНС могут связывать не только апамин, но и постоянно присутствующее в организме вещество, которое похоже на него по структуре и тоже связывается с синаптическими мембранами. Можно предположить, что пчелы «подбирали» структуру пептида так, чтобы он воздействовал на определенные рецепторы в мозгу жертвы, конкурируя за них с имеющимися в организме аналогами и расстраивая деятельность организма.

Цельный яд: согласованная атака

Изучение действия яда пчел на разные виды животных подтвердило, что набор его компонентов направлен на млекопитающих. Схематически его работу можно представить следующим образом. Первыми вступают в действие гистамин и другие амины яда, а также МСД-пептид вместе с фосфолипазой и мелиттином — они разрушают тучные клетки соединительной ткани, из которых высвобождаются гистамин, серотонин и другие эндогенные амины. Развивается воспаление: увеличивает-

ся кровоснабжение пораженного участка, стенки кровеносных сосудов становятся более проницаемыми, начинаются отек и жгучая боль. Благодаря усиленному кровообращению основная масса яда поступает в кровоток и достигает наиболее уязвимого места организма — центральной нервной системы. Проникновение к нервным клеткам обеспечивает гиалуронидаза. Затем в действие вступает апамин — он проходит через гематоэнцефалический барьер и нарушает связи между нервными клетками, чтобы понизить их сопро-



тивляемость. Наконец, мембрана нейрона оказывается один на один с мелиттином и фосфолипазой. Устоять она не может, и деятельность нейронов нарушается. При сильном отравлении животных пчелиным ядом смерть обычно наступает от остановки дыхания из-за паралича дыхательного центра.

Последствия пчелиного нападения

Теперь можно рассказать о клинической картине отравления животных или человека. Конечно, она зависит от дозы, места и способа его введения, то есть от количества напавших пчел, мест укусов, состояния потерпевшего. (О случаях сверхчувствительности — идиосинкразии, приводящей к анафилактическому шоку, мы говорить не будем.)

Общее действие яда описывают как нейротоксическое, геморрагическое и гемолитическое. Разрушение клеток красной крови — гемолиз — можно легко воспроизвести в пробирке, добавляя в кровь ничтожное количество пчелиного яда. В целостном организме

резко падает содержание гемоглобина, так как он выделяется почками — этот процесс называется гемоглобинурией. Геморрагическое действие видно при вскрытии животных, подвергнувшихся токсическому действию яда, — у них легко заметить кровоизлияния в легких, слизистых оболочках кишечного тракта. Нейротоксический эффект проявляется в судорогах скелетной мускулатуры и параличах. Кроме того, падает давление крови, изменяется ритм сердцебиений и возникают аритмии, из-за спазмов гладкой мускулатуры воздушных путей и угнетения дыхательного центра затрудняется дыхание.

Обычно местная реакция (жгучая боль, краснота и припухлость) держится несколько часов или суток, а затем бесследно проходит. Интоксикация протекает тяжелее всего, когда пчела жалит в слизистые оболочки, кожу лица, глаза. В медицинской литературе описаны случаи, когда человек после укуса в слизистую рта погибал от отека дыхательных путей и удушья.

При распространении яда по всему организму возникает общая интоксикация. Если укусов много, учащается пульс, наблюдается стеснение грудной клетки, спазмы гортани, слабость вплоть до потери сознания. Больные часто жалуются на боли в области сердца. Наиболее тяжелые симптомы возникают в результате нейротоксического действия яда. Обильно выделяются слюна и пот, нарушается чувствительность, расширяются зрачки, наблюдаются понос, рвота и бред. Из этого следует, что яд пчел поражает задний мозг и в меньшей степени — премоторную зону и другие отделы центральной нервной системы. При этом чем ближе от места ужаления до мозга по кровеносной системе, тем опаснее. При патологоанатомическом анализе погибших от укусов отмечается поражение мозговой ткани, но структура сердечной мышцы остается нормальной.

Обычно 1–10 ужалений одновременно человек переносит без появления общих симптомов, отвечая лишь местной реакцией. При 200–400 ужалениях люди серьезно страдают, у них



развивается общая интоксикация. Считается, что 500 укусов одновременно приводят к смертельному исходу. Во всяком случае, описаны многочисленные случаи гибели людей после 500–1000 ужалений.

На картину отравления влияют и другие факторы. Количество яда и его состав зависит от вида пчел, их возраста, времени года. С другой стороны, важно и состояние организма ужаленного человека. Дети очень болезненно реагируют на пчелиный яд, женщины значительно более чувствительны, чем мужчины. Организм, ослабленный в результате заболевания, поражается сильнее. Плохо переносят атаку пчел люди, страдающие расстройствами сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы, почечными заболеваниями. Тяжелые инфекционные заболевания, приводящие к ослаблению организма, также повышают его чувствительность к пчелиному яду. Обостряет его действие и сильная жара.

Однако некоторые патологические процессы могут, наоборот, ослаблять чувствительность к пчелиному яду. Известно, что ревматики почти не реагируют на пчелиные ужаления, так же, как и люди в состоянии алкогольного опьянения. Не случайно алкоголь иногда оказывается хорошим лечебным средством при ужалениях.

А иногда пчелоужаления на фоне той или иной патологии не только не наносят вреда, но и производят лечебное действие.

Яд превращается в лекарство

Каким же образом пчелиный яд из средства поражения стал лекарством? Полагают, что организм животных и человека, постоянно сталкиваясь с ядовитыми веществами, в процессе эволюции выработал эффективные механизмы защиты. Преимущество в выживании приобретали те особи, которые успешно справ-

лялись с отравлением, мобилизуя все ресурсы. Пчелиный яд превратился в естественный раздражитель — он включает защитные силы организма, выработанные для борьбы с разнообразными повреждающими факторами внешней среды. Этот раздражитель очень силен, в совсем небольшом количестве он вызывает развитие типичной защитной реакции, которая появляется только в результате таких мощных воздействий, как тяжелая травма, ожог, бактериальные токсины.

Именно на этом строится современная теория, объясняющая эффективность лечебного применения пчелиного яда. Она развивает теорию адаптации организма к среде и принята многими практиками-апитерапевтами, так как вполне удовлетворительно объясняет лекарственное действие пчелиного яда.

Подобные представления развивали И.П.Павлов, У.Кеннон, Г.Селье. В ответ на длительное воздействие любого повреждающего агента в организме развивается общий синдром адаптации, который складывается из трех основных стадий. На первой наблюдается реакция тревоги, на второй — резистентности, когда мобилизуются защитные силы организма и приобретает устойчивость к повреждающему действию, и на третьей защитные силы истощаются. Важнейшую роль в этих процессах играет гипофизарно-надпочечниковая система.

Симптомы отравления пчелиным ядом почти совпадают с картиной общего синдрома адаптации. На первой стадии температура тела животного сначала падает, потом растет, снижается кровяное давление, происходят внутренние кровотечения (геморрагии), кровь сгущается, затем разжижается, причем изменяется состав лейкоцитов, растет проницаемость капилляров, уменьшается, а впоследствии увеличивается отделение мочи, повышается уровень гормонов надпочечников и т. д.

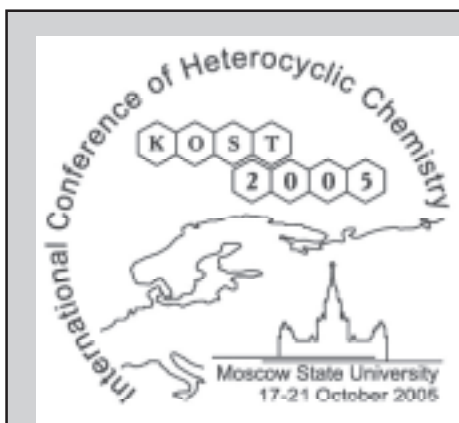
На второй стадии в развитие синдрома вовлекаются и нервная, и гуморальная, и сердечно-сосудистая, и иммунная системы организма. Повышение их активности увеличивает устойчивость организма к воздействию яда: его компоненты инактивируются, связываясь с элементами крови и соединительной ткани, и выводятся из кровотока через почки, их разрушают ферменты, которые начинают усиленно вырабатываться, одновременно стимулируются обменные процессы, направленные на восстановление нарушенных структур и функций пораженных органов, тканей и т. д.

Чаще всего организм справляется с пчелиными укусами — адаптируется к ним. Произведенная в организме перестройка не проходит бесследно, защитные силы организма мобилизуются с избытком. Фактор, действуя в минимальных количествах, рождает в организме мощную бурю реакций, результаты которых проявляются еще долго после того, как он исчез или перестал действовать. Мобилизованные ресурсы используются для защиты не только от пчелиного яда, но и от других повреждающих факторов, то есть могут действовать неспецифично. При заболеваниях они продолжают свою работу по защите организма, но уже от внутренних повреждающих факторов.

Таким образом, пчелиный яд запускает систему неспецифической защиты организма, которая может эффективно противостоять патологическим процессам.

В арсенале врача

Лечебное действие яда часто бывает противоположно его токсичным эффектам. Яд пчел причиняет боль — и используется как анальгетик, то есть способен уменьшать ее. Вызывает воспаление — и служит противовоспалительным средством. При этом он действует медленнее, чем гормональные и аспириноподобные препараты,



17 — 21 октября 2005 года

Химфак МГУ

Международная конференция
по химии гетероциклических соединений, посвященная 90-летию со дня рождения профессора
Алексея Николаевича Коста

<http://www.chem.msu.su/rus/events/kost-2005/welcome.html>



но более устойчиво во времени. Оба эффекта вполне объясняют наиболее известное применение пчелиного яда для лечения ревматоидных процессов.

Отметим, что при апитерапии ревматических заболеваний суставов не только исчезают боль и воспаление, но и наблюдаются другие, более важные лечебные эффекты. Так, у больных надолго восстанавливается подвижность суставов, их структура. Следовательно, там идут восстановительные процессы. Поясним, как это может происходить. Наиболее распространенное заболевание суставов — остеоартроз — характеризуется поражением суставного хряща. При этом гиалуроновая кислота в сумке сустава деполимеризуется и уже не способна связывать жидкость. Из-за этого коллагеновые волокна хряща набухают. Хрящ становится мутным, сухим, шероховатым, теряет упругость и эластичность. В дальнейшем происходит его разволокнение и изъязвление, кость обнажается, отделяются фрагменты, определяемые как инородные тела в суставной полости. При самых современных методах лечения остеоартроза внутрь мышцы или даже сустава вводят хондроитинсульфат, глюкозамин, глюкоуронат, из которых образуется гиалуроновая кислота. Эти же вещества появляются вблизи пораженного сустава при введении пчелиного яда, поскольку они образуются при расщеплении гиалуроновой кислоты гиалуронидазой.

В последнее время список показаний к применению пчелиного яда существенно расширился. Этому, мы надеемся, способствовали и труды нашей кафедры физиологии и биохимии человека и животных Нижегородского государственного университета.

С развитием воспалительных реакций связана обширная группа заболеваний. К сожалению, сегодня ни

одно лекарственное средство не годится для лечения всех недугов такого рода. Эффективные противовоспалительные средства должны состоять из компонентов, угнетающих разные звенья сложного процесса. Мелиттин, МСД-пептид, апамин, адолапин и другие компоненты яда вполне подходят для создания такого «коктейля». В качестве примера можно привести противовоспалительное и обезболивающее средство — мазь «Унгапивен», — которое мы разработали, успешно испытали в клинике и внедрили в практику.

Назовем и другие терапевтические эффекты пчелиного яда. Он снижает кровяное давление, воздействуя на рецепторы сердца и сосудов, повышая проницаемость их стенок и вызывая выброс гистамина. Этому способствует и то, что мелиттин активирует эндотелиальный фактор расслабления стенок сосудов. Если же сердечно-сосудистая система ослаблена, введение пчелиного яда, наоборот, может стимулировать ее — повысить артериальное давление и увеличивать сердечный выброс. Яд обладает также антиаритмическим действием: при системном введении животным вызывает стабилизацию сердечного ритма, увеличение коронарного и мозгового кровотока. Поэтому его успешно применяют у больных стенокардией и дисциркуляторной энцефалопатией».

Улучшая состав плазмы крови и характеристики эритроцитов, яд препятствует их агрегации, повышает текучесть крови. Он также увеличивает время ее свертывания, активируя антитромбиновую систему крови, в том числе гепарин. Поэтому его можно использовать при разных патологиях, сопровождающихся повышением свертываемости, например тромбозах и тромбозах и тромбозах.

Коллагенозы, при которых неуправляемо разрастается соединительная ткань, можно лечить, действуя гиалуронидазой. Она же поможет справиться

посттравматической рубцовой тканью.

Малые дозы яда в опытах с крысами стимулируют образование миелиновых оболочек нервных волокон. Это объясняет эффективность применения яда для лечения рассеянного склероза.

Очень важно, что пчелиный яд взаимодействует с физиологически активными веществами самого организма, регулируя его функции на разных уровнях, — медиаторами, гормонами, продуктами метаболизма. В частности, стресс-реакция начинается с общего болевого синдрома при попадании яда. Боль вызывают, действуя вместе, компоненты яда (фосфолипаза, мелиттин и другие) и собственные вещества организма: гистамин, арахидоновая кислота, простагландины.

Видимо, с изменением нейрогуморальной регуляции можно связывать интересный эффект защиты организма животных от острого перегревания предварительным введением пчелиного яда.

Сейчас физиологи, биохимики, врачи большое внимание уделяют регуляторным пептидам. Мы полагаем, что пчелиный яд, попадая в организм, может не только активировать его нейрорепептиды, но и становиться их непосредственным источником. В полипептидах пчелиного яда встречаются участки, совпадающие по последовательности аминокислот с наиболее важными 3–4-звенными регуляторными пептидами организма. Можно предположить также, что в организме от полипептидов пчелиного яда отщепляются активные олигопептиды. Тогда становится понятным, почему секрет ядовитых желез влияет на множество функций организма человека и других млекопитающих и почему спектр его терапевтической активности настолько широк.



Из печени и моркови

Доказать полезность биохимии просто — достаточно напомнить о витаминах. Эти вещества открыли и начали изучать в конце XIX века, а в середине XX столетия образованные жители промышленно развитых стран уже знали, для чего они нужны. Исследования витаминов дали ученым ключ к работе ферментов, помогли укрепить здоровье населения и увеличить продолжительность жизни.

Каротин — витамин?

Началом истории витамина А принято считать 1909 год, когда результаты своих экспериментов опубликовал немецкий ученый Штепп. Сначала он выкармливал мышей хлебом с молоком — с теоретической и практической точки зрения вполне полноценным кормом, поэтому грызуны оставались здоровыми. Однако стоило проэкстрагировать такую пищу спиртом и эфиром, как она становилась негодной — животные на ней долго не жили. Если же к экспериментальному рациону добавляли экстракт, все болезненные симптомы у животных быстро исчезали.

Следовательно, растворители удаляли из пищи какие-то необходимые для жизни вещества. Поскольку белки, углеводы и минеральные соли нигде не делились, то могли быть извлечены только жиры и липоиды — неоднородная в химическом отношении группа соединений, легко растворимых в спирте и эфире. Дело было не в отсутствии жира как такового, ведь белки и углеводы могут полностью возместить все энергетические затраты организма. Учитывая это, Штепп объяснил гибель подопытных животных отсутствием в пище каких-то незаменимых, еще не обнаруженных липоидов.

Другие исследователи установили, что в опытах, подобных опытам Штеппа, молодые мыши или крысы переставали расти. Однако стоило добавить к неполноценному рациону сливочное масло или липоиды яичного желтка, и рост животных тут же возобновлялся. Именно поэтому содержащееся в этих продуктах неизвестное вещество вначале называли «фактор роста», или «жирорастворимый фактор А», а затем, в 1916 году, переименовали в витамин А.

Долгое время о присутствии в пище витамина А судили только по его способности восстанавливать рост подопытных животных. Таким образом ученые выяснили, что этот витамин весьма неравномерно распределен в животных и растительных продуктах: его много — в зеленых частях растений, в рыбьем жире, сливочном масле и жире из печени животных.

Американский биохимик Стинбок обнаружил, что прерванный рост подопытных мышей отлично восстанавливают экстракты из растений, богатых желтым пигментом каротином. Это вещество Г.Вакенродер выделил из корнеплодов моркови, по-латыни именуемой *Daucus carota*, еще в 1831 году, когда о витамине А и его физиологической роли никто и понятия не имел.

Стинбок взял желтые и белые зерна кукурузы и убедился, что богатые каротином желтые зерна обладали А-витаминной активностью, а белые — нет. Такие же результаты дали опыты с горохом. Ученый также установил, что кристаллический каротин способен возобновлять рост у подопытных животных, и вполне резонно предположил, что это и есть витамин А.

Однако в 1910 году в печати появилось сообщение двух английских ученых Пальмера и Кемпстера, которые отрицали какую-либо связь между каротином и А-витаминной активностью. Исследователи успешно выкармливали кур питательной смесью, совершенно лишенной каротина, однако в нее наряду с растительными продуктами входило немного свиной печени. Цыплята, питавшиеся таким кормом, вырастали в нормальных кур, только эти куры несли яйца с совершенно белым желтком. Из яиц вылуплялись цыплята, которые хорошо росли и развивались на той же диете, лишенной каротина.

Таким образом, наука, казалось, зашла в тупик: на один и тот же вопрос было получено два взаимоисключающих ответа и оба были подтверждены экспериментально. Чаша весов замерла в нерешительности, а затем медленно стала склоняться в пользу противников Стинбока, когда изучение 24 видов жиров и жирных масел показало, что их окраска никак не связана со степенью А-витаминной активности. Наиболее активным был бесцветный рыбий жир, почти совершенно лишенный каротина.

Поисками загадочного витамина и установлением его природы занялось немало ученых. Одни подтверждали выводы Стинбока, другие опровергали. Спор затянулся на целое десятилетие, и только в 1929 году он был окончательно решен блестящими работами английского биохимика Мура. Оказалось, что правы обе стороны. Действительно, каротин, как утверждал Стинбок, обладал А-витаминной активностью, и в то же время не грешили против правды те исследователи, которые выращивали животных без каротина, но с добавками животных жиров. Истина оказалась двуликой.

Чтобы выяснить загадку витамина А, Муру пришлось проделать большую работу. Успеху помогло то, что загадочный витамин можно было идентифицировать тремя методами: биологическим, химическим и спектроскопическим. Ученый смог установить, во-первых, что каротин обладает А-витаминной активностью, и во-вторых, что каротин и витамин А не одно и то же, поскольку различаются по своим физико-химическим свойствам.

Мур взял две группы молодых крыс и стал их выкармливать пищей, лишенной и каротина, и витамина А. Через некоторое время животные перестали расти, что указывало на истощение запасов витамина и наступление авитаминоза. Тогда ученый стал добавлять в пищу одной из подопытных групп каротин до тех пор, пока признаки авитаминоза не исчез-



ли. Исследования печени грызунов показало, что витамин А совершенно отсутствует у животных с авитаминозом, но содержится в нормальном количестве у тех, что получали каротин. На основании этих и других экспериментов Мур пришел к выводу, что каротин в организме животных превращается в витамин А, который накапливается в печени. Впоследствии эти выводы подтвердили и другие исследователи, которым удалось выяснить, что превращение желтого пигмента в витамин происходит в печени и в стенках кишок животных.

От строения к активности

Учитывая тесную генетическую связь между витамином А и каротином, последний назвали провитамином А. Это открытие помогло понять их природу и установить химическую структуру. Попытки выделить витамин А в чистом виде вначале оканчивались неудачами, однако выделение и очистка каротина не представляли больших затруднений для специалистов. С 1928 по 1933 год выяснением химического строения обеих молекул занимались три видных химика: Каррер, Цехмейстер и Кун.

Уже в 1930 году Каррер, работавший в Швейцарии, предложил структурную формулу каротина и установил, что это вещество представлено α , β и γ -изомерами. Ученый пришел к выводу, что каротин — это непредельный углеводород, состоящий из длинной углеродной цепи, на обоих концах которой расположены два совершенно одинаковых β -иононовых цикла. Справедливость этого мнения Каррер впоследствии доказал синтезом каротина. Такая формула соответствует наиболее распространенному в растительном мире β -каротину (рис.2). α - и γ -каротины отличаются от β -формы строением одного из двух концов молекулы. У α -каротина в концевых циклах иначе расположена двойная связь. У γ -каротина цикл есть

только на одном конце молекулы, но сама углеродная цепь за счет второго разомкнутого цикла несколько длиннее, чем у β - и α -каротинов.

Биологическая активность α - и γ -каротинов в два раза меньше, чем у β -каротина, и это, очевидно, связано с особенностями их химического строения. Каррер пришел к выводу, что при гидролитическом расщеплении β -каротина на две симметричные части образуются две молекулы витамина А. Такая схема объясняла, почему β -каротин вдвое активнее других форм, гидролиз которых, как предполагал Каррер, дает только одну молекулу витамина А.

Формула витамина А (рис.1) была проверена и подтверждена несколькими исследователями. Итак, вещество, возглавившее список «жизненных аминов», оказалось спиртом, то есть веществом, в химическом отношении весьма далеким от аминов.

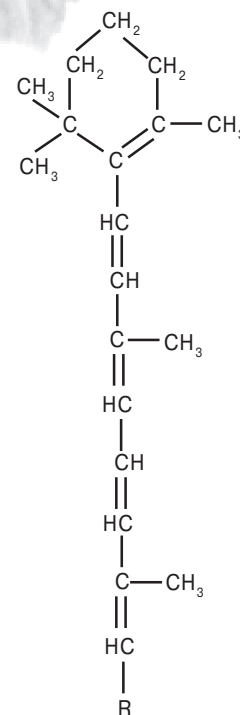
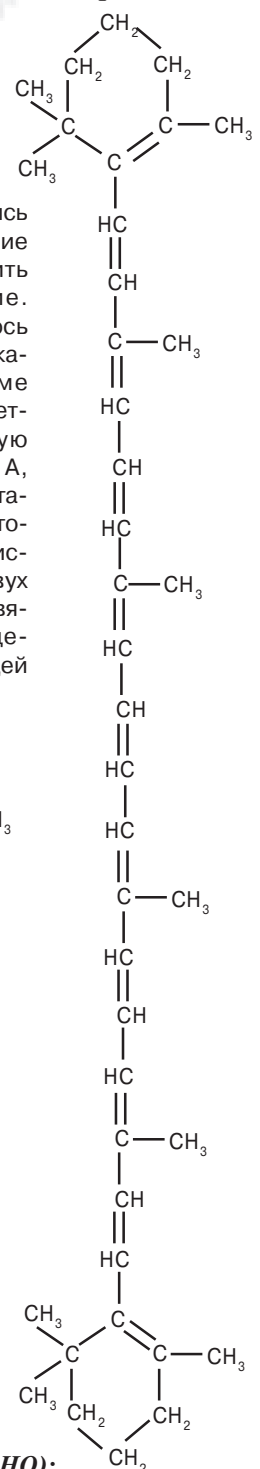
Весьма привлекательная своей простотой и изяществом гипотеза Каррера тем не менее не могла объяснить странное обстоятельство. При симметричном гидролизе одной молекулы β -каротина должно образовываться две молекулы витамина А, и следовало ожидать, что один моль β -каротина должен обладать вдвое большей биологической активностью, чем моль витамина А. Однако эксперименты показывали, что эти величины для равных весовых количеств β -каротина и витамина А относились как 1:2. Следовательно, схема образования витамина А из β -каротина была другой, при которой из одной молекулы последнего образуется одна молекула витамина.

Некоторые сторонники гипотезы Каррера старались объяснить столь низкую биологическую активность β -каротина тем, что он плохо всасывается в желудке, а часть его окисляется в неактивные продукты. Таким образом, по мнению этих ученых, только около половины поступающего в организм каротина превращается в

витамин А, чем и объясняется несоответствие между теоретической и фактической активностью β -каротина.

Однако со временем накопились факты, позволившие по-иному объяснить это противоречие. В 1948 году удалось обнаружить, что β -каротин в организме сначала превращается в альдегидную форму витамина А, которая затем восстанавливается в спиртовую. При этом окисляется одна из двух крайних двойных связей углеродной цепочки, связывающей

2
 β -каротин



1
ретиаль ($R = -CHO$);
ретиол ($R = -CH_2OH$);
ретиновая кислота ($R = -COOH$);

**Потребность людей
разного возраста в витамине А**

Возраст	Потребность МЕ	
	МЕ	мкг
Взрослый человек	5000	1500
до 1 года	1500	450
от 1 до 3 лет	2000	600
от 4 до 6 лет	2500	750
от 7 до 9 лет	3500	1050
от 10 до 12 лет	4500	1350
старше 16 лет	6000	1800

иононовые кольца, с образованием альдегида. Затем в серии химических превращений длинная цепочка укорачивается, каждый раз на один углеродный атом. Концевая альдегидная группа все ближе и ближе перемещается к β -иононовому кольцу, пока не достигает девятого углеродного атома боковой цепи. Здесь она восстанавливается в спиртовую группу, образуя витамин А. Из β -каротина при оптимальном расщеплении молекулы в любом случае образуется одна молекула витамина А. У α - и β -каротинов превращение в витамин возможно лишь тогда, когда первоначальному окислению подвергается двойная связь, наиболее удаленная от единственного в молекуле этих веществ β -иононового кольца. В противном случае образуются неактивные продукты. В организме, вероятно, окисление α - и β -каротинов происходит как по первой, так и по второй схеме, поэтому их биологическая активность вдвое меньше активности β -каротина.

В 1931 году Каррер с сотрудниками получил из печени рыб очищенный концентрат витамина А в виде светло-желтого густого масла. В 1933 году Каррер и Морф синтезировали витамин А, еще через четыре года Осборн и Мендель получили кристаллический витамин А. А в 1950 году Каррер с сотрудниками синтезировал и каротиноиды.

Расти и видеть мир

Какую же роль витамин А выполняет в животном организме и к каким нарушениям приводит его недостаток? Мы уже знаем, что при А-авитаминозе приостанавливается рост молодых мышей и крыс. Дальнейшие исследования показали, что этот витамин в организме животного необходим не только для нормального роста, он выполняет еще и другие важные функции. У животных, лишенных витамина А и каротина, часто наблюдалось тяжелое заболевание глаз — ксерофтальмия, а также инфекционное поражение пищеварительного тракта, почек, среднего уха и других органов. У контрольных животных, получавших достаточное количество витамина А, болезненных явлений не наблюдалось. Это обстоятельство отражено в названиях витамина А: «антиксерофтальмический витамин», или «аксерофтол», и «антиинфекционный витамин».

Ксерофтальмия начинается при сильном недостатке витамина А. У больных эпителий глаза становится сухим, роговица мутнеет и теряет чувствительность, а затем размягча-

ется, изъязвляется и превращается в бельмо. При ксерофтальмии уменьшается количество слезной жидкости и содержание в ней бактерицидного вещества лизоцима. Это открывает доступ к тканям глаза для болезнетворных микроорганизмов, и на фоне ксерофтальмии развиваются вторичные глазные заболевания. Случаи ксерофтальмии сейчас встречаются очень редко, главным образом у маленьких детей.

Витамин А играет важную роль в приспособлении глаз к различной освещенности, особенно при наступлении сумерек. Как известно, лучи света, отраженные окружающими нас предметами, проникая в глаз, фокусируются хрусталиком и падают на сетчатку, выстилающую дно глаза. Лучи света разной интенсивности и окраски вызывают фотохимические превращения в клетках сетчатки, которые через нервные клетки посылают импульсы в мозг.

Одно из веществ клеток сетчатки регулирует интенсивность фотохимических реакций. Оно усиливает воздействие слабых световых сигналов на светочувствительные вещества сетчатки и, если требуется, ослабляет действие яркого света. Это чудесное вещество получило название зрительный пурпур, или родопсин. При ярком освещении зрительный пурпур разлагается на составляющие, которые уже не обладают способностью усиливать фотохимические процессы. Чем меньше остается в сетчатке зрительного пурпура, тем менее чувствительна она к воздействию света, и наоборот. При наступлении сумерек или при переходе из ярко освещенной комнаты в более темное помещение нужно повисить чувствительность сетчатки, сделать ее способной воспринимать весьма слабые световые сигналы. И здесь на помощь приходит все тот же зрительный пурпур. Он, как птица Феникс из пепла, начинает возрождаться из тех элементов, на которые его разложили яркие световые лучи. Эти превращения зрительного пурпура, приводящие к изменению его концентрации в клетках сетчатки, и лежат в основе механизма приспособления глаза к изменению интенсивности освещения.

Состав зрительного пурпура не был известен до тех пор, пока английский ученый Уолд в 1933 году не открыл тайну его превращений в сетчатке глаза. Он установил, что в состав зрительного пурпура входит витамин А. Под действием света пурпур превращается в оранжевый пигмент, названный зрительным желтым,

и при этом образуется еще один продукт — оранжевый пигмент ретинен, который представляет собой альдегид витамина А (ретиаль). В состав родопсина он входит в цис-форме, а при освещении переходит в транс-форму и отщепляется от опсина. В темноте происходит обратный процесс: витамин А вступает в соединение с белком и вновь образует зрительный пурпур.

Круговорот витамина А мог бы продолжаться очень долго, но часть витамина теряется, и восполнить образующийся дефицит должны новые его поступления. Стоит только регулирующим системам организма урезать «заявку» сетчатки на витамин А, как чувствительность глаза к восприятию слабых световых сигналов резко падает. Наступает заболевание, известное под названием куриной слепоты, или гемералопии. Днем больные почти не ощущают неприятных явлений, хотя у них может сужаться поле зрения и нарушаться цветовосприятие. Однако ночью им приходится еще хуже: стоит только солнцу скрыться за горизонтом, как для них сразу же наступает кромешная тьма, они теряют способность не только шить или читать, но даже передвигаться без посторонней помощи.

В дореволюционной России куриная слепота нередко поражала заключенных в тюрьмах. Вспышки этого заболевания неоднократно отмечались среди бедных крестьян и солдат весной, в конце Великого поста.

При авитаминозе А также нарушается дифференцировка клеток эпителия. Вероятно, это связано с тем, что в форме ретинолфосфата витамин участвует в синтезе гликопротеинов клеточных мембран, перенося остаток сахара на белки. Без этого происходит ороговение клеток в эпителии органов дыхания, пищеварительного тракта, почек. Подобные изменения в слизистых оболочках органов дыхания притупляет чувство обоняния и при-

Таблица 2

Таблица 3

Содержание каротина в растительных продуктах (в мкг на 100 г продукта)

Источник	Содержание β-каротина
Шпинат	15 000–6250
Крапива	14 000
Красный перец	13 900
Листья зверобоя	13 000
Листья люцерны	12 700
Зелень петрушки	10 000
Абрикосы	10 000–5000
Цветки календулы	8500
Плоды облепихи	8000
Морковь красная	6250
Хвоя	6000–5000
Томат-пюре	5000
Щавель	5000
Тыква	5000
Плоды шиповника	5000–4125
Кресс-салат	4000–2500
Лук зеленый	3750–2000
Перец зеленый	2350–1620
Морковь желтая	1550
Кукуруза (желтая)	2000
Черная смородина	2000–750
Черника	1600–750
Слива темноокр.	2140–625
Арбуз	1120–1000
Крыжовник	1000
Ежевика	800–500
Цветная капуста	100
Пшеница (зерно)	50–75
Белокочанная капуста	37

Содержание витамина А в животных продуктах (в мкг на 100 г продукта)

Источник	Содержание витамина А
Жир печени морского окуня	16 000 000
Жир печени лосося	1 787 500–337 500
Жир печени кита	9 000 000
Жир печени трески	37 500–6250
Печень телячья летом	25 000
Печень телячья зимой	6250
Масло сливочное летнее	125 000–8000
Масло сливочное зимнее	2000–1000
Желток куриного яйца	2500–1500
Куриные яйца цельные	6000–1000
Сливки	2500–1670
Жир говяжий	1375
Мясо сырое жирное	1250
Молоко коровье цельное, летнее	450–350
Молоко коровье цельное, зимнее	180–40
Свинина сырая	50
Сало свиное	Следы

водит к упорному бронхиту. Болезненное перерождение эпителиальной ткани снижает ее защитные свойства и влечет за собой пониженную сопротивляемость организма к различного рода инфекциям. Из-за ороговения усиленно слущиваются эпителиальные клетки почечных лоханок и мочевого пузыря. Они нередко становятся центром, вокруг которого начинается образование камней.

Введение в организм больших доз недостающего витамина А или его провитамина быстро излечивает куриную слепоту и начальные стадии ксерофтальмии. Для лечения можно использовать препарат ретинола или богатые им продукты: рыбий жир, печень рыб и т. д. Лечебные свойства печени при заболеваниях подобного рода были известны еще древним египтянам, которые часто страдали глазами болезнями, поскольку рядом находилась пустыня и сильные ветры то и дело поднимали тучи пыли. Египетские врачи достигли высокого искусства в лечении глазных недугов. Например, они умели делать чрезвычайно тонкую операцию по удалению бельма, а для лечения куриной слепоты применяли сырую печень быка. У древних египтян этот способ поза-

имствовали греки, а у них — римляне. Европейские врачи средневековья также лечили говяжьей и козьей печенью людей, терявших зрение с наступлением сумерек.

Роль витамина А в организме не ограничивается участием в фотохимических реакциях сетчатки и обеспечением нормального состояния эпителия, роговицы и слезных желез. Он нужен для нормального обмена белков, участвует в окислительно-восстановительных процессах, он повышает содержание гликогена в мышцах, сердце и печени, принимает участие в синтезе гормонов коры надпочечников.

В витамине А нуждаются все животные, причем человек, травоядные и всеядные животные могут пополнять его ресурсы за счет поступления как самого витамина, так и каротина. Хищные звери и птицы не способны к синтезу ретинола из каротина.

Потребность человека в витамине А зависит от его возраста и колеблется в довольно широких пределах (табл. 1). У кормящих матерей она повышена и достигает 8000 МЕ в сутки. Усиленное поступление витамина требуется при лечении некоторых инфекционных болезней. Больше ретинола нужно и людям, работающим в тяжелых или вредных условиях.

Провитамином А — каротин — широко распространен в растительном мире (табл. 2). Он содержится в высших и низших растениях, обитающих и в воде, и на суше. Наиболее богаты каротином зеленые листья, причем в них



ЗДОРОВЬЕ

содержится преимущественно самая ценная форма — β-каротин, α- и γ-каротины присутствуют в незначительном количестве. В среднем 90% всего каротина растений находится в листьях. Его больше в листовой пластинке, а в средней жилке и черешке совсем немного. Особенно богаты каротином листья крапивы, люцерны, одуванчика, шпината, щавеля, укропа, петрушки и кресс-салата.

В плодах каротина обычно меньше, чем в зеленых листьях, и здесь преобладают α- и γ-каротины, активность которых в два раза ниже, чем у β-формы. Только в дынях, плодах бузины, манго и финиках преобладает β-каротин. Об относительном распределении провитамина А в частях растения можно судить на примере шиповника: в плодах его 5 мг%, а в листьях — 40 мг%, то есть в восемь раз больше. Из плодов наиболее ценные источники провитамина А — это абрикосы, ягоды шиповника, темноокрашенные сливы, красные томаты, тыква, арбуз.

В ягодах каротина мало. Наиболее богаты им черная смородина, черника и ежевика. Бедны пигментом груши, яблоки, виноград, луковицы и корнеплоды (за исключением моркови). Картофель, свекла, репа, редька, белые зерна кукурузы каротина не содержат. Очень мало его в зернах пшеницы, почти нет в овсе, ячмене и дрожжах, зато довольно много в желтых зернах кукурузы.

Витамин А в растениях не найден, он содержится только в животных, особенно морских (табл. 3).

Витамин А и каротин хорошо сохраняются при консервировании продуктов и приготвлении пищи. Много каротина теряется при сушке травы на сено, особенно когда сушка затягивается и сено мокнет под дождем, поэтому летнее коровье молоко в 2–10 раз богаче витамином А, чем зимнее.

Природа хорошо позаботилась о том, чтобы снабдить нас витамином А, и если нам его не хватает, то виноваты в этом мы сами.



Разные разности

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,
М. Егорова,
Е. Сутоцкая

Акупунктура — древний китайский способ воздействия на организм через определенные точки на теле человека. С ее помощью лечат многие недуги, снимают боль и даже избавляют от наркозависимости. Механизм подобного воздействия на организм до сих пор изучен мало, клинические наблюдения дают весьма противоречивые результаты. Многие ученые считают, что залог успеха — вера пациента в предложенный метод.

Проверить это решили сотрудники университета Саутгемптона. В эксперименте приняли участие 14 пациентов. Помимо настоящих игл, применяемых при акупунктуре, были использованы «бутафорские»: у больных создавалась иллюзия, что игла проникла в кожу, а на самом деле этого не происходило.

Добровольцев, страдающих от артрита большого пальца руки, случайным образом разделили на две группы. Первых лечили по всем правилам акупунктуры, вторых с помощью фиктивных игл (им, кроме того, сказали, что процедура, скорее всего, не поможет).

Томограф позволил ученым наблюдать за активностью мозга во время акупунктурного воздействия. В обоих случаях начинали усиленно работать области, ответственные за выработку естественных болеутоляющих веществ, опиатов.

Впрочем, подлинная акупунктура включала еще одну область коры головного мозга — инсулу, или островок. Что это означает, не ясно, однако, без сомнения, воздействие происходит. Следовательно, успех нельзя приписывать только вере пациента, как это вытекало из результатов предыдущих исследований. Так, статистика утверждала, что при болях в шее положительный результат в 80% случаев достигался за счет эффекта плацебо (www.nature.com/news, 2005, 1 мая).



Каталитический конвертер в дизельном автомобиле превращает ядовитый угарный газ и несожженные углеводороды в углекислый газ, тем самым очищая выхлоп. Однако из масляных добавок, вводимых для борьбы с износом двигателя, в топливо попадают сера и фосфор. Они засоряют платиновую сетку конвертера, сводя на нет его усилия по защите воздуха. Сейчас конвертер чистят средствами, в которых содержатся сильные кислоты. «Переваривая» загрязняющие вещества, они пожирают и дорогостоящую платину.

Сотрудники мадридского Института катализа и нефтехимии обнаружили, что слабый раствор лимонной кислоты делает ту же работу, никоим образом не портя сетку. Им удалось удалить почти 82% фосфора и около 90% серы из конвертера автомобиля с пробегом в 48 000 км. На очистку потребовалось шесть часов при температуре 80°C.

Р. Стобарт из Университета Сассекса в Брайтоне (Великобритания) находит новый метод весьма перспективным. В среднем грузовик с дизельным двигателем проходит около 240 000 км. Предполагается, что конвертер должен исправно ему служить. На деле 90% конвертеров выходят из строя уже после 80 000 км. Их периодическая очистка позволит значительно уменьшить загрязнение окружающей среды.

В США машины оснащены датчиком, контролирующим выхлопы и предупреждающим водителя о скором выходе из строя катализатора. В ближайшие годы подобные устройства появятся на автомобилях в Европе.

Впрочем, новая технология может оказаться слишком дорогой. Она будет выгодна лишь владельцам большого парка дизельных грузовиков, каждый из которых может пробежать около двух миллионов километров (www.nature.com/news, 2005, 29 апреля).



Сотрудники американского Национального института изучения санитарного состояния окружающей среды провели исследование, в котором приняли участие 19000 фермеров из Северной Каролины и Айовы. Все они применяли инсектициды для уничтожения насекомых — вредителей сельскохозяйственных культур. Оказалось, что о крепком крестьянском здоровье им остается только мечтать. Многие регулярно испытывали головную боль, утомление, бессоницу, головокружение, тошноту, нервную дрожь в руках.

Ранее ученые обращали внимание главным образом на отравление пестицидами или их воздействие при попадании на кожу. Кроме того, выборка, как правило, была не слишком велика — 50–100 человек.

Авторы новой работы выяснили, что почти 3000 фермеров подвергались длительному, более 500 дней, воздействию инсектицидов. Около 800 из них обнаружили у себя 10 и более из 23 предложенных симптомов. Между тем гербициды и фунгициды не провоцируют неврологические заболевания.

Ряд инсектицидов, на которые обратили внимание исследователи, до сих пор активно используются, другие, например дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), запрещены или их применение ограничено, скажем, только приусадебным участком, где концентрация не столь велика, а значит, и опасность меньше.

Ни одному из фермеров, принявших участие в исследовании, диагноз «отравление пестицидами» никогда не ставили. Следовательно, причина неврологических симптомов именно в умеренном продолжительном воздействии химикатов (www.eurekalert.org, 2005, 28 апреля).



Мощные вспышки рентгеновского излучения, возможно, сохраняют жизнь планетам, нарождающимся в солнечных системах. К такому выводу пришли астрономы из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики в Кембридже (США). Две недели они наблюдали за звездными скоплениями туманности Ориона с помощью рентгеновской обсерватории «Чандра». Эта богатая молодыми звездами туманность находится всего в полутора тысячах световых лет от нас. Уникальная возможность изучать почти 1400 юных звезд, тридцать из которых похожи на раннее Солнце, не может не радовать.

«У нас нет машины времени, чтобы увидеть, каким было когда-то наше светило, но мы можем наблюдать за звездами в Орионе, похожими на Солнце», — говорит один из исследователей С.Волк. Возраст этих звезд составляет 1–10 миллионов лет — столько было Солнцу в период образования планет. Некоторые отличаются особенно мощными вспышками. Они, как утверждают исследователи, помогают образованию небольших каменных планет, подобных Земле. Если же вспышки не столь интенсивны, планеты могут падать на звезду и погибать, рассказывает руководитель работы Э.Файгельсон.

Примерно у половины молодых солнц в Орионе есть диски с образующимися планетами, четыре солнца расположены в центре своих дисков. Последние исследования показывают, что рентгеновские лучи наделяют эти образования электрическим зарядом. Он вместе с движением самого диска и влиянием магнитных полей предохраняет планеты от падения на звезду. «Хотя такие вспышки не исключают разрушения в диске, скорее, они приносят больше пользы, чем вреда, защищая солнечную систему», — говорит Файгельсон (www.eurekalert.org, 2005, 10 мая).



Почему киты выбрасываются на берег моря? Эта загадка не дает покоя зоологам. К.Ванеслоу и его коллеги из Университета города Киль (Германия) полагают, что кашалоты в Северном море насканивают на мель из-за нарушений в магнитном поле Земли, вызванных ростом солнечной активности. Ученые проанализировали все подобные случаи с 1712 по 2003 год и пришли к выводу, что чаще всего это происходило в периоды повышенной активности Солнца.

Вероятно, кашалоты, как почтовые голуби и дельфины, чувствительны к магнитному полю благодаря маленьким кристалликам магнетита в теле. Они проплывают в океане тысячи километров без видимых ориентиров, и выдерживать курс, вероятно, им помогает магнитное поле Земли. Когда наше светило искажает его, животные теряют направление. А происходит это в среднем каждые 11 лет, хотя продолжительность солнечного цикла может колебаться от 8 до 17 лет. Короткий солнечный цикл сопровождается более мощным потоком радиации и более выраженными нарушениями магнитного поля. Ученые обнаружили, что кашалоты действительно чаще оказывались на берегу, когда солнечный цикл был короче среднего.

Количество китообразных, выбросившихся на берег в одной только Великобритании, за последние 10 лет удвоилось. Специалисты по морским млекопитающим считают, что основная причина — активный рыбный промысел. Кроме того, усилившийся в океане шум от двигателей кораблей и гидролокаторов также дезориентирует животных. Возможно, и нарушения магнитного поля Земли вносят свой вклад. Во всяком случае, голубятники хорошо знают, что в период повышенной солнечной активности птицы перестают ориентироваться (www.bbc.co.uk, 2005, 13 мая).



Молодой сотрудник Бостонского университета Д.Холмс разработал новый вариант «подводных ушей» — гидрофоны, которые тянет за собой маленькая автономная подводная лодка. Устройство вызвало огромный интерес у военных моряков и многих исследователей. На него можно положиться при охране прибрежных вод, используя для изучения звуков, которыми полон океан. Холмс представил опытный образец на встрече Акустического общества Америки в Ванкувере.

Эта сложная комбинация обычных деталей — чувствительная и дешевая конструкция: шесть подводных микрофонов, или гидрофонов, размещены внутри девятиметровой пластиковой трубы, заполненной нефтью или нефтепродуктами для обеспечения нейтральной плавучести. Гидрофоны свободно двигаются в ней. Сигналы от них принимает и хранит беспилотная субмарина по имени «Ремус». Она похожа на маленькую торпеду и может автономно передвигаться под водой, обходя препятствия с помощью GPS-датчиков, сонара и электронной карты.

Военные и ученые, исследующие акустику океана, обычно используют шумопеленгаторы, цепляя к кораблям очень длинные, от 450 метров, конструкции. Новинка в 50 раз короче, ее диаметр почти в три раза меньше, около трех сантиметров. Такой компактный прибор может тащить за собой маленькое тихое судно, питающееся от батарей. Для его запуска достаточно одного-двух человек.

До сих пор исследование акустики океанов проводилось в основном в глубоких водах, где не учитывалось отражение волн от дна. Устройство Холмса, напротив, годится для изучения звуков на мелководье (www.eurekalert.org, 2005, 20 мая).



Психолог Е.Николадис и ее коллеги по университету канадской провинции Альберта сравнили жестикуляцию детей, владеющих двумя языками. Ребята рассказывали одну и ту же историю сначала на одном языке, а потом на другом. Предполагалось, что они будут активнее размахивать руками, когда не удается вовремя подыскать слово на менее привычном языке. Но выяснилось противоположное: ребятишки больше помогали себе жестами, пользуясь более «сильным» языком.

Исследователи полагают, что существует взаимосвязь между языком, доступом к памяти и жестикуляцией. Движения рук имеют отношение не столько к смыслу слов, сколько к содержанию самой истории, возможности передать ее средствами языка.

Это подтверждают результаты других работ. Одна из них была проведена в Китае. Китайки, владевшие английским лучше представитель сильного пола, жестикулировали больше мужчин, изъясняясь на этом языке.

Девочки 8–10 лет жестикулируют больше и точнее рассказывают о содержании недавно просмотренного мультфильма, чем мальчики того же возраста. Как известно, языковые навыки развиваются у девочек гораздо раньше.

Николадис уверена, что полученные данные могут оказаться ценным подспорьем для тех, у кого проблемы с речью: «Вы оказались в ситуации, когда нельзя не говорить, но и говорить не получается? Не волнуйтесь, попробуйте начать жестикулировать, и слова придут к вам сами» (Пресс-релиз «University of Alberta», 2005, 11 мая).



Свет из реактора

Стандартная схема использования энергии как атомного, так и термоядерного реактора известна: кинетическая энергия осколков деления и нейтронов передается теплоносителю, он испаряется, пар вращает турбину, а она — электрогенератор. Теплоносителей может быть и два: первый передает тепло второму, а уж пары второго вращают турбину. Чем длиннее цепочка и больше оборудования, тем больше вес, габариты и стоимость, тем меньше надежность и КПД. Поэтому примерно с середины прошлого века существует целое направление в прикладной физике и энергетике — «прямое преобразование». Речь обычно идет о преобразовании тепла в электричество без котлов и турбин (термоэлементы), иногда еще «прямее» — атомной энергии в электрическую (изотопная батарея). Но если конечному потребителю нужно не электричество, а лазерный луч? Если конечный потребитель — авиационный завод, который лазером варит крылья самолетов? Тогда возникает вопрос о прямом преобразовании атомной энергии в лазерное излучение.

Физические процессы

Чтобы лазер заработал, нужно, в частности, создать инверсную заселенность, то есть ввести в активную среду энергию, причем так, чтобы на верхних энергетических уровнях было больше молекул (или атомов), чем на нижних. Энергию в среду можно вводить посредством газового разряда, электронными и ионными пучками, электромагнитным излучением (оптическая накачка) и некоторыми другими способами.

При любом способе накачки среды, если плотность мощности достаточна, рабочий газ превращается в плазму. По типу ионизационного состояния плазмы способы накачки можно разделить на два: тепловая ионизация и накачка жестким ионизатором. Тепловая ионизация идет в газовом разряде, в котором энергия от электрического поля к электронам передается малыми порциями (за время свободного пролета), затем переводится в тепло (в упругих столкновениях), а уж затем происходит собственно ионизация. При накачке жестким ионизатором последовательность процессов обратна: быстрая заряженная частица или коротковолновый фотон ионизуют газ, далее низкоэнергетичные электроны плазмы охлаждаются в столкновениях с нейтралами и рекомбинируют.

Жестким принято называть такое корпускулярное или электромагнитное излучение, которое ионизует и возбуждает газ, но слабо взаимодействует

непосредственно с электронами образовавшейся плазмы. Это могут быть электронные и ионные пучки, продукты ядерных реакций, потоки коротковолновых фотонов (вплоть до α -квантов, получаемых в ядерном взрыве). Жесткие частицы (электроны, ионы, фотоны) как бы выдергивают электроны из основного состояния атомов, создавая плазму с повышенной степенью ионизации. Конструкция лазера в этом случае определяется в первую очередь пробегом ядерного осколка в лазерной среде. В газах атмосферной плотности это сантиметры. Соответственно ядерно-активное вещество должно быть либо перемешано с лазерно-активной смесью, либо нанесено тонким слоем (несколько $\text{мг}/\text{см}^2$) на поверхность трубок или пластин (лазерных кювет), содержащих ионизуемый газ. На практике реализованы оба способа.

Для накачки лазерных сред может использоваться энергия деления как легких ядер (^3He , ^6Li , ^{10}B), так и тяжелых (^{235}U , ^{239}Pu) при попадании в них нейтронов. Образующиеся при этом заряженные частицы (протоны, α -частицы, осколки деления) ионизируют среду и создают инверсную заселенность.

Немного истории

Вот краткий и, конечно, неполный перечень — когда, что и кем сделано.

1963. Предложение лазера на CO_2 с ядерной накачкой, фирма «United Aircraft».

1972. Первый запуск такого лазера на смеси He-Xe (длина волны 3 $\mu\text{м}$), мощность 25 Вт, КПД 0,45%, ВНИИЭФ (опубликовано в 1979 году).

1974–1975. Генерация ядерного CO лазера, фирма «Sandia Nat. Labs».

1974–1976. Генерация на XeI , KrI и ArI (1,15–3,5 $\mu\text{м}$), мощность излучения до 2 кВт, КПД до 2,2% ВНИИЭФ.

1978. Генерация на атоме Cl (1,59 $\mu\text{м}$), NASA-Langley.

1979–1982. Запуск первого ядерного лазера видимого диапазона на He-Cd (533,7 нм, 537,8 нм, 441,6 нм), МИФИ.

1984–1985. He-Cd лазер (441,6 нм) мощность 1 кВт, КПД 0,4%, ВНИИТФ, ВНИИЭФ.

1985. He-Ne-Ar лазер, волна 585,3 нм, ВНИИЭФ, МИФИ.

1988. Получен рекордный КПД He(Ar)-Xe лазера 3% (2,03 $\mu\text{м}$), «Sandia Nat. Labs».

1992. Генерация в смеси He-Xe-Hg-N_2 (546,1 нм), ВНИИТФ.

1994. Генерация в смеси Ar-Xe длительностью 1,5 с, ВНИИЭФ.

1996. Первая генерация в УФ-диапазоне на смеси $\text{He-N}_2\text{-H}_2$ (391 нм), ВНИИТФ.

Как это сделать

При накачке лазеров осколками деления, несущими примерно 82% энергии, наиболее эффективной была бы система, в которой уран равномерно распределен в лазерной среде. Однако поиск лазерных сред на основе гексафторида урана, единственного газообразного соединения при невысоких температурах, не привел к успеху из-за сильного тушения возбужденных атомов лазерных сред молекулами UF_6 . Поэтому была принята схема, в которой накачка осуществляется от урана, нанесенного в виде тонкого (прозрачного для осколков деления) слоя на внутреннюю поверхность лазерной кюветы. Такой слой практически не влияет на качество лазерной среды, но более половины энергии осколков деления теряется в слое и подложке, на которую нанесен слой. Толщина слоя определяется несколькими конкурирующими критериями и составляет в оптимальных условиях



1–3 мкм (2–6 мг/см²), при этом в газ передается 15–25% энергии ядерных делений.

Поперечные размеры лазерной кюветы определяются длиной пробега осколков деления в газе. Так, для равномерной накачки лазерных сред на основе гелия при давлении около 2 атм поперечный размер кюветы должен составлять 20–30 мм, при этом удельная мощность накачки составит около 20–30 Вт/см³ в полях тепловых нейтронов с плотностью потока примерно 10¹⁵ нейтронов/см²с. При таких мощностях газ менее чем за 0,1 с нагревается до 1000°C. Теплопроводность газа не обеспечивает отвод энергии на стенки кюветы, и для работы при длительности более 10 мс требуется принудительный теплоотвод, например за счет прокачки газа через объем кюветы, причем поперечная прокачка на один-два порядка эффективнее продольной (как и в CO₂-лазере). Слой урана наносится на подложку, в роли которой может выступать и замедлитель. В осевом направлении лазерные каналы заканчиваются зеркалами резонаторов, окнами Брюстера, поворотными зеркалами или другими оптическими элементами.

К настоящему времени экспериментально получена и исследована генерация более чем на сорока переходах атомов Xe, Kr, Ar, Ne, C, N, O, Cl, Hg, ионов Cd⁺, Zn⁺ и молекулы N₂ в видимой, ИК- и УФ-областях спектра при возбуждении газовых смесей осколками деления урана, а также продуктами реакций ³He(n,p)³H и ¹⁰B(n,α)⁷Li в нейтронных полях импульсных ядерных реакторов. Также неплохо изучены основные каналы релаксации в смеси Ar–Xe, возбуждаемой пучком быстрых частиц. В экспериментах на импульсных ядерных реакторах в резонаторах с активной длиной 2 метра при мощности накачки около 1 Вт/см³ и более кпд преобразования ядерной энергии в излучение Хе-лазера достигал 2,5%.

Некоторые исследователи пошли путем промежуточного преобразования ядерной энергии в какой-либо иной вид энергии, чтобы затем преобразовать ее в лазерное излучение. И хотя такой метод связан с дополнительными потерями, он представляется более про-

стым и в некоторых случаях целесообразным. Так, группа одного из пионеров в области ядерных лазеров Марка Преласа из университета Миссури (США) разрабатывает идею преобразования ядерной энергии в оптическое излучение газовых сцинтилляторов и надеется с помощью этого излучения, выведенного за пределы ядерного источника — энергетического реактора, возбуждать лазерные элементы, например, на основе стекла, активированного Nd. Более сложным путем пошли исследователи из ВНИИЭФ, пытаясь найти лазерную среду, не теряющую своих лазерных свойств в интенсивных полях ядерных излучений. Такие конденсированные среды были найдены. Так, в 1971 году была получена сверхлюминесценция при возбуждении охлажденного до 200 К раствора хелата европия в ацетоне, а в 1980–1981 годах получена лазерная генерация на одной из разновидностей стекла, активированного Nd при накачке оптическим излучением сцинтиллятора — кристалла CsI в активной зоне мощного импульсного реактора.

Чтобы увеличить эффективность ядерно-лазерных преобразователей, для накачки надо использовать энергию наиболее высокоэнергетичных продуктов ядерных реакций. В случае реакции деления ядер урана — энергию разлетающихся осколков деления, в случае термоядерной энергии синтеза — кинетическую энергию разлетающихся быстрых нейтронов. Энергию нейтронов можно использовать, передав ее в упругих столкновениях ядрам лазерной среды. Если масса ядер близка к массе нейтрона (водорода или гелия), то основная доля его кинетической энергии передается ядрам среды буквально в двух-трех соударениях, то есть эффективно и очень быстро. Такой тип ядерной накачки можно назвать нейтронной накачкой.

Применения

Ядерный лазер применим везде, где вообще применим лазер. Перечислять можно до бесконечности, но это неинтересно. А важно то, что внедрение любой новой техники требует вложений

и усилий, а значит, будет происходить в том случае, если у данного решения есть серьезные преимущества. Так вот, преимущества реакторов-лазеров перед другими типами лазерных систем будут расти из двух корней. Первый — прямое преобразование. Отсюда простота, дешевизна, компактность, надежность, автономность. Второй корень — высокая удельная и абсолютная энергоемкость. Отсюда — возможность создания мобильных устройств малого веса и размера, например для ремонта на месте громоздких сооружений — мостов, корпусов ядерных и химических реакторов, прокатных станов. А также для разнообразных космических применений, поскольку там каждый килограмм на счету.

Возможно, ядерно-оптические лазеры станут широко применяться в фотохимии. Среди многочисленных реакций, катализируемых светом, особое значение имеет фотосинтез. Солнечная энергия на протяжении первых двух миллиардов лет существования Земли создавала благоприятные условия для возникновения и развития растений. Главные из этих условий — температура от 10°C до 35°C и освещенность с потоком энергии около 0,1 Вт/см² в видимом диапазоне. Ядерно-оптический преобразователь может воспроизводить эти условия, причем спектр поглощения хлорофилла и спектр излучения гелий-неоновой плазмы почти совпадают. И не исключено, что возможна «резонансная накачка» молекул, регулирующих фотосинтез, при этом скорость образования биомассы увеличивается в несколько раз.

Относительно низкие температуры и световые потоки, необходимые в этом случае, означают, что устройство будет работать долго и надежно и мы получим такое «ядрное болото», живущее само по себе, без присмотра и надзора, и генерирующее биомассу. Между прочим, управляемая реакция фотосинтеза может обеспечить генерацию не только кислорода, но и углеводородов, горючих газов, спирта и других экологически чистых видов топлива.



Тор, который принесет энергию

В книге «Фантастика и футурология» Станислав Лем сетует на то, что футурологи, занимаясь своими изысканиями, не имеют парадигмы, не имеют теории и поэтому эффективность их деятельности низка. Физик сказал бы: естественно — они изучают общество, не зная его законов и даже не пытаясь их найти. Найти эти законы в общем случае труднее, чем физические, — мало образцов и невозможен эксперимент. Один из методов, применимых в такой ситуации, — отправиться за законами к соседям. Биолог много полезного находит в закромах у химика, тот — у физика. Попробуем пойти по этому пути и мы.

Человек не потребляет энергию саму по себе. Однако она нужна ему для обогрева и охлаждения, для изготовления еды и питья (во многих регионах вода — просто чистая вода — уже является проблемой), для изготовления множества нужных ему (полезных, бесполезных и вредных) вещей. Не исключено, что когда-нибудь люди поумнеют и сократят производство бесполезного и вредного. Можно утешать себя и тем, что много не съешь и не выпьешь, но человек потребляет энергию «ради развлечения», когда отдыхает. Маркс сказал, что главное достояние человечества — свободное время. По мере прогресса доля этого свободного времени растет и растет связанное с этим потребление энергии. Человек путешествует, сотрясает воздух звуками, услаждает взор домашними кинотеатрами, городит фонтаны, иллюминации и т. п. и т. д. Человек тратит энергию.

Откуда дровишки?

Источники энергии на Земле известны, об этом пишут все. Рассуждают о том, на сколько лет хватит нефти и сколько будет стоить киловатт-час при возврате к углю. Прогнозами эти рассуждения назвать нельзя: футурологический прогноз — это ответ на вопрос, как будут жить люди. Перейдут на энергосберегающие технологии, поставят в окна тройные стеклопакеты, сделают гибридный автомобиль с уменьшенным в несколько раз потреблением бензина? Или будут сидеть в подземельях, общаться по Сети, видеть мир на экране монитора, есть хлореллу? На дефицит энергии можно реагировать по-разному.

В любом случае считать каждый киловатт не хочется, да и есть в этом что-то унижающее для человечества: имея мозги, образование и высокие технологии, зависеть от нескольких десятков человек, диктующих политику ОПЕКА. Одно из главных достижений капитализма — это антимонопольное законодательство. К сожалению, оно есть не во всех странах, и главное — его нет во «всемирном масштабе». Вдобавок половину бюджета мирового терроризма обеспечивает нефть (вторую половину — наркотики). Если выдернуть из вены цивилизации

нефтяную иглу, многое, очень многое может измениться к лучшему.

Но откуда брать тогда энергию? Недостатки и ограничения атомной энергетики и «возобновляемых источников» известны. Иногда эти источники настолько просты и, кажется, близки... вот он, под ногами, неисчерпаемый источник энергии — глубины Земли. Вот второй — висит над головой, Солнце. «Много ли человеку земли надо?» — вопрошает классик. И физик немедленно отвечает — один квадратный метр. На него бесплатно падает сверху, через него бесплатно прет снизу энергия, потребляемая в среднем одним человеком. Но поди ж возьми ее... Так что все эти методы развиваются и совершенствуются, и не будь у человечества других возможностей, может, и заменили бы нефтяные скважины гидротермальными, а угольные шахты ветряками. Но пока как решение энергетической проблемы в целом актуально другое направление.

Отец, слышишь, рубит, а я отвожу

Маленькое отступление. Газеты и журналы много пишут о так называемой водородной энергетике. Что это такое? Это способ распределения энергии, доставки ее от места извлечения из

природного резервуара до места потребления. Поэтому «водородная энергетика» — не альтернатива ни нефти, ни углю, ни атому, ни ветряку... Это — почта, которая возит джоули. Разумеется, почта — дело важное, но еще важнее, сравнивая энергетические схемы, выбирая метод добычи-доставки-потребления, принимать во внимание сочетаемость метода добычи и метода доставки, рассматривать всю цепочку. Нефть хороша, в частности, тем, что из добытого (нефть) относительно легко получить возимое (бензин), а его относительно удобно потреблять в автомобиле. Электричество потреблять было бы еще удобнее, но его трудно возить. Зато удобно передавать по проводам. И так далее... Строя энергетические схемы, надо учитывать потери при каждом преобразовании и соображения экологии и безопасности.

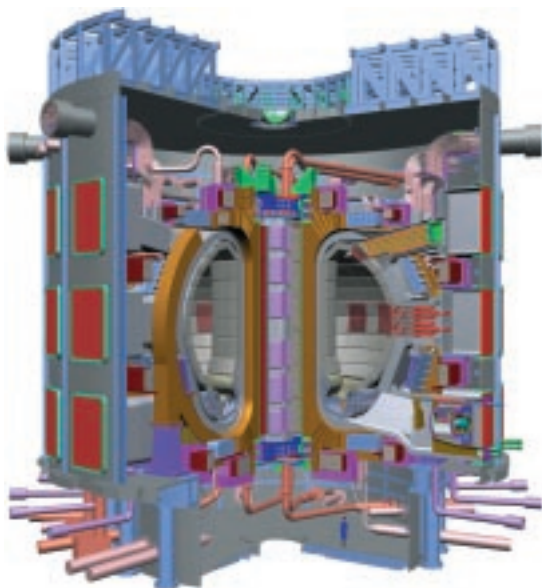
Но вместо того чтобы учесть эти соображения, люди, как правило, просто сотый раз излагают в пустоту свои доводы. Потому что большинство слушателей ничего не понимает в вопросе, а только ахает, те же, кто понимают, — излагают свое. А как было бы хорошо обязать крикунов сделать расчет и представить его. Ведь и соображения экологии, и безопасности можно выразить в деньгах (то есть в работе общества), которые нужны для уменьшения вреда и опасности до некоторого уровня. Что приведет к удорожанию энергии до соответствующей цифры. И вопрос решится. Но мы сейчас — не о почте, а об источнике.

Атомную энергию, что в реакторе, что в бомбе, человек получает, разделяя ядра тяжелых элементов на более легкие. Однако мир устроен так, что энергия, приходящая на нуклон, максимальна для железа (в учебниках это так и называется — железный максимум). А раз максимум посередине, то энергия будет выделяться не только при распаде тяжелых, но и соединении легких элементов. Этот процесс называется термоядерным синтезом, именно он идет в водородной бомбе и термоядерном реакторе. Пока не существующем.

Термоядерных реакций, реакций синтеза, известно много. Источником



Токамак: общий вид и сечение проводов



энергии могут быть те, для которых есть недорогое топливо. Причем возможны два принципиально разных пути запуска реакции синтеза. Кратко опишем оба, сравним их и займемся тем, который «выбрала жизнь».

Маленький быстрый или большой медленный

Первый путь — «взрывной»: некоторая энергия тратится на приведение очень небольшого количества вещества в необходимое исходное состояние, происходит реакция синтеза, выделившаяся энергия преобразуется в удобную форму. Собственно, это будет водородная бомба, только весом в миллиграмм. В качестве источника исходной энергии использовать атомную бомбу нельзя — она не бывает «маленькой». Поэтому предполагалось, что миллиметровая таблетка из дейтерий-тритиевого льда (или стеклянная сфера со сжатой смесью дейтерия и трития) будет облучаться со всех сторон лазерными импульсами. Плотность энергии на поверхности должна быть при этом достаточно высокой. А достаточно высокая — это такая, при которой давление внешнего слоя на внутреннюю часть таблетки запускает реакцию синтеза. Кроме

того, импульс должен быть настолько коротким, чтобы вещество, превратившееся за наносекунду в плазму с температурой в десять миллионов градусов, не успевало бы разлететься, а давило бы на внутреннюю часть таблетки. Внутренняя часть сжимается до плотности, в сто раз большей, чем плотность твердых тел, и нагревается до ста миллионов градусов. Для реакции синтеза — самое оно.

Второй путь. Исходные вещества можно нагреть относительно медленно, они превратятся в плазму, а потом в нее можно любым способом вводить энергию, вплоть до достижения условий начала реакции. Для протекания термоядерной реакции на смеси дейтерия с тритием и получения положительного выхода энергии (когда энергия, выделившаяся в результате реакции, будет больше энергии, затраченной на ее осуществление) необходимо создать плазму с плотностью 10^{14} частиц/см³ (10^{-5} атм.), нагреть примерно до 100 млн. градусов (чтобы ядра могли сблизиться, несмотря на кулоновское отталкивание) и поддерживать это состояние не менее секунды (критерий Лоусона). В этом втором способе главная проблема — устойчивость плазмы. За секунду она много раз успевает расширяться, коснуться стенок камеры и охладиться.

По ситуации на сегодня плазма выиграла четвертьфинал у лазера — международное сообщество приступает к строительству демонстрационного реактора. Этот реактор не будет настоящим источником энергии, но он спроектирован так, что после него — если

все нормально заработает — можно приступить к строительству «энергетических», то есть предназначенных для включения в энергосеть, термоядерных реакторов. Тогда в полуфинале будет один участник. Странная ситуация, скажи бы любители спорта. Но, кажется, неизбежная, и вот почему: самые крупные физические проекты (ускорители, радиотелескопы, космические проекты) становятся такими дорогими, что двое игроков оказываются не по карману даже объединившему свои усилия человечеству. Кстати — такое изменение политико-технической идеологии (коряво, а как иначе сказать?), наверное, тоже важно для прогнозирования будущего.

Какое-то время казалось, что у обоих направлений есть шансы. Почему победила плазма? Научные и технические проблемы имелись в избытке и на том направлении, и на другом. Но лазерное требовало хорошего взаимодействия специалистов из множества несвязанных областей. И на лазерном же направлении было менее эффективно международное взаимодействие, потому что... как бы это помягче сказать... сверхмощные лазеры некоторое время рассматривались как возможное оружие. Причем те, кто занимался лазерами по обе стороны океана, не очень-то спешили рассеять радужные надежды генералов и политиков. Деньги на исследования надо ведь где-то брать, не правда ли? Но вернемся к реактору.

Странный трансформатор

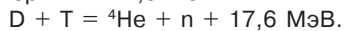
Победителя четвертьфинала зовут токамак. Из всех сайтов в интернете, на которых он упоминается, на 15% можно найти его имя, написанное ошибочно. Чтобы больше не ошибались, поясним, что токамак — это ТООриодальная КАмера МАГнитная, но «родители», давая имя, заменили Г на К, чтобы не возникало ассоциаций с чем-либо «магическим». Такие были времена. Теперь иногда пишут, что имелись в виду «МАГнитные Катушки». История часто переписывается.

О истории проекта рассказывать не будем — просто потому, что об этом

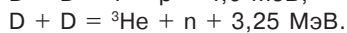
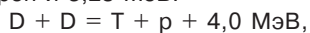
уже написано достаточно много. Устройство выглядит так: тороидальная камера надета на сердечник трансформатора, плазма в камере является, по сути дела, обмоткой трансформатора. Вторая обмотка — это обычная обмотка того же трансформатора. Из камеры откачивают атмосферу, потом в нее напускают смесь газов, содержащих те атомы, которые будут участвовать в синтезе. Затем по первичной обмотке трансформатора пропускают импульс тока, такой, чтобы во вторичной «обмотке» — то есть в газе — произошел пробой и началось протекание тока. При протекании тока плазма нагревается, но одним этим методом не удастся нагреть ее выше 20 млн. градусов (с ростом температуры сопротивление плазмы и выделение тепла уменьшаются). Ток, который протекает по плазме, создает свое магнитное поле, оно сжимает плазму, увеличивая ее температуру и концентрацию. Но этого еще недостаточно для достижения критерия Лоусона, поэтому плазму нагревают дополнительно. Это можно делать электромагнитным излучением с частотой от 10 МГц до 10 ГГц, потоком нейтральных атомов с высокой энергией — около 0,1 МэВ или сжатием внешним переменным магнитным полем.

Еще раз о дровах

Легче всего происходит слияние ядер изотопов водорода — дейтерия D и трития T. Ядро дейтерия содержит один протон и один нейтрон. Дейтерий есть в воде — примерно один атом на 6500 атомов водорода. Ядро трития состоит из протона и двух нейтронов. При синтезе ядер дейтерия и трития образуются гелий He с атомной массой, равной четырем, нейтрон n, и выделяется энергия — 17,6 МэВ:

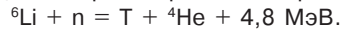


Другой вариант — слияние двух ядер дейтерия. Оно происходит по двум каналам примерно с одинаковой вероятностью: в первом образуются тритий, протон p и выделяется 4 МэВ, во втором — гелий с атомной массой 3, нейтрон и 3,25 МэВ:



Скорость реакции D + T в сотни раз выше, чем для реакции D + D. Поэтому, используя реакцию D + T, значительно легче достичь условий, когда выделившаяся термоядерная энергия превзойдет затраты на организацию процессов слияния. Возможны и реакции синтеза с участием других элементов — лития, бора и др. Однако эти реакции протекают с нужной скоростью при таких температурах, которые мы даже не будем называть, чтобы не пугать читателей.

Как сказано выше, тритий нестабилен (период полураспада 12,4 года), но его предполагается получать на месте, из изотопа лития и получающихся в реакторе же нейтронов:



Одновременно этот же литий (система, его содержащая, называется бланкетом) нагревается и может служить теплоносителем в первом, радиоактивном контуре. Далее он передает тепло второму контуру, в котором водичка испаряется, далее как обычно — турбина, генератор, провода, ласковый свет настольной лампы, и читатель с химией и всей этой жизнью в руках.

Лед и пламень

Проблема заключается в том, что слиянию ядер препятствуют электрические силы расталкивания. Поэтому для синтеза необходимо преодолеть кулоновский барьер, то есть совершить работу против сил расталкивания, сообщая ядрам необходимую энергию. Существуют три возможности. Первая — разогнать в ускорителе пучок ионов и бомбардировать ими твердую мишень. Этот путь неэффективен — энергия расходуется на ионизацию атомов мишени, а не на сближение ядер. Второй путь — направить навстречу друг другу два ускоренных пучка ионов. Этот путь неэффективен из-за низкой концентрации ядер в пучках и малого времени их взаимодействия. Другой путь, по которому и направились физики, покури́в у очередного камня с полустертой надписью: «На лево пойдешь... направо пойдешь...», — нагрев вещества до высоких температур (порядка 100 млн. градусов). Чем выше температура, тем выше средняя кинетическая энергия частиц и тем большее их количество может преодолеть кулоновский барьер.

Плазма живет в магнитном поле. Постоянное поле можно было бы создать постоянным магнитом, хотя здесь есть ограничения. Но в данном случае вопрос о постоянном магните не возникает, потому что поля нужны переменные. Значит — электромагнит. В нем есть обмотка, у обмотки есть сопротивление, а при протекании по ней тока выделяется тепло. Когда это происходит в плазме, тепло идет в дело, а в обмотке — все наоборот. И тепло надо отводить (сгоревшая изоляция неэкологична...), и энергию на пропихивание тока по обмоткам приходится тратить. Причем с токамаком ситуация такова, что на работу электромагнитов тратилась бы заметная доля полученной энергии. Обидно, Вань! Причем эта ситуация в новой энергетике возникает не первый раз.

Когда собирались делать магнитогидродинамический генератор, тоже возникла проблема питания магнита. Решение известно: сверхпроводимость. Осталась мелочь — воплотить в металл. Но... Приведем один частный пример.

К вопросу о проводах

«В качестве прототипа конструкции провода S-12 использован композит Sn-P. В сверхпроводнике S-12 семь многоволоконных модулей с периферийным источником олова размещены в танталовом диффузионном барьере с внешней стабилизирующей медью. Волокна сверхпроводящего провода S-12 содержали 2 ат. % титана, введенного в них усовершенствованным методом «искусственного легирования». Термическая обработка провода S-12 с целью формирования соединения Nb₃Sn проводилась в вакууме по многоступенчатому режиму. Поперечное сечение провода S-12 после окончательной термической обработки представлено на рисунке... В результате различных улучшений, реализованных в конструкции сверхпроводника S-12, по сравнению с проводом Sn-P, была получена высокая плотность критического тока... Повышение токонесущей способности объясняется формированием особо мелкозернистой структуры слоев соединения Nb₃Sn в сверхпроводнике S-12 с размером зерен порядка 50–60 нм.

В обмотках полого магнитного поля магнитной системы ITER предполагается использовать «кабели в кондуите» крупного сечения, выполненные с применением NbTi сверхпроводников. Они выполняются из многостадийно ствистированных сверхпроводящих стрендов, помещенных в кондуит из нержавеющей стали... Из высокочистых гомогенных NbTi сплавов с применением режимов выдавливания при низких температурах и скорости изготовлены образцы проводов с диаметром волока 10 мкм... В процессе данной работы должны быть опробованы различные конструкции проводов диаметром 0,75 мм с диаметром волокон 6–7 мкм, в том числе и с низким коэффициентом заполнения по NbTi сплаву — менее 20 %, а с целью уменьшения уровня потерь в конструкции провода вводятся резистивные барьеры из медноникелевых сплавов. Для уменьшения потерь на спаривание стрендов в кондуите отрабатывается технология нанесения на поверхность стрендов никелевого покрытия...».

Этот отрывок из одной статьи «про провода» приведен здесь не для того, чтобы вас напугать. А чтобы показать — в узенькую-узенькую щелочку — нутро вопроса. Ведь за каждым словом в этом отрывке — не маленькая работа. Каж-



дый названный элемент, каждый размер, каждое время обработки, температуру, скорость волочения — все надо выбрать из десятков вариантов. Что будет, если десять умножить на десять и еще несколько раз на десять?..

Любой крупный технический проект собирает в себе — и не в кучу, а в систему — тысячи и миллионы научных и инженерных задач. Если вам хоть немного известно об этом, то вы можете представить себе ту пирамиду решений, вершиной которой Человек однажды дотянулся до Луны... И которой он завтра дотянется до новой энергии. Изобретательное мы все-таки животное.

Чисто не там, где метут, а там, где не сорят

Разумеется, это демагогия. Стационарное количество грязи зависит от соотношения скоростей данных процессов. Но при ограниченной скорости подметания — а она всегда ограничена — действительно имеет смысл уменьшить скорость загрязнения. Для токамака чистота плазмы — вопрос ее, плазмы, жизни и смерти: примеси прекращают реакцию горения. Попадают они в плазму со стенок тора (запускаемые в объем рабочей камеры работает в таких хороших условиях, что проблема ее изготовления получила собственное имя: «проблема первой стенки»). Ибо все, что лезет из плазмы — нейтроны, протоны, ионы и излучение от инфракрасного до гамма-излучения, — все достается ей. В результате стенка разрушается, то есть просто перестает существовать, а по ходу дела все продукты разрушения попадают в плазму. Решения проблем стойкости и «невредности» находятся, увы, в противоположных направлениях. Ибо чем тяжелее ион, тем он вреднее (допустимые концентрации тантала и вольфрама в сто раз меньше, чем углерода), а большинство стойких материалов создано именно на основе тяжелых металлов. Одно время большие надежды возлагались на углеродные материалы и композиты

на основе карбидов, боридов и нитридов. Рассматривались пористые и профилированные (с ребрами или иглами) стенки. И вообще, трудно сказать, что не рассматривалось, но в итоге сейчас выбран бериллий.

Зеленые и спекуляции

Не поймите меня неправильно, союз «и» не означает знака равенства. Но большинство разговоров об экологии, опасности, безопасности и т. д. ведут люди, которые в сути дела не понимают ничего и мешают понимать другим. Зато на страхе делаются и большие деньги, и политические карьеры. Сколько крика стоит о клонировании — а многие ли из кричавших знают, что это такое? Сколько крика было о ввозе радиоактивных отходов — многие ли взяли и посчитали на бумажке плюсы и минусы? Чтобы не оказаться в этой толпе, технически трезво оценим вредность и опасность токамака.

Вредность как таковая у токамака отсутствует — так же, как и у атомного реактора. Никаких вредных веществ — ни химических, ни радиоактивных — он не выделяет. Заметим попутно, что разговоры о безумной вредности станций на угле и другом органическом топливе требуют уточнения. Если говорить о существующих — да, их выбросы вредны. Но в принципе очистить отходящие газы можно, хотя это увеличит стоимость энергии. Вот это и должно обсуждаться — сколько мы готовы платить и за что именно? В идеале политика, который выходит на трибуну без калькулятора, надо отправлять обратно, за парту.

Теперь насчет опасности. Вся историю токамака главной его физической (не технической) проблемой была устойчивость — плазменный шнур изгибался и расширялся. Подбором конфигурации магнитного поля устойчивость плазмы удалось увеличить настолько, что стала возможной техническая реализация. Но что произойдет, если все-таки реактор разрушится?

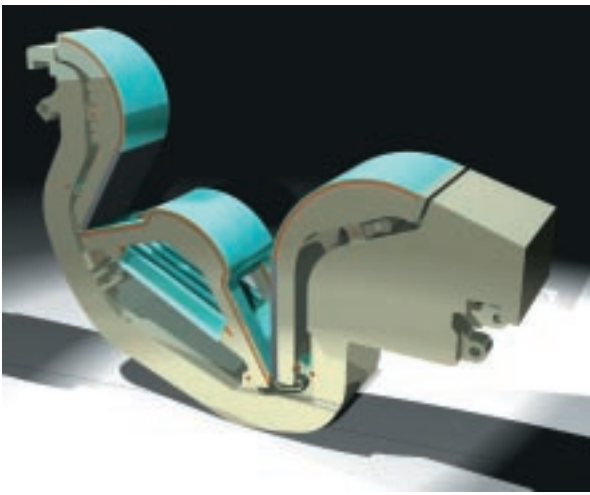
Ответ таков: если говорить о последствиях аварии с разрушением, токамак существенно менее опасен, чем

атомный реактор, и не намного более опасен, чем станция на угле. Во-первых, атомный реактор содержит в себе запас горючего на годы нормальной работы. Это большой плюс для подводной лодки и космического полета, да и рельсы меньше истираются — не надо топливо возить. Но это же создает принципиальную возможность крупной аварии. А в токамаке запаса нет. Во-вторых, поскольку при реакции синтеза выделяется больше энергии, то при сравнимой мощности сами количества веществ будут меньше — плазма в токамаке «весит» меньше ста граммов, а сколько весит активная зона реактора? И наконец, тритий имеет маленький период полураспада и сам по себе не ядовит. С тем, что булькает в атомном реакторе, можно не сравнивать.

В инженерном проекте ИТЭР приведен анализ аварийных ситуаций с оценкой возможных выбросов радиоактивности. Максимально возможный выброс не превосходит 50 г по тритию, 25 г по продуктам коррозии и 40–100 г по пыли, образующейся в плазменной камере. При аварии суммарные дозы облучения на границе площадки станции оказываются в 2–10 раз ниже допустимой для населения дозы, так что даже эвакуации не потребуются.

В заключение процитируем постановление Правительства РФ от 21 августа 2001 г. N 604 «Об утверждении федеральной целевой программы «Международный термоядерный реактор ИТЭР». Итак, «Российская Федерация не выходила с предложением о размещении строительства реактора ИТЭР на своей территории, поэтому какое-либо его влияние на состояние окружающей среды в нашей стране полностью исключено». Интересно — это у них такая психология или это просто популизм?





*Кассета
дивертора
на рисунке
и в цехе*

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

ITER сияет впереди



В то время как ведущие физики-термоядерщики обсуждают особенности поведения плазмы, способы укрощения той или иной моды колебаний ее шнура в реакторе, политики вступили в завершающую схватку за право построить в своей стране рукотворное Солнце. И игра, право же, стоит свеч: столь грандиозное строительство объекта, целиком представляющего собой образец новой технологии, дает огромный импульс развитию промышленности страны-хозяина.

История ITERa (Международного термоядерного экспериментального реактора) начинается в ноябре 1985 года, когда недавно избранный Генеральный секретарь ЦК КПСС М.С. Горбачев на переговорах в Женеве предложил президенту США Р. Рейгану, а потом и президенту Франции Ф. Миттерану начать совместные работы по созданию термоядерного реактора. В 1991–1992 годах это предложение наконец начало воплощаться в чертежах. По замыслу ученых и политиков ITER окажется первым термоядерным реактором, который выдаст больше энергии, чем потребит. Для этого планируется удерживать горячую плазму сначала хотя бы шесть секунд, а потом увеличить это время до четырехсот. В результате, потребляя только на разогрев плазмы 50 МВт мощности от соседней ядерной электростанции (а всего реактору для работы потребуется 120 МВт энергии, ITER станет выдавать 500 МВт. Сначала было четверо претендентов. После ожесточенной борьбы их осталось двое: Франция и Япония.

«В связи с оскудением природных ресурсов наступило время для того, чтобы принять все меры и обеспечить будущее поколения людей надежным источником энергии. Проект ITER — наша главная надежда обрести такой источник», — говорит Клод Энере, которая участвовала в одной из экспедиций на Международной космической станции, а ныне возглавляет Министерство исследований и новых технологий в правительстве Франции. «Мы считаем, что лучшее место для ITERa — окрестности прованского города Кадараш, — заяв-

ляет представитель французской Комиссии по атомной энергии Жан-Мишель Баттеро. — В Кадараше уже есть исследовательский центр, где с 1988 года работает сверхпроводящий токамак «Тора Супра». Там же расположен исследовательский ядерный реактор, поставляющий ему энергию. Кроме того, местные власти готовы вложить 450 миллионов евро в этот проект. А что касается мощных электростанций, которые нужны для нагрева плазмы, то их в нашей стране предостаточно».

«Экспериментальный реактор нужно строить, конечно же, в Японии, в местечке Рокассо на северном побережье Хонсю, — отвечает ему Тосихидэ Цунемэцу, директор департамента Японского института исследований в области атомной энергетики. — Японской промышленности уже неоднократно приходилось иметь дело с изготовлением огромных деталей на сверхточных станках. У нас имеется большой опыт в обращении с тритием и найдены надежные способы его транспортировки в рамках существующих договоренностей о нераспространении ядерного оружия. В целом же Рокассо — прекрасное место с мягким климатом, хорошими геологическими параметрами и мощным снабжением энергией от близлежащих ядерных электростанций. А отработанную воду контура охлаждения можно сбрасывать либо в расположенное рядом море, либо в озеро Такахоко. Даже если мы сбросим в море 3,5 ГВт тепла, температура воды вырастет не более чем на один градус, и это не повредит морским обитателям. Кроме того, по морю проще доставлять огромные конструкции реактора, а в Рокассо есть порт». — «У нас в Марселе тоже есть порт, а для доставки конструкций всего-то надо перестроить несколько мостов по дороге на Кадараш. Зато у нас, в Провансе, никогда не было замлетрясений, не то что на Хонсю», — парирует Баттеро.

Общий вклад России в проект ITER составляет 17%, а в строительство реактора мы хотим вложить 10% из полного бюджета

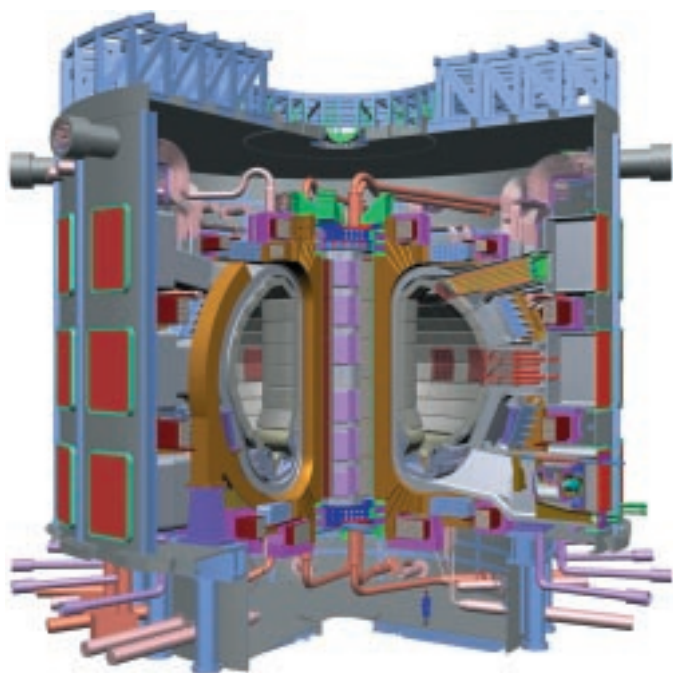


Схема ITER

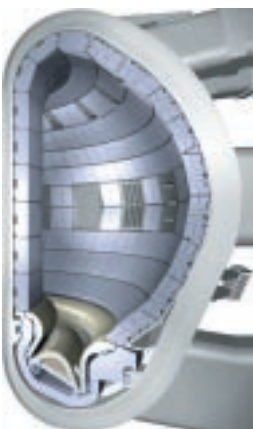


РЕСУРСЫ

та в 4,8 миллиарда евро. Это гораздо меньше, чем у европейцев или японцев. Однако нашим ученым есть что предложить в совместный проект. Например, технологии изготовления сверхпроводящих магнитов, без которых нельзя удержать плазму, или конструкция дивертора — системы, через которую полученная в результате термоядерной реакции энергия выводится из системы.

В числе отечественных приоритетов также оболочка для первой стенки реакционной камеры. Ее будут делать из самого легкого металла, бериллия, уникальные технологии обработки которого созданы нашими учеными за время выполнения космической и ядерной программ.

Как и положено токамаку, ITER состоит из канала, где циркулирует плазма, магнитов, создающих поле, и систем нагрева плазмы. К этому прилагаются вакуумные насосы, постоянно от-



Секция центрального канала на рисунке и в цехе



качивающие газы и материал, испаренный стенками канала, и система доставки новых порций топлива по мере его выгорания. Общий диаметр реактора — 30 метров. Самые тяжелые его части — блоки канала размером 12х8х8 метров и весом по 600 тонн, а также детали магнитов весом от 200 до 450 тонн каждая. Для охлаждения всех систем реактор должен потреблять 33 тысячи кубометров воды в день.

По замыслу ученых, в канал помещают разреженный газ, водород с добавками топлива — дейтерия и трития. Его нагревают, превращают в плазму, а затем начинают сжимать и нагревать дальше всеми доступными методами. Собственно, именно эффективность нагрева плазмы — самый большой вопрос управляемого термоядерного синтеза; чем выше температура, тем труднее идет нагрев. Когда температура и плотность плазмы достигнут критических значений, начинается реакция между дейтерием и тритием. В результате ее получаются фотоны, нейтроны и ядра гелия; их-то кинетическая энергия и представляет собой энергию термоядерной реакции. Первые из этих частиц летят во все стороны и нагревают внутреннюю стенку канала. Вторые, будучи тяжелыми, но не обладая электрическим зарядом, тоже легко покидают плазму и передают свою энергию главным образом дивертору. Тепло с нагретых стенок снимают с помощью воды и далее направляют на производство электрической энергии.

Казалось бы, внутреннюю стенку канала надо облицовывать тугоплавким вольфрамом, но его тяжелые атомы, попав в плазму даже в мизерном количестве, способны все испортить. Легкий графит, выдерживающий колоссальную температуру (плавится выше 4000°C) тоже не подходит — он слишком хрупок и способен внезапно растрескаться. Кроме того, углерод отлично реагирует с тритием, давая радиоактивные углеводороды. Как бы тот ни было, а облицовывать внутреннюю стенку решили пластинками из легчайшего конструкционного материала — бериллия, элемента таблицы Д.И.Менделеева с номером 4. После принятия такого решения материаловеды проекта приобрели дополнительную головную боль: мало того, что бериллий очень плохо поддается механической обработке, так еще и его испарения (а стенка канала из-за высокой температуры обязательно будет испаряться) чрезвычайно ядовиты. Пыль бериллия и его оксида приводит к страшной легочной болезни — бериллиозу. Чтобы избежать попадания этой пыли из реактора в окружающую среду придется строить сложную систему вентиляции. Кстати тритий, способный просочиться сквозь стенку и загрязнить воду в контуре охлаждения, тоже вызывает немалое беспокойство.

Гелий — тоже неприятный продукт реакции. Как известно каждому специалисту по ядерной энергетике, он вызывает радиационное распухание: быстрые альфа-частицы, влетев внутрь металла, превращаются в молекулы



Вид Кадараша –

Вид Рокассо –



благородного газа; рано или поздно это приводит к появлению пор и соответствующему увеличению размеров деталей.

Именно потому, что плазму сложно нагреть и еще труднее удержать в таком состоянии, приходится возводить столь циклопическое сооружение, как ITER. Еще в пятидесятых годах, когда академики И.Е.Тамм и А.Д.Сахаров предложили концепцию удержания «бублика» из горячей плазмы магнитным полем, были выполнены соответствующие расчеты, и оказалось, что для самоподдерживающейся термоядерной реакции дейтерия с тритием нужен «бублик» с внутренним диаметром не менее метра, а внешним — все три. Поэтому первые опыты, которые проводили на маленьком токамаке с диаметром в десятки сантиметров, позволяли лишь примериться к методам управления плазмой. Поэтому основные усилия сообщества физиков сосредоточились не на постепенном получении все более горячей плазмы, а на совершенствовании конструкции установки.

В самом деле, затраты энергии на разогрев плазмы огромны, особенно быстро они возрастают по мере увеличения температуры. Если бы реакцию удалось зажечь, то затраты удалось бы покрыть с лихвой. А бросать мегаватты энергии без всякой надежды вернуть их обратно физикам никто позволить не может, особенно в условиях рыночной экономики. Как рассказывают ученые из санкт-петербургского Физико-технического института им. Ф.А.Иоффе, где есть токамак оригинальной шаровой конструкции: «Когда мы ставим опыты на нем, то весь город остается без электричества, поэтому опыты мы ставим крайне редко». Возможно, ITER, у которого внутренний диаметр кольца плазмы превышает три метра, а внешний — пять, имеет шанс действительно десятикратно вернуть затраченную энергию и послужит хорошим прототипом рабочих реакторов будущего.



Мир УТС: дела и годы

В июле 1950 года в ЦК ВКП(б) поступило письмо от сержанта Олега Лаврентьева, служившего на Сахалине и не имевшего к тому времени даже законченного школьного образования. В письме содержалось описание двух идей: возможной схемы водородной бомбы и способа электростатического удержания горячей плазмы для осуществления реакции синтеза дейтерия и трития — тяжелых изотопов водорода с целью создания источника энергии. Академик А.Д.Сахаров, рецензировавший эти предложения, отметил оригинальность подхода и принципиальные трудности реализации идей. Однако главная заслуга О.А.Лаврентьева, ставшего впоследствии известным ученым, в том, что он первым в СССР обратил внимание на проблему удержания горячей плазмы для энергетического реактора на основе реакций синтеза. Анализ его предложения стимулировал А.Д.Сахарова и его учителя академика И.Е.Тамма, работавших в то время над созданием водородного оружия, на рассмотрение концепции магнитной термоизоляции и удержания плазмы в тороидальной геометрии. В мае 1951 года вышло постановление ЦК ВКП(б) и Совмина СССР об организации работ по управляемому термоядерному синтезу.

В 1954 году в Институте атомной энергии под руководством И.Н.Головина и Н.А.Явлинского был построен первый в мире токамак ТМП. Исследования по проблеме УТС проводились также в других странах. В США основной была установка стелларатор, предложенная Л.Спитцером, в Англии — тороидальный пинч со слабым магнитным полем. В Институте атомной энергии академик Г.И.Будкер, а в США Р.Пост предложили прямолинейную открытую магнитную ловушку с нарастающим к торцам магнитным полем для удержания плазмы в ее центральной области. Под руководством И.Н.Головина была сооружена первая крупная установка такого типа — «Огра».

Начальный этап российских и зарубежных работ характеризовался обилием идей и типов установок, причем разнообразие было связано и с творческой активностью физиков и инженеров, и с громадными трудностями реализации условий термоядерных реакций. Недостаточным оказался уровень знаний — потребовалось развить теорию горячей плазмы, удерживаемой магнитными полями. Постоянно выявлялись новые неустойчивости, приводящие к выбросу плазмы из ловушек, повышенному переносу как частиц, так и энергии на стенки камеры. Поиски новых решений позволили создать уникальные новые технологии и устройства, например плазменные ракетные двигатели и метод модификации поверхностных слоев материалов плазменными и ионными потоками.

В конце 50-х годов были сформулированы основные принципы магнитного удержания плазмы, создана теория равновесия и устойчивости плазменного шнура с током в магнитном поле, в 70-х годах бурное развитие получила физика нелинейных явлений, весьма распространенных в плазменных процессах. Наряду с теоретиками достигли успеха и экспериментаторы, в основном благодаря тому, что осознали важность процессов взаимодействия плазмы со стенкой камеры и снизили уровень поступающих примесей, а также поняли, насколько необходимо создание точной конфигурации магнитных полей.

К 1968 году при омическом нагреве плазмы на токамаке Т-3А температуры электронов и ионов достигли 20 млн. и 4 млн. градусов соответственно. В 1975 году в Институте атомной энергии им. И.В.Курчатова начал работать крупнейший в то время токамак Т-10. Расширение фронта исследований привело к открытию многих новых физических явлений и способов управления формой и положением плазменного шнура. Были найдены разнообразные режимы разрядов, предложены

новые технические усовершенствования, например дополнительный нагрев высокочастотными полями. В ИАЭ впервые в мире был построен токамак Т-7 со сверхпроводящей магнитной системой.

В 1978 году США, страны Европейского сообщества и Япония по инициативе СССР приступили к эскизному проектированию токамака-реактора ИНТОР, которое было завершено в середине 1982 года. В 1986 году М.С.Горбачев, Ф.Миттеран и Р.Рейган договорились приступить к проектированию Международного термоядерного экспериментального реактора (ITER). Работа шла в США, ФРГ, Японии и СССР (более двухсот организаций), в июле 2001 года проект ИТЭР был завершён.

В настоящее время коллективы РНЦ «Курчатовский институт», НИИ электрофизической аппаратуры и Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ) разрабатывают проект модернизации установки Т-15. Планируют отказаться от сверхпроводящей, дорогой в эксплуатации магнитной системы, ввести вытянутое сечение плазмы, дивертор, средства управления плазменным шнуром. Установка Т-15М моделирует ИТЭР в масштабе 0,25, что позволит совершенствовать диагностику и готовить российскую команду физиков и инженеров к работе на ИТЭРе.

Основной конкурент токамака — это стелларатор, представляющий собой тороидальную ловушку, в которой плазма удерживается магнитными полями сложной конфигурации. У стелларатора есть перспективы, хотя реактор на его принципе будет значительно больше токамака. Крупнейший стелларатор (LHD) построен в Японии, а сооружение еще большего (W7-X) будет завершено в 2011 году в Германии. Продолжаются исследования других типов ловушек — тороидальных ловушек с левитирующими витками, открытых ловушек, объединенных полуторами, открытых магнитных систем.

А теперь вернемся к лазеру. Не возьмет ли он реванш? Появление лазеров с большой мощностью и острой фокусировкой излучения открыло путь к нагреву термоядерной мишени. В 1964 году академики Н.Г.Басов и О.Н.Крохин опубликовали идею прямого нагрева сферической мишени лазерным излучением. Следующее существенное предложение высказал Э.Теллер в 1973 году. Он показал, что лазерное излучение, сконцентрированное на мишени, приводит к испарению ее внешнего слоя и сжатию под действием импульса отдачи. Анализ выявил сильное влияние неоднородности мощности облучения на развитие неустойчивостей при сжатии.

Энергия зажигания термоядерной мишени сильно зависит от характера облучения. Рассматриваются две схемы: прямое и не прямое облучение. В первом случае излучение лазера фокусируется на мишень, однако на практике трудно добиться необходимой (1%) однородности нагрева. При непрямом облучении энергия лазера поглощается промежуточной средой, драйвером, и возникающее излучение обеспечивает равномерное воздействие на мишень. Непрямое облучение требует в несколько раз большей энергии для поджига — плата за однородность. Серьезный технический недостаток лазерного реактора — низкая эффективность преобразования первичной электрической энергии в лазерное излучение.

В мире строятся три крупные лазерные установки, способные приблизиться к получению термоядерной вспышки. В США и Франции — это установки с энергией выходного импульса до 2 МДж, в России — установка «Искра-6» с энергией 0,3 МДж. Время предполагаемого ввода в строй этих лазеров — 2010 год. Вполне возможно, что наряду с демонстрацией вспышки они позволят проверить идеи быстрого поджига термоядерного горения в предварительно сжатой мишени с помощью дополнительного лазера с малой энергией, но ультракоротким импульсом 10^{-15} с. Успех этой схемы может привести к существенному снижению требований к величине энергии основного импульса.

Идея использования интенсивных пучков тяжелых ионов для поджига термоядерной мишени — пример взаимного проникновения различных областей физики. Современные ускорители, создававшиеся для исследований по ядерной физике и физике высоких энергий, эффективно и надежно работают в частотном (до 10 Гц) режиме. В будущем энергосодержание

пучков может быть доведено до нескольких мегаджоулей, а их высокое качество обещает хорошую фокусировку на мишени. Как и в лазерах, не исключен, но обещает быть крайне сложным в реализации режим прямого облучения мишени. Более реалистично не прямое облучение, при котором энергия пучка преобразуется в рентгеновское излучение в полости, содержащей мишень. Но достигнутые параметры пучков далеки от необходимых.

К концу 1960-х годов в СССР окончательно сложилась школа мощной импульсной техники, поэтому идея использования импульсных генераторов мощностью 10^{14} Вт для поджига термоядерной мишени была подкреплена эффективной научно-технической базой. В отличие от лазеров и ускорителей тяжелых ионов импульсные генераторы характеризуются простой технологией и высоким уровнем энергии на выходе. В то же время было неясно, как решить проблему передачи энергии на мишень и, что самое главное, как перейти от типичной длительности импульса 100 нс к требуемой 5 нс.

Первоначально в СССР и США развивалась идея концентрации энергии импульса с помощью релятивистских электронных пучков, но преодолеть трудности, связанные с фокусировкой излучения и сокращением длительности импульса, не удалось. В дальнейшем в США основным направлением стала генерация и транспортировка на мишень пучка легких ионов, а в СССР — ускорение лайнеров или Z-пинчей для последующего преобразования их энергии в мягкое рентгеновское излучение. Перед каждым из подходов стояли трудноразрешимые проблемы. В случае легких ионов требовалось сократить длительность импульса и обеспечить необходимую для фокусировки высокую яркость пучка, а в лайнерном варианте — сократить длительность импульса излучения и добиться эффективного поглощения его энергии в поверхностном слое мишени.

В СССР исследования начались на многомодульной установке «Ангара-5-1», построенной в 1984 году в филиале Института атомной энергии в Троицке. Предложенная В.П.Смирновым схема двухоболочечного лайнера, в которой ускоренная внешняя оболочка, соударяясь с внутренней, передает ей энергию, а внутренняя ее переизлучает на мишень, позволила в экспериментах 1989–1992 годов получить энергию импульса мягкого рентгеновского излучения 40 кДж за время 5 нс. Обладая более мощной установкой с током 20 МА, специалисты лаборатории Сандиа (США) достигли энергии излучения 2 МДж при длительности импульса излучения 5–6 нс, что может обеспечить поджиг термоядерной мишени.

По-видимому, лабораторная демонстрация поджига мишени может быть осуществлена в течение 10 лет, но гораздо сложнее разработка термоядерной электрической станции с инерционным удержанием. При энергии драйвера для поджига 5 МДж, коэффициенте усиления поджига термоядерной мишени 100 для достижения тепловой мощности 2ГВт в вакуумной камере нужно повторять два раза в секунду взрывы, эквивалентные 100 кг взрывчатки. В лазерном или тяжелоионном вариантах драйвера точность фокусировки должна достигать 10 мкм, а для Z-пинчевого драйвера надо два раза в секунду менять токонесящие электроды. Инженерные проблемы таких схем очень сложны.

Экономику будущей термоядерной энергетической станции сегодня, когда еще не реализован ИТЭР, оценить непросто, но доступность топлива для термоядерной электростанции — важный фактор для большинства стран мира. Равнораспределенность топлива смягчит многие мировые конфликты, возникающие из-за крайне неоднородного распределения на земном шаре природных запасов нефти, газа и даже угля. Отметим также, что в последнее время активно рассматриваются варианты двухцелевых термоядерных электростанций, включающих параллельно с выработкой электроэнергии выжигание долгоживущих радиоактивных отходов атомной энергетики, опреснение соленых вод, производство синтетического топлива, в том числе водорода из воды.

Что такое термояд: красивая и увлекательная наука или в первую очередь путь к новой энергетике? Ответ на этот вопрос дадут итоги работы ИТЭРа.

По материалам статьи В.П.Смирнова в «Вестнике РАН», 2003, № 4.

Доктор физико-математических наук
Л.И.Лобковский,
доктор географических наук
Д.Я.Фащук

Великие ВОЛНЫ

Цунами внутренних морей

«Страшный удар потряс землю. Берег раскололся, и взбешенное море поглотило город». Это несчастье случилось отнюдь не на побережье Камчатки, Курил или Суматры — цитата взята из древней колхидской легенды и повествует о катастрофе, произошедшей, как предполагают ученые, в 20 году до н.э. на побережье Черного моря в районе современного Сухуми. Тогда в Сухумскую бухту после девятибалльного землетрясения погрузился античный город Диоскурия. Действительно, волны, вызываемые подводными землетрясениями, вулканическими извержениями или оползнями, случаются не только в океанах, но и в менее крупных водоемах — морях. Единственное отличие: морские цунами не такие большие, как океанические и число их жертв не исчисляется сотнями тысяч человек.

Землетрясения в земной коре под дном Черного моря происходят на глубинах 5–35 км. Их эпицентры обычно приурочены к границам раздела тектонических структур — прогибов, платформ, впадин, возникших здесь в период бурной тектонической и вулканической деятельности на заре формирования геологического лика Земли.

Специалисты по истории катастроф установили, что в Черном море за последние 2000 лет отмечено 26 сильных цунами, большая часть которых была связана с землетрясениями. Из них 22 установлены по данным археологов и историков, а 4 зафиксированы приборами. Так, в житии св. Климента сообщается о том, что в Крыму в 109 году н. э., во время землетрясения, море в Севастопольской бухте не раз отступало на 3–4 км! Такое возможно только при повышении его уровня на несколько метров. Эту информацию подтверждают и множество археологических данных I–II веков н. э., свидетельствующих о внезапном разрушении в Юго-Западном Крыму многих поселений.

Византиец Феофан свидетельствует о том, как в 544 году при очень силь-

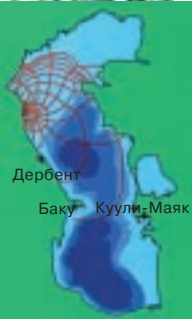
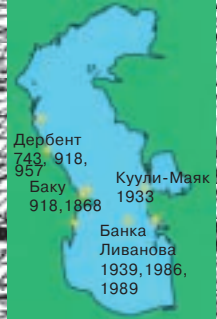


ном землетрясении на побережье Болгарии «море вышло из своих пределов на три мили (6 км) во Фракии, уничтожило много сел и усадеб, погубило бесчисленно людей и затем ушло обратно».

Из фольклорных данных следует, что в XV веке у южных берегов Крыма также случилось землетрясение силой до 9 баллов, поскольку описанные разрушения побережья и смыв деревень могла совершить волна высотой не менее 3–4 метров. У берегов Юго-Западного Крыма в Азове в середине XVII века случилось землетрясение после которого, несмотря на мелководность моря — всего-то 11–13 метров, сообщалось о «разлитии Азовского моря и его временном соединении с Сивашом на западном побережье».

«Послышался сильный отдаленный гул, как бы от десятка пушечных выстрелов, за которым последовало волнообразное колебание почвы. Наконец, каменные дома, построенные на каменистой почве, дали трещины. Мебель,

посуда и другие предметы были сдвинуты с места. На море образовались такие большие волны, что подбросило пароход. Ощущалось пять толчков». Это сообщение, пришедшее с Кавказского побережья Черного моря (Анапа), датируется 4 октября 1905 года, когда случилось первое в новой истории черноморских катастроф шестибалльное землетрясение, породившее волну цунами. Второе сильное (6–7 баллов) землетрясение случилось там же в Анапе 21 октября 1905 года. После этого, с 1911 года, в восточной части Черного моря начались регулярные наблюдения за цунами. Ждать пришлось 60 лет: 12 июля 1966 года в Анапе зарегистрировали третье в восточной части Черного моря сильное (5,5 баллов) землетрясение — генератор цунами. Отметим, что высота волны в 1966 году не превышала 0,53 метра, поэтому фиксировалась она только по данным приборов (мареографов) и, естественно, никаких разрушений на побережье не вызвала.



В Среднем Каспии очаги землетрясений располагаются, как и в Черном море, на глубинах до 80 км при средней глубине 10–15 км. В Южно-Каспийской впадине, где много подводных грязевых вулканов, причиной цунами могут быть их извержения. Подводные оползни тоже могут вызывать цунами на Каспии. 9 мая 1933 года, например, на восточном побережье Каспия в 40 км к северо-западу от Красноводска без видимой причины уровень моря поднялся на 1,35 м — в море были смыты все плавсредства. Сведений о землетрясениях в это время нет

☀ — цунамигенные землетрясения

0–50 м 50–100 м 100–150 м более 500 м



Рефракционные карты волн для цунами после Ялтинского (1927) землетрясения. Числа на изолиниях — время распространения волновых фронтов в минутах

ми прибрежного горного хребта Динарид Балканского полуострова относительно дна Адриатического моря.

Сражение каменных гигантов

Толща морских вод хранит множество сюрпризов, однако не меньше их скрыто и под чашей океанов и морей. Дело в том, что нижняя граница земной коры залегает под континентами в среднем на глубине 35 км, иногда погружаясь в недра планеты до 50–60 км, а под океанами средняя толщина земной коры оказалась в пять с лишним раз меньше — 6,6 км. Самая «старая» океаническая земная кора имеет возраст всего 200 млн. лет, в то же время большая часть ее континентального аналога в пять раз старше, а многие породы, слагающие континенты, — в 10–15: им по 2–3 млрд. лет. Наконец, горы суши сложены из древнейшего материала на Земле: его возраст около 4,6 млрд. лет!

Несовпадение сроков образования океанической и материковой земной коры, а также их различная структура долгое время не давали покоя исследователям. Наконец в 1912 году на собрании Геологического общества во Франкфурте-на-Майне метеоролог Альфред Лотар Вегенер выдвинул гипотезу, по которой океаны представлялись огромными полыньями, образовавшимися после расползания частей суши — осколков некогда единого материкового массива Пангеи. В дальнейшем направление исследования эволюции океанических бассейнов, заложенное А.Вегенером, стали называть «мобилизмом».

В основе этой гипотезы лежало визуальное сходство очертаний западного (американского) и восточного (европейского и африканского) берегов Атлантического океана, сходство их геологического строения, а также

Цунами Средиземного моря

Впрочем, самая большая статистика накоплена в Средиземном море (все-таки колыбель европейской цивилизации), а систематический сбор сведений о цунами начал еще император Константин. Фрагментарные данные за последующие почти 1800 лет свидетельствуют о том, что за это время случилось около 300 цунами и сходных с ними явлений. Первый случай имел место в Мраморном море и относится к 344 году. Как оказалось, чаще всего — раз в 10 лет цунами случаются в Эгейском море, на побережье Западной Греции, и в районе Сицилии в зоне Калабрийской островной дуги. На побережьях Северной и Восточной Греции, Малой Азии, Албании, Далмации, в Лигурийском море, в зоне Эллинской островной дуги и у Кипра цунами отмечались раз в 20–25 лет. Один раз в 50 лет аномальные подъемы уровня моря зафиксированы в Тирренском

море (Восточная и Западная Италия) и на побережье Африки. Реже всего — раз в 100 лет — цунами случалось в Мраморном море, на побережье стран Ближнего Востока и Испании.

Из всех 300 событий 79% цунами были вызваны землетрясениями, по 2% связаны с вулканическими извержениями и обвалами, а в 17% случаев природа цунами не была установлена. В 95% случаев эпицентры землетрясений греческих цунами (75 событий) располагались на глубинах 10–15 км под дном моря. В остальных случаях их глубина была 70 км. Сила порождающих цунами землетрясений в бассейне Средиземного моря обычно составляет 6,5 баллов.

Тектонические механизмы средиземноморских землетрясений у западного побережья Греции состоят в движении дна Ионического моря под материк. На северо-западе вдоль побережья Адриатического моря вертикальные движения плит литосферы сменяются горизонтальными сдвига-

Художник Н. Краштин



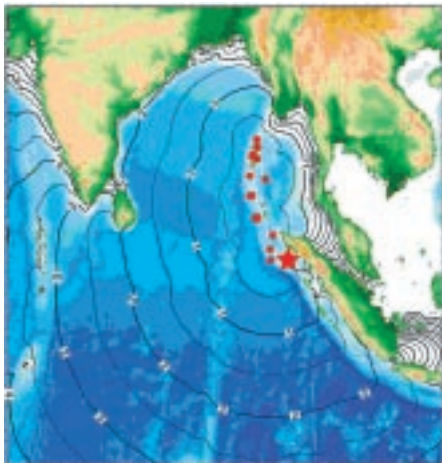
ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

общность развития домезозойской (более 280 млн. лет назад) фауны и флоры Америки и Старого Света.

Материковые глыбы, оставшиеся от Пангеи, по первоначальному мнению А.Вегенера, передвигались под действием сил вращения Земли и приливных сил. Но геофизические расчеты показали, что энергии для дрейфа будущих континентов явно не хватает. Поэтому была предложена новая гипотеза, согласно которой движение материков вызвано тепловой конвекцией (подъемом нагретого вещества) из недр Земли. В 1928 году английский геолог Артур Холмс предположил, что это происходит в зоне рифта — оси срединно-океанических хребтов. Цепь таких возвышенностей растянута по дну всех океанов планеты.

В 60–70-е годы XX века это предположение получило развитие в виде гипотезы «новой глобальной тектоники», согласно которой именно в рифтовых зонах постоянно образуется океаническая кора. По мере извержения из недр новых порций раскаленной магмы ранее поступивший материал перемещается в стороны от рифтовой зоны. Скорость такого расширения параллельно земной поверхности составляет от 2 до 16 см в год. Этого оказывается достаточно для создания дна, например, Тихого океана за 200, а Атлантического — за 80 млн. лет, что совпадает с предполагаемым возрастом этих океанов. Достигнув подводной окраины материков, в области глубоководных желобов, уже остывшая «старая» земная кора погружается под плиту континента и смешивается в недрах Земли с раскаленным веществом мантии. Таким образом, границами движущихся плит с одной стороны служат срединно-океанические хребты с активной вулканической деятельностью, а с другой — глубоководные желоба, совпадающие с поясами землетрясений (Япония, Курильские, Анtilьские и Марианские острова, ар-

26 декабря 2004 года эпицентр землетрясения в Индийском океане протянулся на 1000 км. Числа — время распространения фронта волны в часах



хипелаг Тонга, юг Индонезии, Карибское море и многие другие).

Сегодня из множества гипотез, объясняющих механизм формирования океанических бассейнов, гипотеза расширения дна океанов лучше других объясняет многие геологические явления на поверхности Земли. Впрочем, по мнению ее противников, она далека от совершенства.

Последний ужас океана

«Иной раз, когда стены и крыши уже падали в пыли и пламени, посреди крика и тишины, когда все казалось уже навсегда успокоенным в смерти, выходила из Моря, как последний ужас, Великая Волна, гигантская рука моря, которая, грозно надвигаясь, подымалась вверх, как башня мести, смывая жизнь во всю ширину своего пути». Так Пабло Неруда описывает в своем очерке «Скитаясь по Вальпараисо» одну из величайших катастроф XX века, произошедшую во время землетрясения 22 мая 1960 года в Чили.

Сведения о встречах человека с волнами-убийцами уходят корнями в глубокую древность. При археологических раскопках поселка Ра-Шамра в Сирии были обнаружены глиняные таблички XV века до н. э. (то есть времени взрыва вулкана Санторин в Восточном Средиземноморье) с клинописным рассказом о том, как «неожиданной волной невиданной высоты» была уничтожена столица государства Угарит. В Центральной и Южной Японии сохранились записи о цунами с VII века, в Центральной и Южной Америке и на Филиппинах — со времени завоевания этих территорий испанцами (XVI век), в Индонезии — после прихода сюда голландцев (XVII век). Из других районов океана (по побережью США, Гавайские острова, Новая Гвинея, Новая Зеландия, Канада) сведения о цунами стали поступать с середины XIX века.

После открытия, исследования и присоединения к России Камчатки, Курильских и Алеутских островов стали известны факты и последствия цунами и в этих краях. Вот как описал через восемь дней после катастрофы (14 октября 1737 года) волну, обрушившуюся на побережье Камчатки и северную часть Курильских островов, их первый исследователь С.П.Крашенинников: «Через пришедших с Курил... людей известился я, что великое трясение земли было... а потом как перестало трясение, то воды вдруг с моря с великим

шумом сажени на три прибыло, которая тотчас в море ушла. Спустя с четверть часа в третий раз воды моря с превеликим шумом сажени на десять выше прежних мест прибыло, которую многие иноземческие жилища унесло».

Свидетелем сильнейшего алеутского землетрясения в июле 1788 года оказался доверенный человек купца Андреяна Толстого — одного из первооткрывателей Алеутских островов и основателя Российско-Американской



компании. Вот выдержка из его сообщения начальству: «Было землетрясение великое, и думали, скоро ли земля провалится. Нельзя было на ногах устоять. И не успели после трясения в чувство прийти, как с моря сделалось наводнение... всяк человек искал место, чтобы спасти свою жизнь. Снесло барабору с оставшимся товаром и прочее мелкое строение с палисадом. На огороде Вашем землю с овощами всю снесло, а на то место нанесло дресвы и землю ямами вырыло. Возвышение воды было почти до половины Вашей горницы окошек. С великою быстринной только вода недолго была: больших волн было две, а прочие поменее...»

Наконец, очевидец цунами 1952 года, разрушившего город Северо-Курильск на острове Парамушир, сообщал: «Через 40 мин после прекращения землетрясения послышался грохот со стороны океана и на город обрушился водяной вал, двигавшийся с большой скоростью... Через 15–20 мин на город (Северо-Курильск) снова надвинулась водяная стена, достигавшая 10-метровой высоты. Она практически смыла все на своем пути, оставляя от строений в лучшем случае бетонные фундаменты. Из земли были вывернуты и разбросаны по сторонам старые доты, в порту опрокинут экскаватор, а находившиеся там катера заброшены на сотни метров на берег. Отразившись от окружающих город сопков, волна стала скатываться в низину, где ранее на-

ходился центр города. Здесь образовался огромный водоворот, в котором с большой скоростью вращались всевозможные обломки строений и мелкие суда. Через несколько минут после этой, наиболее сильной волны на опустошенное побережье нахлынула сравнительно слабая третья волна...»

Последствия большой волны 2004 года на побережье Андаманских островов



Генераторы цунами

Очаги сильных подводных землетрясений располагаются в так называемых районах субдукции — на участках дна Мирового океана, где, согласно теории тектоники плит, одна литосферная плита движется под другую. Такие зоны охватывают кольцом Тихий океан, проходя по Алеуто-Аляскинской, Курило-Камчатской, Японской и другим островным дугам. Далее пояс распространяется на западные и юго-западные границы океана, тянется вдоль побережий Южной и Центральной Америки. Тихоокеанское кольцо очагов сильных землетрясений (они же источники цунами) ответвляется в Индийский океан вдоль побережья Индонезии и в Атлантический — у островов Карибского моря.

Из каждых 100 сильных землетрясений, случающихся, например, в Тихом океане, только одно порождает цунами. Период великих волн составляет от 2 до 40 минут, а на средней для океана глубине 4 км их скорость может достигать 700 км/час! Заметить или почувствовать цунами в открытом море практически невозможно, поскольку здесь их высота составляет около одного метра, а длина — от нескольких десятков до сотен километров. Так, при катастрофическом цунами 3 марта 1933 года, обрушившемся на побережье Санрику (Япония), длина волны (то есть расстояние между ее гребнями) составляла около 20 км, а при землетрясении в Чили в 1960 году возникли

волны длиной 300–400 км. Кроме того, с удалением от центра зарождения периоды волн возрастают. При алеутском землетрясении 1 апреля 1946 года, например, у первых волн, поразивших канадский город Викторию, период был 9 минут, а когда эти волны достигли чилийского Вальпараисо, расположенного на расстоянии около 9000 км от Канады, он увеличился до 18 минут.

Над подводными хребтами и по мере приближения к берегу высота волн цунами возрастает. Особенно интенсивно она увеличивается при их вхождении в суживающиеся бухты треугольной или воронкообразной формы. В результате на побережье могут обрушиваться горы воды высотой 10–15 метров с отдельными заплесками до 30–50 м. Последствия таких сюрпризов ужасны.

Из 400 вулканов, действующих на нашей планете, 330 расположены в бассейне Тихого океана. Неудивительно, что 80% сильнейших землетрясений в мире происходят именно в этой зоне. За последнее тысячелетие Тихоокеанское побережье цунами поражали около 1000 раз. До недавнего времени считалось, что акватория Атлантического и Индийского океанов везло больше — волны-убийцы здесь возникали всего несколько десятков раз. Но 26 декабря 2004 года эта статистика была нарушена.

В 3 часа 58 минут по московскому времени в результате столкновения Индийской, Бирманской и Австралийской литосферных плит произошло самое крупное в истории Индийского океана подводное землетрясение. Его сила составила 9 баллов по шкале Рихтера, мощность — $2 \cdot 10^{25}$ эрг, что соответствует десятку водородных бомб по 10 Мт каждая и на четыре порядка превышает мощность трагически знаменитого спитакского землетрясения в Армении 7 декабря 1988 года. Скорость Индийской плиты, двигающейся в северо-восточном направлении и погружающейся под Бирманскую, составляет 6,5 см/год. Напряжения в зоне взаимодействия плит, по мнению ученых, накапливались уже сотни лет. В день землетрясения наблюдался максимальный прилив и (в полном соответствии с наблюдением ученых из НИИ ядерной физики МГУ им.М.В.Ломоносова, см. «Химию и жизнь», 2001, №2. — Примеч. ред.) было полнолуние.

Очаг катастрофы располагался на глубине около 20 км под дном океана и протянулся вдоль побережья Суматры на 1000 км! Столь огромный очаг возник из-



ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

за крайне редкого стечения обстоятельств. Обычно нависающая плита — островная дуга или окраина континента — состоит из блоков протяженностью до 100 км; их границы — поперечные к берегу разломы. При типичном подводном землетрясении с поверхности контакта плит срывается только один блок. Но иногда, например при косом надвиге плит, отдельный блок задевает соседние блоки и по принципу домино развивается каскад аналогичных срывов вдоль кромки нависающей плиты. Именно по этой причине процесс вспарывания поверхности между литосферными плитами 26 декабря 2004 года длился 8 (!) минут в отличие от обычной минуты.

Вертикальный сдвиг пластов земной коры в эпицентре землетрясения на протяжении более 1000 км составил 8–10 м. После окончания подвижки на всем пространстве очага сейсмические станции России зафиксировали 40 афтершоков (более мелких землетрясений силой до 4 баллов). Аналогичные службы США насчитали их 85, а служба слежения за ядерными испытаниями, расположенная в Вене, — 678 (!).

В результате землетрясения в океане образовалось гигантское цунами. Его высота в открытом океане составила 0,8 м, в прибрежной зоне 15 м, а в зоне заплеска — 30 м. Скорость волны в открытом океане достигла 720 км/ч, снизившись по мере торможения в прибрежной зоне до 36 км/час. Через 15 минут после первого толчка волна достигла и смела северную оконечность Суматры. Через полтора часа она обрушилась на побережье Таиланда, через два часа достигла Шри-Ланки и Индии, за восемь часов прошла Индийский океан, а за сутки — впервые в истории наблюдения волн цунами! — обогнула весь Мировой океан. Даже на тихоокеанском побережье Мексики ее высота составила 2,5 м. Рождественская волна 2004 года унесла жизни около 300 тыс. человек.

Что читать о цунами

- Доценко С.Ф., «Известия РАН., Физика атмосферы и океана», 1994, т.30, № 4, с.513–519
 - Соловьев С.Л., «Природа», 1981, № 5, с.54–67
 - Соловьева О.Н., Доценко С.Ф., Кузин И.П., Левин Б.В., «Океанология», 2004, т.44, № 5, с.679–685
- Рисунки взяты из этих источников

Цунами как солитон

АРХИВ



Солитоны, уединенные волны, способные двигаться, не теряя при этом своей энергии, то есть бесконечно долго (если не принимать во внимание трение), — удивительнейшее явление природы. Как пишет А.Т.Филиппов в своей книге «Многоликий солитон», вышедшей в библиотечке «Кванта» в 1985 году (которой мы и воспользуемся для последующего рассказа), люди испокон века встречались с солитонами, однако первым на такие волны обратил внимание и, главное, предложил их теоретическое описание Джон Скотт Расселл, изобретатель парового экипажа и основатель Шотландской компании паровых экипажей. В 1834 году, когда эта компания разорилась, ученому предложили исследовать возможность навигации паровых судов по каналу между Глазго и Эдинбургом. Наблюдая за движением барж, он обнаружил новое явление и рассказал о нем в «Докладе о волнах».

«Я следил за движением баржи, которую быстро тянула по узкому каналу пара лошадей, когда баржа неожиданно остановилась; но масса воды, которую баржа привела в движение, не остановилась. Вместо этого она собралась около носа судна в состоянии бешеного движения, затем неожиданно оставила его позади, катясь вперед с огромной скоростью и принимая форму большого одиночного возвышения, то есть округлого, гладкого и четко выраженного водяного холма, который продолжал свой путь вдоль канала, насколько не меняя своей формы и не снижая скорости. Я последовал за ним верхом, и, когда я нагнал его, он по-прежнему катился вперед со скоростью приблизительно восемь или девять миль в час, сохранив свой первоначальный профиль возвышения

длиной около тридцати футов и высотой от фута до фута с половиной. Его высота постепенно уменьшалась, и после одной или двух миль погони я потерял его в изгибах каналов. Так в августе 1834 года мне впервые довелось столкнуться с необычным и красивым явлением, которое я назвал волной трансляции».

Рассел установил следующие основные свойства уединенной волны. Во-первых, ее форма постоянна. Во-вторых, скорость зависит от глубины канала h , высоты волны y_0 и ни от чего более. А ведь еще Ньютон писал, что скорость распространения волны зависит от ее длины, что приводит к явлению дисперсии. Рассуждение тут такое: частицы воды качаются в вертикальном направлении, и за время одного качания вершина волны сместится на расстояние, равное ее длине. Значит, скорость движения — длина волны, деленная на период, или $v = \delta g l_p / 2\pi$, где g — ускорение свободного падения. На мелкой воде, когда длина волны сравнима с глубиной (а у цунами, вспомним, длина волны исчисляется километрами, и, стало быть, для нее весь океан — мелкий), действует другая формула, которая как раз и позволяет рассчитать скорость солитона: $v = \delta gh$ (на самом деле правильная формула $v = \delta gh(1 + y_0/2h)$, просто, когда высота волны много меньше глубины водоема, множитель в скобках становится почти равным единице). Как нетрудно посчитать, в океане, где глубина превышает километр, а высота цунами не больше метра, скорость такой волны окажется огромной, за сто метров в секунду, а вблизи берега, на мелководье, она резко снизится. В-третьих же, если исходная волна получилась слишком большой, она распадется на два или три солитона. Освободившись от

лишнего вещества, волна оставит его позади и сформирует еще одну уединенную волну, которая будет следовать за первой с меньшей скоростью.

В основе странного поведения солитона (способность сохранять форму и двигаться на очень большие расстояния) лежит борьба двух противоположенностей: дисперсии и нелинейности. Суть этих явлений такова. Из курса математического анализа известно, что любую функцию можно разложить в ряд Фурье, то есть представить в виде суммы синусоид с разными длинами волны. Точно так же можно поступить и с холмом, который возник на водной глади в результате подводного землетрясения. Так вот, в соответствии с законом дисперсии, каждая из этих синусоид будет бежать со своей скоростью, и холм-волна должен размываться. Однако из-за нелинейности вершина волны стремится двигаться быстрее ее основания и разница скоростей тем больше, чем выше волна (по отношению к глубине водоема). Собственно, именно из-за нелинейности волны и опрокидываются на берег: глубина падает и вершина волны все быстрее и быстрее летит вперед, обгоняя свое основание.

Если же волна будет из-за нелинейности падать с той же скоростью, с какой ее размывает дисперсия, то один фактор уравновесит другой и получится солитон, способный бежать бесконечно далеко,

сохраняя при этом всю гигантскую энергию, которую вбросил в морскую воду подземный удар стихии. Это условие можно выразить математически, связав воедино двумя выражениями глубину водоема и его и ее ширину L : во-первых, существование солитона обеспечивает равенство $y_0 L^2/h^3 = 4/3$, а во-вторых, сохранение его энергии требует, чтобы $y_0 L = \text{const}$ (этот параметр для цунами исчисляется в десятках тысяч кубометров). Подставив одно выражение в другое, нетрудно заметить, что высота цунами должна быть обратно пропорциональна глубине, а ширина — прямо пропорциональна квадрату глубины, причем эти соотношения работают, когда кубический корень из $y_0^2 L$ примерно равен глубине. Переводя с математического языка на русский, получаем, что на мелководье, когда глубина начинает измеряться не километрами, а десятками метров, уединенная волна становится заметно выше и уже. То есть вся огромная масса воды, растянутая на километры, в непосредственной близости от берега внезапно начинает собираться в узкую водяную стену. Ну а дальше нелинейность берет свое, все соотношения нарушаются, и эта стена опрокидывается, заливая сушу на целые километры, о чем и рассказано в предыдущей статье.



Популяризация науки: как это делают в Великобритании

 BRITISH COUNCIL
Russia

АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

Что поражает в книжных магазинах Великобритании, так это бесконечные полки с научно-популярными книгами. Ничего подобного сегодня в России, к сожалению, не увидишь. Мы не будем рассуждать о том, как плохо, что зарубежная научно-популярная литература переводится на русский язык мало и не всегда качественно, но попытаемся хотя бы отчасти восполнить этот пробел.

Благодаря Британскому совету редакция смогла познакомиться с последними новинками английского книжного рынка. Теперь мы будем знакомить с ними читателей «Химии и жизни» в нашей новой рубрике «Английский клуб». Рубрику открывает глава из книги баронессы Сьюзен Гринфилд «Люди Завтра» — о том, как бурное развитие технологий изменяет природу человека.

Сьюзен Гринфилд — известный нейрофизиолог, профессор фармакологии Оксфордского университета и почетный профессор 26 различных университетов Великобритании, Австралии и Израиля. Баронесса Гринфилд — это женщина, о которой говорят, она часто появляется в списках самых значительных женщин Великобритании. Она — первая женщина-директор Королевского института Великобритании, который занимается популяризацией науки среди широкой публики. Баронесса часто выступает с научно-популярными лекциями, а также в качестве научного эксперта — на радио и телевидении. Сьюзен — автор популярной серии передач «История мозга» на Би-би-си. В 1998 году Сьюзен Гринфилд была награждена медалью Майкла Фарадея Королевского общества Великобритании за значительный вклад в популяризацию науки.

В конце апреля Сьюзен побывала в Красноярске, где устроила ланч с молодыми учеными Уральского отделения РАН, встретила с академиком В.Н.Большаковым, возглавляющим УрО РАН, посетила Институт иммунологии и физиологии и провела научное кафе о «Людах Завтра». А в Екатеринбурге Сьюзен Гринфилд с блеском прочитала лекцию на ту же тему, которая была организована Британским советом в рамках проекта «Публичные лекции в регионах России». Концертный зал Государственной филармонии на 750 мест не мог вместить всех желающих. Надеемся, что и вам, уважаемые читатели, знакомство с творчеством Сьюзен Гринфилд доставит удовольствие.



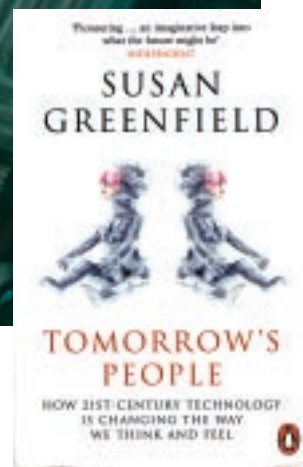
Образование: чему нам придется учиться?

Огромные изменения в нашем образе жизни, которые могли бы стать нормой лишь через многие десятилетия, поднимают фундаментальные вопросы о цели образования и самое главное — о том, каким будет человеческий разум.

Плотность межнейронных связей (синапсов) в мозгу новорожденного куда выше, чем у взрослого. Невропатологи выяснили, что синапсы внешнего слоя мозга (кортекса) в участках, отвечающих за зрение, достигают пика к 10 месяцам. Затем их плотность плавно уменьшается и стабилизируется к 10 годам жизни. Однако в другом участке, префронтальной коре, формирование связей (синаптогенез) начинается заметно позже, и сокращение их числа стартует в подростковом возрасте и завершается к 18 годам.

Первые несколько лет жизни наиболее важны для приобретения способностей и умений. Напрашивается вывод, что изменения в числе синапсов связаны с появлением новых навыков. Но вот в чем проблема: мы теперь знаем, что эти навыки совершенствуются даже после того, как плотность связей между нейронами сокращается до уровня, характерного для взрослых. Так что же на самом деле происходит, когда информация получает доступ к нашим нейронам? Важно не просто число, а рисунок, паттерн связей. Природа обеспечивает избыток синапсов в первые годы жизни, их число растет вместе с мозгом; этих связей более чем достаточно, чтобы проложить надежные тракты по территориям мозга. Затем начинается «работа скульптора» (заштампованный, но правильный образ), исчезают избыточные контакты — и как статуя возникает из каменной глыбы, так уникальный человеческий мозг обретает структуру. Но в отличие от каменной статуи индивидуальный рисунок связей в нашем мозгу остается весьма подвижным. По мере того как вы проживаете мгновение за мгновением, каждое новое событие акцентирует или сглажи-

Глава из книги «Tomorrow's People. How 21st-century technology is changing the way we think and feel». Публикуется в сокращении.



вает некую деталь картины, находящейся у вас в голове.

В 1981 году специалисты по зрению Дэвид Хьюбел и Торстен Визель получили Нобелевскую премию за потрясающее открытие: у развивающегося мозга есть особые окна времени, критические моменты, когда идет крупномасштабная прокладка «проводки» в мозгу. Впечатляющий пример — история шестилетнего мальчика: ребенок был слеп на один глаз, хотя сам глаз был в полном порядке. После долгой беседы с родителями выяснилось, что еще до года у их сына была значительная глазная инфекция. Глаз закрыли повязкой на несколько недель — на то самое время, когда устанавливается контакт между глазом и мозгом. Из-за этого в мозгу на месте правильных связей оказалась «ничейная территория» и, когда повязку сняли, абсолютно исправный орган не функционировал: ребенок остался слепым на этот глаз до конца жизни. (Обычно тем не менее окна времени не бывают настолько жесткими. Су-

ществует естественный эквивалент вышеописанной ситуации: иногда младенцы рождаются с катарактой. Хирургическое вмешательство возвращает им зрение.)

Понятие о периодах, ключевых для формирования основных функций мозга, дало некоторым методистам повод для спекуляций об аналогичных «благоприятных временных окнах», в которые формируются более сложные функции, например способность к чтению или счету. Так это или нет, узнать непросто: слишком много различных факторов вносят свой вклад в обучение, слишком различаются люди. Более того, весьма вероятно, что в различном возрасте мы учимся по-разному. Маленький ребенок впитывает информацию, не отвергая ничего. Однако по мере того как мы становимся старше, поступающую информацию оценивает все менее восприимчивый, зрелый мозг.

Проверки и взвешивания, формирующие индивидуальный ум, берут начало в связях между клетками мозга. Как правило, эти связи сходятся в особую зону клетки-мишени, которая называется дендрит (от греческого «дерево»). Дендриты действительно похожи на ветви деревьев, и чем мощнее они ветвятся, тем активнее клетка может воспринимать сигналы от других нейронов. Материальная основа развития мозга — не увеличение числа самих нейронов, но в первую очередь процесс пролиферации дендритов.

Классические эксперименты на крысах показали, что постнатальное окружение оказывает огромное влияние на этот процесс. Ученые сравнили воздействие «обогащенного» окружения, жилища для крысят, оборудованного игрушками, лесенками, колесами для бегания и прочим, — и обычного обиталища лабораторной крысы, теплой клетки, где, кроме кормушки и поилки, нет практически ничего. Изучение мозга крыс подтвердило, что нейроны у обитателей обогащенной среды ветвятся сильнее. Тем не менее нейробиологи по сей день считают «нормальными» животными именно обитателей клеток...

Прорастание и отмирание дендритов продолжается и во взрослой жизни. Когда человек или объект повторно встречается в ваших впечатлениях, вокруг него растет число ассоциаций — благодаря растущим дендритам; его важность для вас растет, он «значит» больше. Индивидуализация мозга усиливается по мере того, как создаются новые «проводящие контуры». Это выковывание новых ассоциаций и есть основа обучения.

Несколько лет назад было установлено, что определенный участок мозга лондонских таксистов физически больше, чем у людей других профессий в том же возрасте (это исследование получило Игнобелевскую премию, см. «Химия и жизнь», 2005, № 12. — *Примеч.ред.*). Поскольку данный участок (гиппокамп) отвечает за память, а памяти лондонских таксистов можно позавидовать — ведь они должны знать названия всех улиц и пути проезда, — это ясно демонстрирует, что и у взрослых людей мозг реагирует на стимуляцию.

Как сообщается в другой подобной работе, сканирование мозга показало, что у высокопрофессиональных музыкантов слуховая кора на 25% больше, чем у людей, не учившихся музыке. Примечательно, что данное увеличение происходит в возрасте, когда человек начинает учиться, а не тогда, когда он добивается мастерства. Иначе говоря, все дело в упражнении способности, а не в достигнутых успехах.

Все, что мы делаем, все, что делается с нами, в буквальном смысле оставляет свои пометки в мозгу. Поэтому человеческий мозг идеально подходит для обу-

чения опытом, что и отличает нас от прочих приматов, даже от шимпанзе. Наш мозг позволил нам занять больше экологических ниш, чем любому другому виду; способность наших нейронов образовывать связи освободила нас от тирании общих для всех представителей вида инстинктов. Различные культуры географически разобщены в пространстве, точно так же, как поколения разобщены во времени, и отличия порой огромны — благодаря мозгу.

Развиваясь, вы воспринимаете мир в понятиях, которые получили ранее, проходя свой неповторимый путь, и медленно превращаетесь из губки, впитывающей все без разбору, в информационного гурмана. Процесс восприятия теперь не может протекать сам собой, как в детстве, однако развивается понимание — умение видеть предмет через понятия о других. Вот эта уникальная персонализация клеточно-мозговой проводки и есть, по моему мнению, материальный эквивалент «разума». Отсюда ясно, что разум наших пещерных предков должен был отличаться от нашего. Иным будет и разум потомков.

Важный фактор, определяющий, насколько успешно обучение, — сон. У крыс периоды обучения ассоциированы с увеличением времени так называемого парадоксального сна, он же REM (от rapid eye movement) — быстрые движения глазных яблок). А укорачивание REM ведет к ухудшению памяти.

Помимо сна, на готовность мозга к обучению влияют и другие факторы. В 1993 году был поставлен эксперимент, породивший волну споров и спекуляций. Добровольцы должны были угадывать, какая фигура получится из листа бумаги, сложенного и надрезанного (вроде бумажной «снежинки»). После первой попытки одна группа десять минут сидела в тишине, другая слушала фортепианную сонату Моцарта, а третья — записанный на магнитофон повторяющийся текст или фрагмент мелодии. Затем тест проводили снова. Слушатели Моцарта на этот раз дали на 63% больше правильных ответов, группа, сидевшая в тишине, улучшила показатели всего лишь на 14%, третья же — только на 11%. Стимулирующее действие музыки Моцарта подтверждают многие эксперименты. Выяснилось, что даже крысы под ее воздействием проходят лабиринты быстрее и с меньшим числом ошибок, чем контрольная группа. До сих пор никто не слышал, чтобы грызуны преклонялись перед великими композиторами, поэтому ясно, что эффект не связан ни с музыкальными тонкостями, ни даже с тем, что музыка приводит в хорошее настроение.

Возможно, первый шаг к ответу сделал в своей работе Гордон Шоу из Калифорнского университета в Ирвине; как ни удивительно, электрические разряды в сети нейронов похожи на музыку, если

выразить их акустически. Не могут ли паттерны, представленные в музыке, направлять формирование нейронных сетей?

Эти удивительные находки дали больше вопросов, чем ответов. Но во всяком случае, если такие далекие от формального обучения занятия, как сон и слушание Моцарта, повышают способность учиться, они могут найти себе место в стратегиях образования будущего.

В более отдаленном будущем, возможно, внутренние механизмы мозга начнут еще более точно и прямо использовать в обучении. Сегодня для сканирования мозга человек должен приехать в лабораторию или больницу, где его замуруют в массивном цилиндре, содержащем огромные магниты. Но это можно сравнить с первыми компьютерами, которые занимали целые комнаты и при этом обладали лишь небольшой частью возможностей современного карманного компьютера. Точно так же однажды дорогое, капризное оборудование для сканирования сменится, допустим, элегантными шлемами. Тогда мы сможем наблюдать за формированием и дисбалансами подвижных нейронных сетей прямо в школьном классе. Учитель будет смотреть на экраны и видеть, хорошо ли, например, Моцарт подготовил детей к восприятию нового материала.

Пофантазируем дальше. Найденные рисунки связей будут тщательно описаны, локализованы и связаны с конкретными актами обучения, так что останется лишь маленький шаг от наблюдения к манипулированию. Возможно, неинвазивная радиостимуляция через тот же шлем, направленная на строго определенные нейронные ансамбли, придаст связям желаемую конфигурацию. Если кому-то покажется, что идея полностью абсурдна, вспомните, что нейрофизиолог доктор Майкл Персингер (Persinger) уже стимулировал подобным образом мозг. Целью его было заставить человеческий разум пережить «религиозный опыт».

Еще большая точность была достигнута с помощью «гамма-скальпеля» — прибора, который использует ионизирующую радиацию, чтобы нейрохирург мог оперировать пораженные области мозга, не делая разрезов. Возможно, комбинация этих двух технологий поможет реализовать самый прямой метод обучения, при

котором активность учащегося вообще не будет нужна...

Однако программирование мозга не обязательно приведет к желаемому результату. В кибервеке факты настолько легко доступны, что необходимость их заучивать невелика. К тому же выучивание не гарантирует понимания. Когда мой брат был совсем маленьким, я разучила с ним знаменитый монолог из «Макбета». Грэхем в свои три года безошибочно декламировал весь отрывок, но не понимал его. Да и как мог бы малыш уловить смысл метафоры «малые шаги от дня ко дню» и понять, что такое «пыльная смерть»? Он должен был сначала накопить обширную базу данных, а потом научиться связывать данные между собой, чтобы сформировать многослойную систему перекрестных ссылок, которую мы обозначаем как «понимание». Впрочем, стимуляция мозга приобретет еще более зловещий характер, если мы попытаемся навести связи между изолированными фактами, тем самым включим автоматическое понимание и создадим полностью программируемый разум.

Но возвратимся в обозримое будущее, где дети еще растут под воздействием не прямой стимуляции — впечатлений повседневной жизни, которые формируют разум. Фактор, который имеет большое значение, — практика (это может подтвердить каждый, кто пытался научиться водить машину, наблюдая за другими водителями). Основные достижения ребенка формируются его собственным опытом в игре, исследовании, общении с ровесниками и родными. Поэтому ранние впечатления определяют, насколько успешно дети затем ассимилируют информацию. Лучший вариант учения для маленьких детей — выбранная самим ребенком игра и исследование окружающего мира. Отсюда с неизбежностью следует, что мы должны перейти к самому непосредственному и мощному влиянию на юный разум: к семье.

Сегодня только 17% американских семей соответствуют традиционной схеме: мама-домохозяйка, папа, который зарабатывает на хлеб, плюс двое детишек. В картине будущего никого не удивят более короткие, поздние, менее «священные» семейные союзы, более легкие и менее травмирующие разводы. Число разводов в Америке снизилось до 43% после пика 1981 года — 51% от всех браков, но снижение вызвано тем, что менее популярной стала регистрация брака. Совместное проживание выбрали 500 000 неженатых пар в 1971 году и 3,7 миллионов — в 1995-м, причем почти половина всех детей в США живут в таких семьях. Эта тенденция сохраняется во всех возрастных, этнических и экономических группах. Растет число «отцов-домохозяек». Многие семьи живут вместе в одном доме из-за дороговизны жилья и бедности иммигрантов. Кроме того, появился новый вариант

моногамии — серийная моногамия: каждый человек состоит в браке лишь с одним партнером, но в продолжение жизни партнеры несколько раз меняются.

Не только брак, но и структура поколений начнет разрушаться. Качество жизни немалых людей заметно улучшилось. Люди дольше сохраняют физические и умственные способности, позже становятся родителями. Возможно, старшие члены семьи будут жить независимо, отдельно от детей и внуков; или вся семейная ячейка распадется, и каждый ее член будет жить отдельно, как только сможет; или же понятие о семье, семейных связях станет таким неопределенным, что практически все связи между



людьми будут подпадать под него.

Не забудем, что более отдаленное будущее обещает нам более гомогенное общество — свободное от возрастных стереотипов, где каждый человек будет более похожим на других. Добавьте усиливающуюся тенденцию к пассивному восприятию компьютерного мира, и станет очевидно, что наши потомки продемонстрируют снижение изменчивости. В этой связи не так интересно, насколько увеличится частота, с какой будут меняться места мамы, папы, бабушки, дедушки, мужа и жены, а интересно, скоро ли эти обмены одного индивида на другого, весьма похожего, станут вполне уместными.

«Одна из важнейших проблем, омрачающих конец (XX) столетия, — множество воздействий на детей, помимо родительского. Родители всегда будут важны для ребенка, но у них появилась реальная конкуренция», — предупреждает Сильвия Римм, автор книги «Умные родители». У детей уже есть мобильные телефоны, видеоигры, 24-часовые телеканалы, интернет, электронная почта,

чат, сетевые магазины и виртуальная реальность. Так что, хоть стимуляция мозга и важна, не будем забывать, что источником ее вместо семьи может стать компьютер.

Сейчас кибертехнологии проникли в самое важное для ребенка — в игрушки. По мере того как стоимость программного обеспечения падает, игрушки неизбежно будут «умнеть». Мы далеко ушли от той говорящей куклы с граммофончиком в животе, которую мне подарили на Рождество 1950 года. Управляемые на расстоянии автомобильчики загружаются с CD или из интернета, а игрушечные поезда набирают скорость и тормозят, подчиняясь голосовым командам. Кибер-

младенец Май Дрим Бэби вырастает на четыре дюйма и сперва ползает, а потом встает на ноги; физическое развитие сопровождается умственным — распознавая голос, кукла учит новые слова. У кошки Робокитти есть глаза-видеокамеры, стереомикрофоны в ушах и динамик для мяуканья; благодаря тактильным сенсорам в соответствующих местах котенок может мурлыкать в ответ на поглаживание.

Сегодня физический мир становится более интерактивным и, следовательно, более послушным. Интерактивное взаимодействие — важнейший компонент обучения; хорошо известно, что для психического здоровья людей всех возрастов, особенно старших, важно максимизировать возможность контролировать окружающие предметы. С другой стороны, не вредно ли для юного разума пребывание в неустойчивом мире? Детям необходимо ощущение постоянства, неизменного набора лиц, ценностей и правил. Если все и всё вокруг вас меняется от нажатия кнопки или голосовой команды, как вы поймете, что такое реальность? Следстви-

ем станет крайне зыбкое представление о том, какое место занимаете вы в этой непостоянной реальности — представление о вашей собственной идентичности тоже будет колебаться, а возможно, и вовсе не разовьется.

Игрушки будущего, вероятно, станут изготавливаться «неопытными», как младенцы, и приобретать опыт постепенно (как мы уже видим это у роботов). Куклы нового поколения, эти искусственные дети, будут следовать за человеческими в изучении и распознавании объектов. Игрушка окажется «зеркалом», отражающим собственное развитие ребенка, чем-то вроде приятеля, но не полностью самостоятельного, а послушного резонатора.

Хотя дети будут иметь менее развитое самосознание, они станут сильнее зависеть от собственных желаний. Встречи с другими детьми могут приводить к конфликтам, дети будут все сильнее чуж-



даться друг друга, предпочитая более комфортное общество киберов. Хотя нынешние дети отчетливо различают любовь реальную и «любовь» киберкукол, у нас нет уверенности, что так будет всегда.

Как дети будут взаимодействовать с окружающей средой на глобальном уровне? Возможности для образования огромны, достаточно вспомнить о тех новшествах, которые принесла Сеть в нашу жизнь, об этой мощной волне информации, хлынувшей с экранов. На момент написания этой книги Британская энциклопедия стоила около 1000 фунтов. CD-эквивалент стоит около 50 фунтов, и его можно обновлять, подключаясь к Сети. Стоимость информации быстро падает, стремясь к нулю. Все факты немедленно становятся доступными каждому. Но что следующие поколения будут делать с этими фактами?

Дитя, родившееся на заре нового столетия, уже не знает мира без Сети. Активный диалог, который молодежь уже сегодня ведет с ней, вероятно, один из главных факторов, вбивающих клин между поколениями в последние два десятилетия. Людям, подобным мне, сетевая «свобода»

кажется хаотичной и дезориентирующей, а молодежи XXI века она представляется преимуществом.

Недавняя публикация в «Тайм» провела четкое различие между нами — теми, чье взросление пришлось на вторую половину XX века, Людьми Книги, и новым поколением — Людьми Экрана. Мы, Люди Книги, существуем в мире печатного слова, наша культура основана на текстах. Люди Экрана больше связаны с телевидением, компьютерами, телефонами, кинотеатрами. Журналист Кевин Келли пишет: «Экранная культура — это мир непрерывного потока, обрывков звуков, коротких фрагментов и незрелых идей. Это поток болтовни о сенсациях, важнейших новостей и первых впечатлений. Понятие не остается одиноким, а линкуется с чем придется; истина не имеет автора, ее создает аудитория». Люди Книги, по Келли, опасаются, что логика уступит место коду, а чтение и письмо умрут. Голосовое управление развивается не так быстро, как предполагали сначала, но ничто не препятствует тому, чтобы рано или поздно оно вошло в обыденную жизнь. И если уже сегодня у нас есть технически более простые голосовые компьютеры, трудно ответить на вопрос, зачем в ближайшем будущем среднему ребенку понадобится грамота. К тому же мы говорим куда быстрее, чем пишем, до ста слов в минуту. Наговаривая на свой компьютер по 6000 слов в час, вы сможете написать целый роман (если понятие романа еще будет иметь смысл) менее чем за 20 часов.

Когда вы закончите роман, он будет представлен читателям сразу во множестве версий. Более того, если они получат текст в электронном виде и будут смотреть на экран, а не на распечатку, они смогут снабдить текст и картинками. Читатель (или зритель?) не только будет выбирать версию сюжета, но при желании использует свое лицо, лица родственников и знакомых для визуализации главных героев.

Страсть человечества к бумажным книгам уходит во мглу времен; но мы не можем быть уверены, что рожденные в начале XXI века будут испытывать ностальгию по бумажной книге. В ближайшее десятилетие экранное разрешение улучшится до такой степени, что читать с экрана станет так же легко, как и с бумаги. Тем не менее, чтобы сохранить романтику и удобство бумажной книги, цифровая эра создаст особые приспособления. «Е Линк Системз» и «Ксерокс» уже изобрели тонкую пленку из бумаги и пластика, которая содержит «цифровые чернила»; когда вы дочитаете одну книгу, то просто загружаете в этот носитель следующий материал.

Однако, концентрируясь на книге как физическом объекте, мы, возможно, упускаем из виду главное: книги сами по себе — весьма интересное явление. Как нейробиолог, я давно зачарована этим



АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

процессом в мозгу, который переносит нас в викторианскую гостиную, или на космический корабль, или в волшебную сказку. Мир, который мы воображаем и который вызван к жизни простыми словами на бумаге, так реален, что, посмотрев фильм, снятый по хорошей книге, мы часто ощущаем себя слегка обманутыми. Герои как будто «не совсем такие», всё слишком буквально, слишком зримо. Очарование слов состоит в том, что, когда мы читаем, они приносят в мозг ассоциации, просвечивающие сквозь простой смысл фразы; они активируют связи, которые создают более глубокое значение. Поэтому герои не обязательно должны быть описаны с фотографической точностью, но могут быть даже более реальными, если их черты скрыты.

Чарующий феномен человеческого воображения может продлить популярность художественной литературы. Конечно, делать такие предсказания имеет смысл лишь для самого близкого будущего. У нас нет уверенности, что наши потомки будут обладать той же силой фантазии. Скорее всего, изолированный, личный внутренний мир индивидуально-воображения так же устареет, как сегодня устарела способность цитировать по памяти саги.

Уже сейчас три четверти американских старшеклассников предпочитают поиск в интернете справочникам (вот они, Люди Экрана!). Более того, факты подтверждают, что компьютерное обучение может быть полезно. У учащихся средней школы в сельской Грузии, которым выдали портативные компьютеры, повысились оценки и посещаемость. Одна из возможных причин в том, что интерактивное обучение оптимально, клавиатура же, экран и мышь предоставляют для интерактивного взаимодействия больше возможностей.

Школа Эры Информации будет не просто той же самой школой с большим количеством компьютеров! Одним из самых фундаментальных изменений станет голосовое общение с машинами и их персонализация. Дети будут расти, общаясь с десятками «персонажей», обитающих в их ПК, и это общение в кибермире окажется таким же простым и комфортным, как и в реальности (а возможно — более простым и комфортным). Раннее пользование компьютером, гипертекстом, манипуляции с мышью, меню неизбежно оставят свои метки в чистых синапсах. Не-

давние исследования показывают, что у молодых людей уже сегодня большой палец на руке так же развит, как и остальные — из-за игр и набора текстов; хотите верить, хотите нет, но они даже начали указывать большим пальцем! Конечно, когда-нибудь школы полностью компьютеризуются. Эти перемены поражают детей, которые привыкли работать с клавиатурой и экраном, но вынуждены по три часа сидеть с бумагой и ручкой и выражать себя посредством устаревшего и утомительного писания.

Не исключено, что мультимедиа-стимуляция, атакующая органы чувств, приспособит «проводку» мозга для более быстрого мышления. С другой стороны, как насчет рефлексии и воображения? Не лишат ли нас внешние, не нами созданные образы необходимости или счастливой возможности выдумывать самостоятельно?

И еще один важный вопрос: приведет ли образ жизни XXI века к тому, что молодые люди станут взрослее, или наоборот?

Моя мать, родившаяся в 1927 году, часто говорила мне, что «в ее время тинейджеров не было». На самом деле этого понятия и сегодня нет в менее развитых странах, а появилось оно в послевоенном мире, во второй половине XX века. Прежде подростки становились подмастерьями, студентами, солдатами и фермерами, но не тинейджерами. Новые законы о детском труде в 30-х годах, оживление в захолустье и нацеленная на молодежь реклама в 50-х, взятые вместе, сформировали тинейджерскую культуру (или культуры): молодежную одежду, музыку, манеру говорить, идеи и поведение, которые каждый из нас может вспомнить применительно к собственной эпохе — конечно же, тогда все было гораздо лучше, чем до и после!

Впрочем, не исключено, что подростки еще вернутся в прежнее скрытое состояние, по мере того как границы тинейджерского возраста будут сдвигаться. Средний возраст начала менструаций сейчас 12 лет, а в 1800-е был около 15. Ужасает рост числа матерей-подростков, — в Великобритании случаев внеплановой подростковой беременности больше, чем где-либо в Европе, и почти 38% девочек в возрасте 15 лет признают, что имели сексуальный опыт. Это не взросление, если называть так умение контролировать и понимать свои чувства, а более раннее окончание детства.

Однако исчезновение тинейджерства связано еще и с тем, что замедляется старение взрослых. Необходимость обучения на рабочем месте означает, что взрослый человек должен сохранять способность учиться как можно дольше, одновременно продолжая использовать предыдущий опыт. Эти противоречивые тре-

бования — быть открытым для нового и в то же время оценивать людей, события и предметы на основании накопленного опыта — легко могут стать причиной стрессов. Но главное в этом, что взрослые люди должны будут стараться дольше вести себя, как молодые. Несомненно, все это будет размывать границу между тинейджерами и двадцати- и даже тридцатилетними, точно так же, как медицина уничтожит различия между средним и пожилым возрастом.

Но независимо от смешения возрастов проблемы, традиционно касающиеся тинейджеров (а теперь и тех, кто ведет себя как тинейджер), никуда не денутся. По данным 1995 года, 30% американских студенток серьезно задумывались о самоубийстве (среди юношей 18%). Неотступные требования учиться лучше, принуждение со стороны ровесников заниматься сексом, в сочетании с растущей угрозой СПИДа и ранних беременностей... Умение делать собственный выбор и создание собственной сис-



темы ценностей никогда еще не было ни таким важным для молодых людей, ни таким трудным.

В этих условиях очевидна привлекательность киберфлирта. Он связывает молодых людей между собой, делая каждой частью некоего первобытного племени. Прибавьте к этому ощущение немедленного отклика, новизны и неизвестности. Более тайные и глубокие феномены лежат все в той же области личности, собственного «я». Один любитель киберфлирта признавался, что им это нравится, потому что «можно почувствовать себя другим человеком». Стакато текстовых сообщений скрывает все обилие сложностей, которыми полно межличностное общение; скрытая под личиной человека хитроумная программа — естественный следующий шаг. Подобие «киберсемей» в фантастике. Продолжением компьютерного флирта будет флирт с вымышленным партнером. Я была поражена, когда узнала, что подобная услуга уже существует: всего за 2 доллара

40 центов в месяц японские компании мобильных телефонов высылают письма от виртуальных бойфрендов — созданных компьютером, полностью вымышленных персонажей. Вообразите только, как эта тенденция разовьется в ближайше десятилетие, когда упомянутые области техники перестанут быть достоянием одних тинейджеров! Мы можем оказаться лицом к лицу с обществом, которое лишилось «реального» ухаживания со всем его комизмом, всеми страхами и подозрениями, но приобрело более безболезненное занятие.

Молодые люди больше времени проводят дома перед компьютерами, природа для них — это то, что показывают по видео. В то же время становится возможным совершать больше разнообразных действий именно в физическом мире, хотя и в удалении, на безопасном расстоянии. Например, в 1994 году Кен Голдберг разработал проект «Меркурий», который позволял операторам по веб-сети управлять роботом-экскаватором. Механическая рука, управляемая дистанционно, пыталась найти реальные «сокровища», закопанные в реальном туннеле. Туннель шириной в шесть футов разделили между пользователями ПК, и каждый вскопал рукой робота маленький участок. Это были первые манипуляции в реальном мире из кибермира, без прямого наблюдения.

Сегодня компьютер обеспечивает пользователю тесную связь со всей планетой. Некоторые люди уже выдумывают причудливые метафоры Земли как мозга с людьми — первоначально изолированными клетками, которые теперь соединены в компьютерную сеть. В любом случае эта киберглобализация означает, что мы идем к неким огромным культурным переменам.

Информация будет организована нелинейно, наподобие гипертекста со свободными ассоциациями. И эти ассоциации будут выражены визуально, передавая впечатления, в отличие от слов, которые передают идеи. Следующее поколение будет обладать большей зрительной восприимчивостью и научится так же мастерски манипулировать образами, как их родители и деды, то есть мы, манипулировали словами. Грамотность станет таким же пережитком прошлого, каким сегодня стали слайды и логарифмические таблицы, а образование — скорее приобретением впечатлений и опыта, чем мыслительным процессом.

Звучащий, яркий и подвижный мир на экране, трансформирующий от прикосновения к кнопке (или к экрану), не сможет помочь учащимся вырабатывать абстрактные концепции. Есть риск, что новые технологии превратят учебу в пас-



АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

физическими неудобствами и отвратительной пищей, идеально готовили учеников к жизни в отдаленных и негостеприимных уголках империи.

Но теперь... Сумма знаний в мире — или, возможно, следовало сказать «информации» — удваивается каждые четыре года. Мультимедиа оперируют текстами, звуком, фото- и видеоматериалами, которые можно приспособить к учебному плану каждого ребенка и к стилю его обучения — ассоциативному, абстрактному, визуальному или любому другому. Вдобавок традиционные школы дорого обходятся: США, например, придется вложить миллиард долларов в ремонт и реконструкцию 80 000 школьных зданий. Может быть, это станет весомым аргументом в пользу того, чтобы распространиться со стандартными вехами биографии.

Если каждый студент следует собственным путем, что будет представлять собой курс обучения? Понятие индивидуальной ученой степени странно, но, возможно, оно станет неотъемлемой частью академического ландшафта. Нет никаких технических причин, которые помешали бы нам выбрать путь ультраиндивидуализации. Должен появиться, конечно, какой-то метод оценки индивидуальной совокупности знаний или опыта. Могут стать популярными звания, присвоенные корпорацией за именно тот набор навыков, которые нужны данной компании, или межкорпоративная стандартизация званий.

...Так чего мы хотим от образования? Самое мрачное предсказание — хотя время с расстоянием потеряют значение, а общество, в котором мы будем жить, станет глобальным, оно по-прежнему будет управляться материальными нуждами и желаниями. Мы будем обитать в мире опыта, по большей части специфического, экранного, а не в мире абстрактной мысли; ответы, более не привязанные к вопросам, будут мельтешить на экранах, конкурируя за наше внимание. В новом мире может не оказаться ничего, что нуждалось бы в обдумывании. Неужели эта интеллектуальная ересь станет нашим будущим?

Перевод с английского
Е. Котиной



сивное «развлечение», неотличимое от остальных составляющих переполненной ощущениями кибержизни.

Не исключено, что образование в будущем предпочтет контекст факту, потому что выстраивать ассоциации легче, чем механически заучивать. Домашняя работа может состоять в расположении фактов внутри некоей концепции — вот где поможет гипертекст. Знакомый нам учебный процесс исчезнет, уступив место свободным ассоциациям. Так, линейное знание, например, о тюдоровской монархии в Англии, с соответствующими экскурсами в историю и литературу XVI века, заменит термин «Генрих VIII», окруженный перекрестными ссылками: «тучность», «сифилис», «развод», «половой отбор», а также «морские вооруженные силы», «Мартин Лютер» «Гемптонский совет», «рыжие волосы» — и другие. Но ребенок больше не будет «знать всё» про тюдоровскую Англию, не будет «понимать» причины, вызвавшие Реформацию в Европе, ни даже воспринимать общую концепцию, например, религиозного вопроса.

Более того, чтобы сегодня создавать гипертекст, мы должны иметь определенный объем знаний. Как эти знания станут получать люди будущего? Информация — не то же, что знание. Наши дети и внуки смогут через экран взаимодействовать с любой точкой планеты, собирать факты, касающиеся кислотных дождей или уничтожения озонового слоя, с куда большим умением и куда более разветвленной системой ссылок, чем могли бы мы. Но у них не найдется времени подумать, как собрать эти факты вместе — тем способом, который мы называем «понимание» в худшем случае или «творческая идея» — в лучшем.

Далее, если обучение станет непре-

рывным получением опыта и не будет в этом смысле отличаться от обыденной жизни и если опыт начнет в основном приходить с экрана, то, возможно, не только понятие «учение», но и традиционные понятия «школа», «университет» понемногу лишатся смысла.

Глен Рассел, который читает лекции по проблемам образования в Университете Монаш, видит в будущем три типа виртуальных университетов. Первый — «независимый»: студенты получают доступ к материалу везде, где захотят; такая школа не предполагает общения между студентом и преподавателем в реальном времени. Второй тип — «синхронный», который предусматривает плановые сетевые встречи с другими студентами и преподавателями, в форме чата или видеоконференции. Эта система обеспечивает большую степень социализации, но меньшую гибкость во времени. Третий — «трансляционные» школы, где лекции транслируются по сети; главный недостаток здесь, конечно, в ограниченности взаимодействия. Нет нужды говорить, что в будущем все три типа могут быть скомбинированы.

Перенос образа одинокого студента за компьютером на обучение в целом интуитивно непривлекателен, но, возможно, виртуальные школы неизбежны. Современную систему образования можно рассматривать как продукт Эпохи Индустрии, а не Эпохи Информации. Учащиеся разделены по классам и возрастам, пользуются стандартными учебниками, должны запоминать информацию и сдавать экзамены. Эта система, как и заводской контроль качества, вполне отвечала нуждам XIX века. В Великобритании, по крайней мере, традиционные общественные школы, с их антиинтеллектуальной культурой, нацеленностью на командную игру и лидерство в группе,

Что едят

Сначала едят, потом читают, потом пересказывают родственникам и знакомым, а в результате по стране гуляют самые нелепые и невероятные слухи. Приведем несколько примеров, касающихся в основном химии. Они взяты из российских («Российская газета», «Московский комсомолец», «Вечерняя Москва» и др.) и американских («Нью-Йорк таймс», «Стар леджер», «Дискавери» и др.) изданий и помечены соответственно как «РФ» и «США».

Пример 1 (РФ). «В 1925 году анатом Григорович нашел на берегу Москвы-реки в районе Кунцева камень, поразивший его своей формой. Позднейшие исследования подтвердили догадку: в руках ученых оказался окаменевший человеческий мозг. Радиоуглеродный анализ показал ошеломляющий результат — обладатель этого мыслительного аппарата гулял по планете сотни миллионов лет назад, когда еще и динозавров-то не было. Ученые никак не могли объяснить этот феномен и отнесли его к разряду так называемых артефактов — явлений, на современном уровне науки необъяснимых».

Комментарий. Оставим биологам рассуждения о том, как мягкие ткани мозга могли «окаменеть». Радиоуглеродный метод основан на измерении оставшегося количества углерода-14 в образце (прижизненная его концентрация у всех животных и растений примерно одинакова). Период его полураспада равен 5730 лет. Значит, уже через 57 300 лет (10 периодов полураспада) от исходного углерода-14 останется 2^{-10} » 0,001 часть, через 573 тыс. лет (100 периодов полураспада) — 2^{-100} » 10^{-30} (напомним, что число Авогадро — $6 \cdot 10^{23}$), через 1,7 млн. лет (300 периодов полураспада) — $5 \cdot 10^{-91}$. Число частиц во Вселенной оценивается как 10^{80} . Это означает, что, если бы 1,7 млн. лет назад вся Вселенная состояла исключительно из углерода-14, к настоящему времени от него не осталось бы ни единого атома! Причем к этому выводу мы пришли путем самых элементарных подсчетов — без высшей математики.

В связи с этим вспоминается задача для 9-го класса II Соросовской олимпиады (1996 года), в которой говорилось, что после чернобыльской катастрофы (она произошла 26 апреля 1986 года) уже в течение 10 лет иодируют поваренную соль, чтобы снизить поступление в организм радиоактивного нуклида ^{131}I — одного из продуктов деления урана в реакторе. Период полураспада ^{131}I составляет восемь суток, значит, за десять лет прошло более 450 периодов полураспада! Чем эта задача лучше «окаменевшего мозга»?

Пример 2 (США). «Из-за утечки аммиака помещение пакгауза наполнилось потенциально взрывчатыми парами».

Комментарий. Струя даже чистого аммиака не горит на воздухе (он горит только в кислороде). Поэтому пары аммиака в воздухе взорваться не могут.

Пример 3 (США). «Одно дерево в течение года ассимилирует примерно 13 фунтов углекислого газа и таким образом нейтрализует загрязнение, создаваемое выхлопом автомобиля при пробеге 26 000 миль».

Комментарий. Переведем мили в километры (1 миля = 1,61 км), а фунты в килограммы (1 фунт = 0,45 кг) и примем расход в 10 л бензина на 100 км. Тогда будет сожжено примерно 4200 л (или 3000 кг) бензина, и если считать, что он состоит только из октана, то в соответствии с реакцией $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$ получится более 9 тонн CO_2 . Такое количество никак не сможет утилизировать в ходе фотосинтеза (и соответственно увеличить свою массу) одно дерево в течение года — для этого потребуется больше тысячи деревьев! И еще одна ошибка: диоксид углерода (в отличие от оксидов азота) нельзя считать «загрязнителем воздуха».

Пример 4 (РФ). «Это средство содержит абсолютно безвредный стеарат магнезии».

Комментарий. Если бы такое прочитал Пушкин, он бы подумал, что это какое-то жирное вещество (stear по-гречески жир), ввезенное из Магнесии в Малой Азии (о металле магнии и тем более о его соли со стеариновой кислотой в те времена мало кто знал). К сожалению, отечественные «знатоки» английского языка сплошь и рядом засоряют русский язык словечками типа «содиум» или «содий» (вместо «натрий»), «потассиум» (вместо «калий»), «алкалиновый» (вместо «щелочной»), «полиэстерное волокно» (вместо «полиэфирное волокно»), «флуор» (вместо «фтор»), «гидрокарбон» (вместо «углеводород») и «карбогидрат» (вместо «углевод») и т. д. и т. п.

Пример 5 (РФ). «Жирные пятна с обивки можно удалить не только специальными средствами, но и смесью порошка магния с бензином. Кашицеобразную смесь наносят на пятно толстым слоем, дают ей засохнуть, а затем удаляют щеткой. Если след от пятна остался, операцию нужно повторить».

Комментарий. Рецепт всем хорош,

кроме одного: порошок магния не обладает адсорбционными свойствами, поэтому растворенный бензином жир после испарения бензина так и останется на ткани. Здесь опять мы встречаемся с неграмотным переводом химического термина magnesia — оксид магния (он же жженая магнезия, MgO). Кстати, прекрасно работает также тонко размолотый просеянный силикагель (SiO_2), а вместо бензина (сложной смеси многих соединений) лучше взять чистый гептан, октан и т. п. или три- либо тетрахлорэтилен (их используют и в химчистке). Удалять высохшую смесь надо на открытом воздухе, чтобы не вдыхать вредную пыль.

Пример 5 (США). «В результате повышения давления сработал предохранительный клапан и в воздух попал сероводород. Этот горючий газ в больших концентрациях ядовит, но, как сообщил представитель системы здравоохранения, в небольших количествах он не представляет опасности».

Комментарий. В издательстве «Весь мир» подготовлен к выпуску русский перевод книги «Рекомендации по качеству воздуха в Европе». Вот что говорится в главе, посвященной сероводороду: «При концентрации H_2S в воздухе выше 0,015–0,03 мг/л наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз, при 0,07–0,140 мг/л — сильное повреждение глаз, при 0,21–0,35 мг/л — потеря обоняния, при 0,45–0,75 мг/л — отек легких с риском летального исхода, 1,4–2,8 мг/л — немедленный коллапс, сопровождающийся параличом дыхания. В то же время можно без всякого вреда в течение часа дышать воздухом, содержащим 0,05 мг/л такого сильного яда, как угарный газ (а в течение 15 мин — даже при его содержании 0,2 мг/л). Таким образом, сероводород следует считать более опасным, чем угарный газ. Однако человек чувствует присутствие этого газа уже при его содержании менее 0,01 мг/л, тогда как СО не обладает запахом. Именно этим объясняются сравнительно редкие отравления сероводородом и частые — угарным газом (недавний случай с грузинским министром Жвания)».

Пример 6 (РФ). «ПО «Каприкорн». Экологически чистая бумага без химических веществ».

Комментарий. Они излишни. Как излишни они и для рекламы об «экологически чистой селитре без нитратов».

Пример 7 (США). «Миллионы тонн навоза, химических удобрений и пестицидов загрязняют питьевую воду, способствуют бурному росту водорослей, подкисляют почву и загрязняют воздух аммиаком, что приводит к кислотным дождям».

Комментарий. Аммиак в воздухе, конечно, пользы не приносит, но кислотный дождь никак не вызывает.



Пример 8 (США). «Фториды укрепляют зубы, связываясь с кальцием — основным элементом зубной эмали с образованием фторида кальция. Фторид кальция тверже и плотнее, чем кальций, и защищает зубы от разрушительного действия бактерий».

Комментарий. Во-первых, совершенно бессмысленно сравнивать свойства фторида кальция с кальцием — активным металлом. Во-вторых, фторид-ионы в зубах образуют не CaF_2 , а фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ путем замещения гидроксид-иона в гидроксиапатите $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Во рту обычно кислая среда, и фторапатит при этом менее растворим, чем гидроксиапатит. В-третьих, больше всего в зубной эмали не кальция, а кислорода.

Пример 9 (РФ) «Эта биологически активная добавка содержит как витамины, так и минералы».

Комментарий. «Минерал (лат. *minera* руда) — физически и химически индивидуализированное тело, возникшее в результате естественных физико-химических процессов в земной коре; большинство минералов — твердые кристаллические соединения... являются составными частями руд, горных пород и других геологических тел» (Словарь иностранных слов).

Понятно, что никаких минералов в БАД нет, а есть микроэлементы — цинк, иод, железо, магний и т. п. Их допустимо называть минеральными веществами, но никак не минералами.

Пример 10 (США). «Двое рабочих погибли от удущья, когда проводили сварочные работы в большом резервуаре. Как заявил следователь, «горящий аргон в горелке, по-видимому, израсходовал весь кислород в резервуаре».

Комментарий. Аргон — инертный газ и гореть не может, он используется для защиты поверхности от кислорода. Несчастный случай произошел из-за несоблюдения техники безопасности: горелка в замкнутом объеме действительно потребляет кислород, выделяет углекислый газ и делает воздух непригодным для дыхания. Опасно находиться и в закрытом гараже, в котором стоит автомобиль с работающим двигателем.

Пример 11 (США). «В результате утечки газа из подземного газопровода произошел взрыв. Предполагают, что газ скопился в низине и взрыв произошел из-за проезжающего локомотива или от дежурного факела в ближайшем доме (дежурный факел поджигает газ в системе автоматического отопления. — *И.Л.*). По трубе подавался жидкий пропан — сжиженный природный газ, который при контакте с воздухом переходит в газообразное состояние».

Комментарий. Природный газ состоит в основном из метана, который при комнатной температуре не может быть жидким ни при каком давлении (для него критическая температура равна — $82,3^\circ\text{C}$). Пропан легко сжимается при

комнатной температуре при давлении менее 10 атм, а в газовую фазу он переходит не «при контакте с воздухом», а при понижении давления. О причинах аналогичной аварии под Уфой в 1989 году (погибли 572 пассажира двух поездов) рассказывалось в 9-м номере «Химии и жизни» за 1990 год.

Пример 12 (РФ). «На станциях водочистки в водопроводную воду для обеззараживания кладут хлорку. Догадываясь о вреде водопроводной воды, многие москвичи давно дают отстояться воде, чтобы хлор осел на дно банки».

Комментарий. Здесь в трех строчках сразу масса глупостей. Никакой «хлорки» (то есть хлорной извести) в питьевую воду, конечно, не кладут. Иначе вода, содержащая растворенную гашеную известь, будет сильно щелочной. Водопроводная вода, в отличие от воды из реки или озера, не содержит болезнетворных микроорганизмов, которые могут принести вред. И конечно, растворенный в воде газообразный хлор никак не может «осесть на дно банки», как не может осесть, например, растворенный в воде кислород или азот. Если в воде есть следы остаточного хлора, то при стоянии (и быстро при нагревании) хлор просто улетучивается.

Пример 13 (США). «В последнее время так много говорят о глобальном потеплении. Может быть, стоит правительствам всех стран предписать своим гражданам в определенный день включить все кондиционеры в домах и офисах и открывать все окна и двери?» (Из письма читателя одного американского журнала.)

Комментарий. По поводу этого письма Г.И.Шифф, который когда-то преподавал в Университете Мак-Гилла в Монреале, вспомнил одну поучительную историю. В начале 50-х годов он задал своим студентам популярный вопрос: как изменится температура в помещении, если открыт дверцу холодильника. Один из студентов ответил, что в комнате станет холоднее. Преподаватель, конечно, начал терпеливо объяснять ему про второе начало термодинамики и убеждать, что температура повысится. Однако студент упрямо стоял на своем: «Нет, в *моей* комнате станет холоднее! В нашем доме на все комнаты стоит один компрессор в подвале, его работа и приведет к понижению температуры». Преподавателю ничего не оставалось, как согласиться.

Вероятно, студент жил в общежитии, которое было оборудовано такими холодильниками; в некоторых наших НИИ аналогично вакуум создавался одним мощным насосом, к которому можно было подключиться из разных помещений, а на краниках в лабораториях было написано: «воздух», «газ», «вакуум».

Кстати, можно придумать еще одну ситуацию: холодильник очень старый и без реле, так что компрессор (что важно) работает непрерывно, а внутри накопилось много снега и льда. И если комната хорошо изолирована, то после открывания дверцы холодильника температура в ней понизится, пока в холодильнике не растает весь снег со льдом.

Пример 14 (РФ). «Когда человек выходит из-под защиты магнитного поля Земли, на него начинает действовать рентгеновское излучение — поток тяжелых заряженных частиц... Исследователи из нескольких московских институтов... пришли к выводу, что рентгеновское излучение может привести к необратимым повреждениям зрительного пигмента, светочувствительных и нервных клеток сетчатки, и глаз перестанет видеть. Ученые выделили из клеток сетчатки глаза травяной лягушки зрительный пигмент родопсин. Обычный свет обесцвечивает его, но затем родопсин восстанавливается и снова готов к работе. С рентгеновским излучением все по-другому. При взаимодействии с дейтронами, ядрами тяжелого изотопа водорода, родопсин обесцвечивается так же, как и на свету, но восстанавливаться не может, значит, рентгеновское облучение необратимо разрушает этот пигмент... Вспышки света, вызванные дейтронами, предвещают ухудшение или потерю зрения. И совсем не обязательно летать для этого в космос: с рентгеновским излучением люди сталкиваются и на Земле».

Комментарий. Рентгеновское излучение — это электромагнитные волны, как и видимый свет, только с меньшей длиной волны. Ничего общего с положительно заряженными протонами и дейтронами это излучение не имеет. Некорректно также сравнивать обратимое фотохимическое обесцвечивание родопсина под действием света и химическую деструкцию молекул зрительного пигмента под действием тяжелых частиц.

Три истории о Петре Петровиче

Ген. Меладзе

Художник Е. Станикова

Встреча профессора Хаммерсмита

Все началось с невинной шутки. В начале октября 197... года была запланирована представительная научная конференция по криволинейной фотодинамике. Конференция проводилась в столице небольшой, но уютной и гостеприимной южной автономии, значительная часть которой располагалась в горах. У Петра Петровича М., только что защитившего кандидатскую диссертацию и полного сил и энергии, был принят устный, хотя и секционный доклад.

От хорошего настроения Петр Петрович попросил брата в день открытия конференции отправить из Москвы телеграмму на имя своего приятеля — члена оргкомитета доцента Гудзенко. В тексте телеграммы говорилось, что на конференцию поездом таким-то завтра приезжает известный американский ученый, профессор Хаммерсмит, и что ему должна быть организована «торжественная встреча и содержательная программа пребывания». Телеграмма была подписана произвольной, никому не известной фамилией. Юмор заключался в том, что этот самый Хаммерсмит два года назад в одном из своих обзоров недвусмысленно выразил скепсис в отношении результатов, полученных Гудзенко и вошедших в докторскую диссертацию его непосредственной начальницы, теперь уже профессора Петуховой, дамы властной и боевитой. Получив телеграмму, адресат должен был сперва испугаться — кому приятно выслушивать критику, да еще из уст американского светила, — но затем распознать розыгрыш и успокоиться. За полгода до конференции в «Journal of Curveline Results» был опубликован некролог Хаммерсмит: старик умер в возрасте почти 90 лет.

Однако дело приняло неожиданный оборот. Открытие конференции было на-



значено на три часа дня, а телеграмма пришла утром, когда Гудзенко вместе с большой группой участников уехал на экскурсию в знаменитое горное ущелье. Телеграмму приняла заместитель председателя оргкомитета профессор Петухова, которая пренебрегла тем, что в адресе значилось «доценту Гудзенко», и прочла текст. Лучше бы она этого не делала!

Телеграмма — это документ. А к документам у советского человека отношение особое, трепетное. Даже полная чепуха, если она написана на бланке, приобретает смысл, а уж если дело касается международных проблем... Петухова заволновалась. Шутка ли: приедет американец, будет, конечно, выступать, критиковать петуховские работы. Гудзенко человек маленький, ему-то что. А у нее серьезные планы, надо думать о членкорстве. Критика Хаммерсмита, разумеется, быстро станет известна в научных кругах. А это может привести к неприятным последствиям. Что же делать? Надо так встретить американца и так организовать его пребывание, чтобы он был в полном восторге от гостеприимства и ему было не до критики.

Такой ли была логика размышлений Петуховой, мы не знаем, но дальнейший ход событий указывает на правдоподобность наших умопостроений.

Первым делом профессор Петухова попыталась дозвониться в Москву своим сотрудникам, чтобы выяснить, знают ли они о визите Хаммерсмита, а если нет — чтоб немедленно узнали. Но была суббота. Институт не работал, а сотрудники Петуховой разъехались по дачным участкам. Попытки дозвониться в Общество по культурным связям с границей и в иностранный отдел Академии наук также не дали никакого результата.

Вконец расстроенная Петухова направилась за советом к председателю оргкомитета академику Звереву. Академик Зверев не был большим ученым, но умело компенсировал недостаток научных заслуг представительностью и умением администрировать. Вальяжно расположившись в

кресле гостиничного люкса, он внимательно выслушал взволнованный рассказ Петуховой.

— Анна Петровна, помнится, мне говорили, что Хаммерсмит недавно скончался, он ведь очень пожилой человек. Может быть, едет его сын или даже однофамилец?

Что на это могла ответить Петухова? Только сокрушенно пожать плечами.

— Значит, так, — Зверев принял командование на себя, — отправляйтесь в обком партии. Через дежурного — там всегда есть дежурный — вызывайте начальника отдела науки, а лучше второго секретаря, пусть они дадут машины для встречи на вокзале и организуют кого-нибудь из местных властей, ну и, конечно, надо что-нибудь из местного колорита.

Петухова помчалась в обком. Сонный дежурный не сразу вник в проблему, но нужных начальников все-таки нашел. Дальше все происходило в соответствии с планом Зверева: разыскали за городом председателя горсовета, связались с директором Дома пионеров, предупредили руководителя местного фольклорного ансамбля, заказали цветы. Словом, подготовились основательно. И главное, почти успели к открытию конференции.

Взмыленная Петухова бросила вернушемуся из ущелья Гудзенко:

— Ты тут прохлаждаешься на экскурсиях, а мы вынуждены разбираться с экстренной ситуацией! — и кратко изложила своему сотруднику суть внезапно возникших проблем.

Гудзенко попросил посмотреть телеграмму, которая и была ему немедленно вручена, правда, в уже изрядно потрепанном виде — ведь столько людей ее читали. Истинный адресат быстро ухватил суть дела и даже вычислил (про себя, разумеется) узкую группу потенциальных авторов послания. Но благоразумно промолчал.

Слухи о приезде Хаммерсмита и информация о принимаемых для его встречи мер распространились на ученоконференционному сообществу, не вызвав, впрочем, никакого ажиотажа. Большинству до старика не было

дела. А вот Петр Петрович М., вместе со всеми вернувшийся из ущелья, заволновался. Вся эта суета совсем не входила в его планы. Он признался Гудзенко в содеянном и спросил, не стоит ли, пока не поздно, саморазоблачиться.

— Поздно, — ответил Гудзенко. — Попереть из института могут, лучше уж теперь молчи, благо никто тебя не подозревает.

На следующее утро, а поезд прибывал в половине седьмого, на перроне городского вокзала стояла группа артистов фольклорного ансамбля в национальных костюмах с народными инструментами, перед ней три девушки в длинных черных платьях держали на вытянутых руках огромное блюдо с хлебом-солью. Немного поодаль расположился пионерский отряд в парадной форме, горнисты и барабанщики были готовы по команде грянуть приветственный марш. В центре находился одетый, несмотря на надвигающуюся жару, в строгий черный костюм председатель горсовета с двумя помощниками, рядом стояли академик Зверев и профессор Петухова. Три черных обкомовских «Волги» ожидали на привокзальной площади. Светило солнце, легкий ветерок шевелил пионерские галстуки.

Поезд точно по расписанию подкатил к перрону, все встречающие напряглись... Но именитого гостя не было. Помощники председателя на всякий случай обежали весь состав, не ограничиваясь вагоном СВ, но тщетно.

— Найти мне шутника и примерно наказать, — строго сказал академик Зверев, когда стало ясно, что встреча отменяется.

Конференция прошла накатанным путем, доклады были прочитаны, стенды обсуждены, товарищеский ужин удался на славу. Память о неприятном инциденте постепенно сгладилась. Петр Петрович остался неразоблаченным — Гудзенко, единственный свидетель обвинения, товарища не выдал. На некоторое время, впрочем не очень долгое, Петр Петрович приутих и не выдумывал розыгрышей.

Как Петр Петрович был членом жюри кинофестиваля

В июне 197... года Петр Петрович закончил работу над изрядно опостылевшей ему кандидатской диссертацией, сделал полагающийся предзащитный доклад и получил разрешение печатать автореферат. Далее предстояло оформить массу документов, которые, если их сложить вместе, образовали бы стопку толщиной с саму диссертацию. Чтобы приблизить защиту, Петр решил пожертвовать частью отпуска для подготовки бумаг. Стоял знойный июль, в институте почти никого не осталось, но, поскольку без начальства учреждение работать не может даже в период отпусков, обязанности ректора исполнял один из его заместителей, появившийся в своем кабинете через два дня на третий. А Петру Петровичу как раз требовалось получить на своих бумагах начальственную визу, и он дежурил в приемной, дожидаясь проректора.

Дождался. Проректор не читая подписал все необходимые бумаги и вдруг неожиданно спросил у Петра:

— Скажите, а вы что-нибудь понимаете в киносценариях?

— Нет, — честно ответил тот, — я простой физик, занимаюсь оптикой, точнее, криволинейной фотодинамикой.

— А вот и хорошо, что оптик. Здесь вот какое дело: нужно проконсультировать научно-популярный фильм, что-то насчет электромагнетизма, мне только что звонили из киностудии, у них есть проблемы.

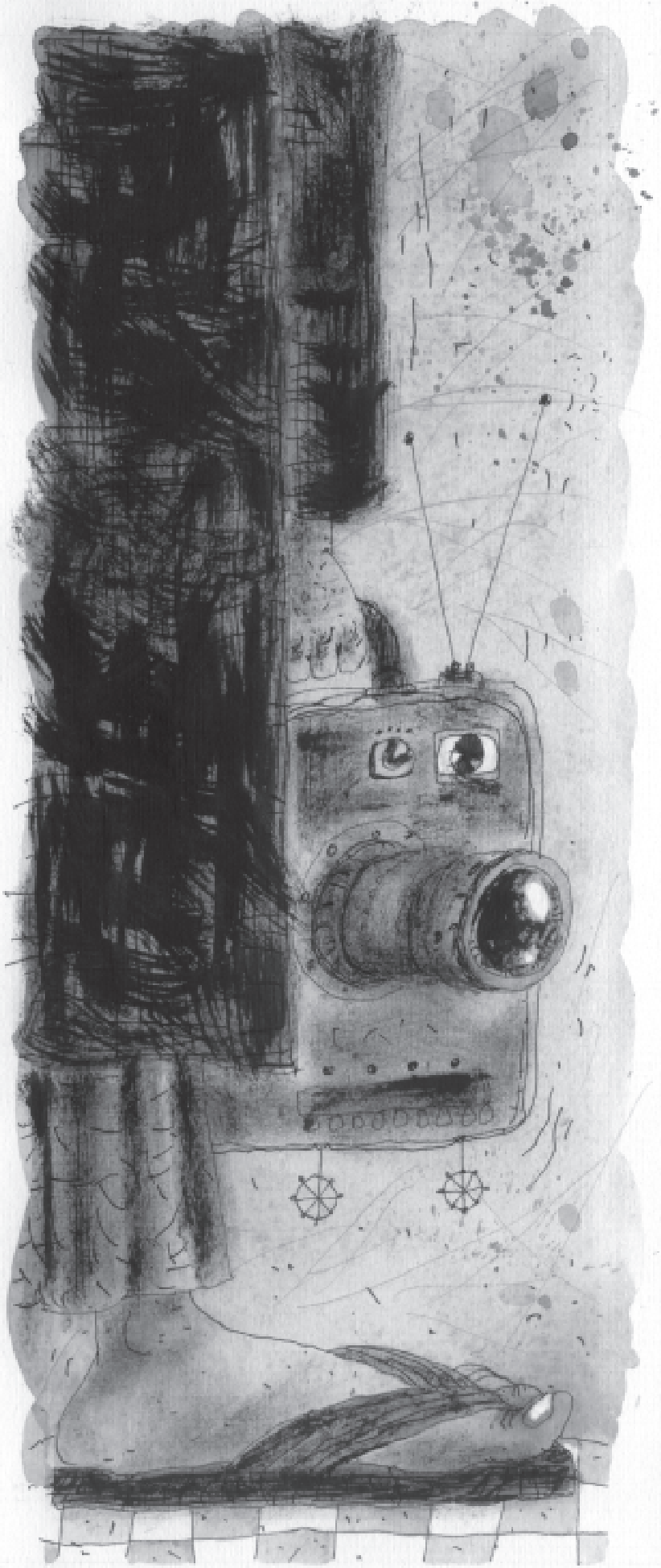
В ближайшие жизненные планы Петра Петровича вовсе не входило научное консультирование кинофильмов. Однако проректор был непреклонен. Причина состояла в том, что он твердо пообещал своему школьному приятелю, звонившему со студии, решить вопрос о консультанте, а в летнее время черта с два найдешь желающих добровольно корпеть над сценарием.

— Кстати, и заработаете пару окладов. Вы ведь получаете сто двадцать в месяц?

И Петр Петрович сдался. Все равно отпуск пропал.

На киностудии Петру объяснили, что производство фильмов — сложный технологический процесс: все идет по плану, сроки выпуска жесткие и должны строго соблюдаться, а тут выяснилось, что сценарий не готов. Он, собственно, уже написан и даже дважды дорабатывался, но приемочная комиссия его не утвердила, поскольку рецензенты в один голос жалуются на научную неграмотность материала. От Петра Петровича требуется вместе с автором так доработать сценарий, чтобы придрататься вьедливым критикам было не к чему. И нашему герою вручили папку с 40 страницами машинописного текста.

Прочтя сценарий, Петр Петрович понял, что автор не смыслит в физике даже в пределах школьной программы. И неудивительно: он оказался учителем-словесником, которого капризная судьба занесла в научное кино. Доработка сценария свелась к написанию нового текста. Но за две недели плотной рабо-





ты физик-оптик, привлекая киношный опыт незадачливого филолога, сумел создать продукт, который компетентная комиссия утвердила в начале сентября. Застопорившийся было процесс производства пошел дальше. Петр получил причитающийся ему гонорар, выслушал в киностудии добрые слова и удалился от мира научно-популярного кино, как он думал, навсегда.

Однако он ошибался. На студии его запомнили и через полгода, уже после защиты кандидатской, пригласили войти в состав жюри фестиваля-конкурса научно-популярных и учебных фильмов. Петр Петрович согласился теперь уже без колебаний. Во-первых, висевший над ним груз незащищенной диссертации был снят, во-вторых, фестиваль проходил в Прибалтике, куда съездить всегда приятно, тем более за казенный счет, в-третьих, после удачи со сценарием он почувствовал себя в некоторой степени специалистом в области кинематографа.

Жюри, включавшее главным образом представителей киномира, из-за обилия фильмов было разделено на три бригады, в одну из которых вошел Петр Петрович. Но еще до разделения высокому собранию продемонстрировали учебный фильм, посвященный Шестому съезду РСДРП. Затем выступил представитель Госкино СССР — Министерства кинематографии — и заявил, что достоинства этого фильма самоочевидны и, без сомнения, он главный претендент на первую премию фестиваля. Выступили и два других функционера с безусловной поддержкой высказанной идеи.

Петр Петрович, решив честно поработать командировочные, цепко следил за экранным действием — и заметил неувязку. Финал фильма, призванный подтвердить правильность ленинского курса 1917 года, состоял из документальных съемок рабочего движения в современном мире. На экране мелькали кадры с демонстрантами и забастовщиками из разных уголков планеты, и среди них вдруг возникла толпа низкорослых людей азиатской наружности, которая угрожающе двигалась на зрителя, неся лозунги на французском языке. На центральном транспаранте ясно читалась надпись «Khmer Rouge» — «Красные кхмеры». Как пример торжества коммунистической идеологии авторы фильма использовали полпотовский режим, уничтоживший чуть не половину камбоджийцев! Петр Петрович попросил слова и в вежливых выражениях указал на недопустимость

подобных логических построений.

Однако официальная позиция СССР в отношении красных кхмеров к этому моменту еще не была высказана с полной определенностью, и председатель жюри уклончиво ответил, что он учтет замечание, которое тем не менее не отменяет всего того доброго, что было сказано по поводу фильма о Шестом съезде РСДРП.

Так как среди остальных картин не было predetermined победителей, с утра следующего дня началась напряженная работа. Бригада, в состав которой входил Петр Петрович, устроилась в кинозале Дома инженеров очень симпатичного и ухоженного прибалтийского городка. Подряд, без перерывов, одолели десять лентдвухчастевок. Руководитель бригады — милый интеллигентный человек, известный режиссер научно-популярного кино — после просмотра высказался в том плане, что все, конечно, понятно и сомнений, какие фильмы лучшие, нет: «Давайте быстренько обсудим и примем решение». Однако неожиданно для председателя мнения разделились почти что по числу участников жюри. Консенсуса не было и в помине. Страсти бушевали.

Петру Петровичу, который сообразил, что канитель затянется надолго, надоело, и он попросил слова:

— Мне известен надежный способ выхода из сложившейся ситуации. Понадобится четверть часа и калькулятор. Предлагаю попробовать.

Режиссер не противился, он тоже понял, что дело зашло в тупик.

Действительно, через четверть часа Петр Петрович доложил коллегам результаты. После короткого обсуждения жюри согласилось с предложенным методом выявления призеров. Заседание закончилось, и довольные арбитры переместились из кинозала в уютный буфет Дома инженеров. В буфете предлагали замечательный кофе, а также и более крепкие напитки.

Под вечер, когда компания была уже изрядно навеселе и общение достигло стадии полной взаимной симпатии, в буфет ввалилась другая бри-

гада: все злые, переругавшиеся и недовольные друг другом.

— Как, вы уже закончили? — изумились они. — А мы так и не смогли договориться!

Поскольку и в третьей бригаде прогресс в деле оценки фильмов был невелик, на следующий день руководство фестиваля попросило Петра Петровича поделиться опытом — сделать сообщение на общем собрании членов жюри. Он не стал жадничать и поведал собравшимся о том, что такое среднее арифметическое и как его можно использовать. Фигурное катание, где подобный способ оценки был отработан, тогда уже входило в моду, но никто не догадался перенести этот способ на аттестацию фильмов. Это было откровением для киношников.

Впоследствии подвыпивший Петр Петрович частенько хвастался в кругу друзей:

— Знаю я немного, но моя сильная сторона в том, что я умею активно использовать знания.

Фестиваль продолжался, все шло наезженным путем, организационных сбоев больше не было, если не считать несостоявшегося посещения сауны в поселке Лабытнанги. Объявление о бане было вывешено, записалась тьма желающих, но автобус за возмущенными бесполезным ожиданием кинодеятелями так и не пришел. Народ с полотенцами в авоськах потянулся обратно в гостию. Петр Петрович, поставивший этот маленький эксперимент и совсем не рассчитывавший на такой эффект, грустно констатировал:

— Эти киношники не знают не только арифметики, но и географии! Лабытнанги-то находится между Воркутой и Салехардом. Чему их только учили?

С тех пор в Госкино Петра Петровича держали за выдающегося ученого-энциклопедиста и еще не раз приглашали «жюри» последующие конкурсы. Впрочем, несмотря на применение объективного математического метода, первую премию всегда получал фильм по истории КПСС.

Русская сельскохозяйственная константа



Эта история случилась, когда Петр Петрович уже приобрел определенную известность и авторитет в узком кругу специалистов по криволинейной фотодинамике, дослужился до должности старшего научного сотрудника и начал получать приличную по тогдашним временам зарплату — 300 рублей. Начальник отдела, в котором работал Петр Петрович, его непосредственный научный руководитель член-корреспондент Альфред Фомич Быкадоров стал доверять ему часть своих невообразимо многочисленных служебных и общественных обязанностей. Рецензии на рукописи статей в журналы, где Альфред Фомич был членом редколлегии, отзывы на диссертации и авторефераты, консультации заезжим физикам из провинции, а также подмена отбывшего в заграничную командировку шефа в чтении курса физики, который тот вел в одном из технических вузов, — вот спектр поручений, систематически сваливавшихся на нашего героя. Надо сказать, что Петр Петрович не обижался на своего начальника, который честно вставлял фамилию Петра в рецензии и отзывы и даже в конце каждого семестра предлагал ему денежную компенсацию за несколько прочтенных лекций. Тот каждый раз гордо отказывался, ссылаясь на пользу освежения в голове основ науки — за это, мол, надо не получать, а платить.

Петр Петрович не особенно тяготился дополнительной нагрузкой. Он искренне уважал своего начальника: во-первых, Быкадоров был настоящим профессионалом, сделавшим в молодости работу мирового класса и теперь, в весьма почтенном возра-

сте, не утратившим, в отличие от других высокопоставленных лиц, живого интереса к науке. Во-вторых, Альфред Фомич принадлежал к чудом сохранившемуся тонкому слою русской научной интеллигенции. Он достойно, насколько это было возможно, пережил времена борьбы с правым и левым уклоном, с космополитизмом и физическим идеализмом. Поэтому Петр Петрович, когда звонок секретарши в очередной раз вызвал его в кабинет шефа, не принялся выдумывать предлог для отказа, а сразу же предстал перед взором начальника.

Во взоре этом, обычно прямом и сосредоточенно-спокойном, сегодня замечались озабоченность и даже, пожалуй, тень смущения.

— Петр Петрович, я надеюсь, у вас все нормально? Работа идет? Дети здоровы? — Шеф назвал двоих сыновей Петра по именам, что опять же свидетельствовало о неординарности грядущего поручения.

— Спасибо, кажется, все в порядке.

Альфред Фомич немного замаялся, глядя слегка в сторону, начал повествовать о необходимости поддержания связей науки с практикой, в особенности с сельским хозяйством. Петр Петрович внутренне ужаснулся, предположив, что придется отправиться на уборку картошки — как раз стоял сентябрь.

— Вы, вероятно, думаете, что нашему отделу спустили разнарядку на уборку картофеля и я хочу послать вас? — угадал его мысли начальник. — Нет, вы для этого слишком квалифицированный специалист. Речь действительно идет о картошке, но совсем в другом плане.

И Альфред Фомич поведал Петру, что сотрудники некоего отраслевого НИИ разработали метод обработки посевов картофеля лазерным излучением. Эффект получился потрясающий — урожай увеличился на треть!

— Что-то трудно в это поверить, наверняка какой-нибудь артефакт. А скорее просто приписки, — усомнился Петр Петрович.

— Я тоже склоняюсь к этой мысли, но результат воспроизведен в нескольких хозяйствах N-ской области, и авторы метода выдвинуты на очень высокую премию.

— Но мы-то здесь при чем?

— Комитет по премиям просит меня... то есть нас, — здесь он слегка запнулся... — провести независимую экспертизу и дать заключение. Вот я и прошу вас съездить в N-скую область и в составе комиссии разобраться на месте в природе этого удивительного феномена, если, конечно, он и в самом деле наблюдается, — закончил шеф.

— Хорошо, я постараюсь понять, что к чему, — ответил успокоенный Петр Петрович. Неделя в комиссии лучше месяца на уборке картошки.

В комиссию помимо Петра входили министерский экономист, два агронома-картофелевода из Академии сельхознаук и ответственный партийный работник в качестве председателя. За неделю предстояло побывать в трех совхозах и одном колхозе, где картофель выращивали по новой технологии.

— Начнем, пожалуй, с обеда, — пригласил всех к накрытому столу директор совхоза.

После полусуток в поезде и двухчасовой тряски на узике утомленные члены комиссии не стали отказываться от угощения. Петр Петрович не позволил себе расслабиться, в меру выпил, плотно при этом закусил и к концу трапезы сумел сохранить ясность ума. Этого нельзя было сказать об обоих агрономах-картофелеводах, которые, видимо почувствовав себя в родной стихии, изрядно нагрузились и стали демонстрировать свои вокальные данные, впрочем, не особенно богатые. Экономист, сухой и желчный джентльмен лет пятидесяти, наоборот, от предложенной выпивки отказался, ссылаясь на застарелую язву, и еще до окончания обеда начал требовать у директора совхоза отчетную документацию. Председателя же комиссии, как выяснилось, очень интересовали проблемы сельского строительства, и он увлеченно беседовал с руководителями совхоза об особенностях современных

стройматериалов, способах возведения внутренних лестниц и конструкциях финской бани.

После обеда Петра Петровича привели в среднего размера сарай, где стояла накрытая брезентовым чехлом тракторная тележка с каким-то оборудованием. Под чехлом оказалась укрепленная на высокой вертящейся подставке лазерная установка с источником питания. К вящему удивлению Петра, совхозный инженер запустил дизель-генератор, покрутил ручки настройки — и лазер заработал! По стенам сарая запрыгало яркое красное пятнышко. Рубин, определил Петр Петрович. Инженер оказался толковым парнем, он разъяснил, вполне адекватно используя термины «оптическая накачка», «газоразрядная лампа» и «импульсно-периодический режим», каким образом трактор возит тележку с лазером, вращением которого управляет приставленным к установке оператор.

— Но ведь излучение попадает только на небольшую часть кустов картофеля, а те, что внутри поля, остаются неосвещенными! — возразил Петр Петрович.

— Это вам надо обсуждать с разработчиками. Мое дело — ездить вокруг полей и перед цветением картошки осветить как можно больше растений. Я, кстати говоря, премию получаю за увеличение урожая.

Обескураженный непониманием сути явления, Петр Петрович во время вечернего застолья выяснил у экономиста, что отчетность по картофелю в совхозе в порядке и, судя по документам, в прошлом году на экспериментальных полях урожайность превысила контроль на 30 процентов.

В двух других совхозах работа комиссии прошла почти по такой же схеме: обильное угощение с изрядной выпивкой, пьяное пение агрономов с последующим выходом их из строя, деловитые строительные контакты председателя комиссии с руководителями хозяйств, цепкая проверка отчетности вездливым экономистом и безуспешные попытки Петра понять причину эффекта. Отличия совхозов состояли лишь в том, что уровень образованности операторов лазерной установки довольно-таки сильно различался. Несколько различались, по словам экономиста, и цифры увеличения урожайности: они колебались от 27,2 до 34,7 процентов. Но поскольку Петр Петрович в недалекие еще студенческие годы неоднократно участвовал в уборке картофеля, ему было ясно, что результат везде одинаковый, так как погрешность измерения урожайности

заведомо превышает десятки доли процента.

Оставался последний пункт работы комиссии — колхоз «Заря коммунизма», а понимания существа наблюдаемого эффекта так и не было. Утром предпоследнего дня командировки Петр попытался обсудить проблему с агрономами, но успеха не имел: с похмелья все их устремления были направлены на поиск вождельной рюмки водки и они уходили от разговора. Когда же искомое было найдено, повеселевшие агрономы понесли ахинею насчет энергоинформационного обмена между обработанными лазером растениями на периферии поля и массивом необработанных картофельных кустиков в его середине. Петр Петрович понял, что ничего путного из этого разговора не получится, и принял решение докопаться до истины, пожертвовав своим здоровьем.

Дело в том, что колхозный оператор лазера — не правда ли, красиво звучит? — оказался смысленным парнем, однако на лице его были явно заметны следы пагубного пристрастия к алкоголю. И Петр решил на этом сыграть. Сославшись на головную боль, он отказался от участия в заключительном банкете, пригласил оператора в свою комнату, где после опорожнения третьей бутылки тайна была раскрыта.

— Кто ж ее облученную брать-то будет? — слегка заплетающимся языком прояснил ситуацию оператор. — Народ не обманешь, ему картошки с радиацией даром не надо, пусть ее в закрома родины везут.

Стояла осень 1986 года — года чернойбыльской катастрофы, когда слова «облучение» и «радиация» стали страшными синонимами, сберегающими в данном конкретном случае колхозную картошку от расхищения.

На следующий день комиссия закончила работу и засобиралась домой. Все ее члены были вполне удовлетворены: агрономы-картофелеводы власть на расслаблялись, сухарь-экономист убедился в правильности отчетных документов, Петр Петрович тоже был удовлетворен: ему удалось, хотя и с некоторыми трудностями, подтвердить, что чудес не бывает и основы науки остаются незыблемыми даже в условиях отечественного сельскохозяйственного производства. Но больше всех был доволен председатель комиссии — он сумел договориться с селянами о поставке нескольких кубометров дешевого в этих местах круглого леса на строительство своей дачи.

В институте Петр первым делом доложил шефу о результатах коман-



ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

дировки, чем его непритворно порадовал.

— Но, Альфред Фомич, как же я буду подписывать акт?! Председатель комиссии ведь уже его составил. Написал, что все правильно, урожайность возрастает.

— Об этом, Петр Петрович, можете не беспокоиться. Вы официально не являетесь членом комиссии, в акте фигурирует моя фамилия. А я, как назло, завтра улетаю на две недели за рубеж, так что они, — Быкадоров качнул головой куда-то вбок, — обойдутся без нас.

Административной мудрости шефа Петру Петровичу было еще учиться и учиться.

Несмотря на положительное заключение комиссии, высокую премию соискатели в тот год не получили. Их обошли более ловкие конкуренты, будто бы добившиеся повышения урожайности хлопчатника путем полива его омагниченной водой. Злые языки, правда, утверждали, что дело не в величине расчетного экономического эффекта, который у хлопководов был несколько больше, чем у лазерных картофелеводов, а в том, что хлопководы включили в состав авторского коллектива именитого члена правительства своей республики.

Примерно через месяц после описываемых событий на консультацию к члену-корреспонденту Быкадорову приехали специалисты из одного прикладного института, которые использовали мягкое рентгеновское излучение для повышения плодородности норки. Эксперимент проводился в зверосовхозе, результаты были многообещающими.

— По сельскому хозяйству у нас большой док Петр Петрович, пригласите его, пожалуйста, — попросил секретаршу Быкадоров.

— Хотите, я сразу скажу, какой результат вы получили? — не дослушав гостей, прервал их Петр. — Тридцать плюс-минус три процента.

Пораженные звероводы молчаливо усталились на Петра Петровича.



Пит Хейн:

«Наивно пестовать идею,
что жизнь добрее
к прохиндею»

Имя знаменитого датского литератора Пита Хейна (1905–1996) уже знакомо читателям «Химии и жизни» по нашим прошлым публикациям: в 1994 (№ 3) и 1997 (№ 11) году мы печатали его короткие афористические стихи (в переводе Генриха Варденги), которые сам автор назвал груками.

Пит Хейн широко известен не только в Дании и всей Скандинавии, но и во многих англоязычных странах. Вот одно из доказательств его славы: открытый в 1997 году автомобильный туннель под территорией Амстердамского порта, который существенно сократил путь к центру города, назван именем Пита Хейна.

Почетный доктор нескольких университетов (в том числе Йельского), ученый, ставший литератором, изобретатель, инженер и художник, Пит Хейн умудрился счастливо соединить в своем творчестве науку и искусство. Таких во всемирной истории было немного, классический пример — Леонардо да Винчи. А другой великий — Нильс Бор, в то время когда Хейн работал в знаменитом Копенгагенском институте теоретической физики, избрал именно доктора Пита своим партнером по «интеллектуальному пинг-понгу».

Да, чего он только не делал, но все-таки более всего Хейна прославили груки, за которые его трижды выдвигали на Нобелевскую премию. Увы! Но тем не менее один из строгих английских критиков назвал груки Хейна «самой своеобразной изюминкой в датской литературе со времен Ханса Кристиана Андерсена». Эти груки переведены на десятки языков, даже на японский, китайский, персидский и эсперанто. Популярности груков Хейна способствовали рисунки автора, иллюстрирующие каждую миниатюру.

Предлагаемая вашему вниманию подборка составлена из стихов, включенных в книгу «Избранные груки Пита Хейна», которой московское издательство «Яуза» начинает двуязычную серию «100 рифмованных улыбок». Как явствует из названия серии, она посвящена малым формам — эпиграммам, лимерикам и юмористическим миниатюрам, которыми так богата англоязычная поэзия.

LIVING IS —

Living is
a thing you do
now or never —
which do you?

ЖИЗНЬ

Жизнь — поступков череда.
Решай:
сейчас или никогда?



A WORD TO THE WISE

Let the world pass in its time-ridden race:
never get caught in its snare.
Remember, the only acceptable case
for being in any particular place
is having no business there.



СПЕШИТЬ, НО КУДА!

Пусть несется прищипоренный временем мир;
не лучше ль иной удел:
да будет лишь тот уголок тебе мил,
куда бы ты наконец не спешил,
где нет никаких дел.

A TOAST

The soul may be a mere pretence,
the mind makes very little sense.
So let us value the appeal
of that which we can taste and feel.

ФИЛОСОФСКИЙ ТОСТ

Душа? Ее нет, скорее всего.
А разум? Какой он бессильный и тощий!
Так оцените же прелесть того,
что познается
на вкус и на ощупь.



TWIN MYSTERY

To many people artists seem undisciplined and lawless. Such laziness, with such great gifts, seems little short of crime. One mystery is how they make the things they make so flawless; another, what they're doing with their energy and time.



ДВОЙНАЯ ЗАГАДКА

Художники — так мнится всем — беспутны и беспечны. Безделье губит их талант, раскрыться не дает. Но почему работы их настолько безупречны? И столько времени и сил на что у них идет?



THE STATE

Nature, our father and mother, gave us all we have got. The state, our elder brother, swipes the lot.

ГОСУДАРСТВО

Природа нам мать, животворный наш сад, пред ней мы снимаем шляпу. А государство — наш старший брат, на все налагает лапу*.



ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

NAIVE

Naive you are if you believe life favours those who aren't naive.

НАИВНО!

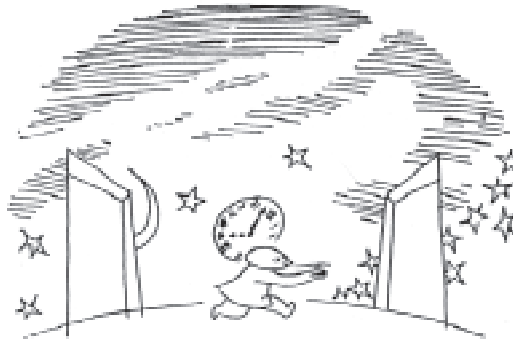
Наивно пестовать идею, что жизнь добрее к прохиндею.



* В оригинале обыгрываются два значения последнего слова: the lot означает «всё», lot — «налог».

ALLOTMENT

Your days on earth are just so few that there's exactly time to do the things that don't appeal to you.



УДЕЛ

Жизнь коротка как раз настолько, чтобы освоить ремесло и делать нужное, но только не то, к чему тебя влекло.

ТО, ЧТО НЕ СДЕЛАЛ БОГ

Я скульптор простой. Всю жизнь, как мог, превращал я земли кусок в то, что природа слепить не могла, в то, что не сделал Бог. Не знаю, нужны ли усилья мои, но, верно, по воле Творца я тоже в руках держу этот прах — бесформенный ком сырца.

SIMPLY ASSISTING GOD

I am a humble artist moulding my earthly clod, adding my labour to nature's, simply assisting God.



WHAT LOVE IS LIKE

Love is like a pineapple, sweet and undefinable.

СИМВОЛ ЛЮБВИ

Любовь! Ананас твой символ: Сладко и невыразимо.

Перевод с английского Генриха Варденги





*Безвременник великолепный,
Кавказ*

*Хохлатка Галлера,
Кавказ*

*Хохлатка обыкновенная,
Подмосковье*



Подпольная жизнь

землероев и мохороев

Зеленые землерои

Землероями называют кротов, которые роют длинные норы и так к этому привыкли, что на поверхность выходят редко, от света полностью отвыкли, да и не нужен им свет: их глаза утратили способность видеть. Казалось бы, для растений такая жизнь неприемлема: без света невозможно заниматься фотосинтезом. И для чего им зарываться? Разве что спрятать плоды от прожорливых животных, как это делает близкий родственник гороха — арахис. Его можно назвать частичным землероем, потому что зеленые листья находятся над почвой и, стало быть, освещены.

Совсем другие землерои живут на Крайнем Севере. Они почти полностью спрятаны в землю, которая бережет их от жгучих морозов. Выгодную для растений подземную жизнь ученые назвали геофитизацией (от греческого «гея» — земля).

Яркими красками расцветает летом тундра. Нежные цветы колышутся на свежем ветерке. Среди них один из самых красивых — рододендрон камчатский. Кажется, что большие яркомалиновые цветы на тонкой цветоножке вырастают прямо из-под земли. Многие считают рододендрон травой, но это не так. Если сорвать цветок, то под ним обнаружится очень маленький, в считанные миллиметры длиной,

Доктор
биологических наук
М.Т.Мазуренко

стебель, похожий на пенек. От него отрастает цветонос с двумя листьями. После плодоношения тонкий цветонос обламывается, и его уносит ветер, а маленький пенек остается живым. Таких торчащих, еле видимых крошек в тундре много, и они находятся то рядом, а то и далеко друг от друга, на расстоянии 1–2 метра. Это все над землей. Но теперь нам придется тоже стать землероями и разрыть землю под пенечком. Что же такого удивительного мы там найдем? В земле на небольшой глубине не вниз, а вдоль поверхности лежит ствол толщиной с палец, иногда больше. От этого стволика как-то беспорядочно отрастают более тонкие «ветви». Они могут быть длинными и тоже горизонтальными. А от них тянутся в разные стороны еще более тонкие и длинные стебли третьего порядка. Ученые их называют ксилоризомы, на них-то и можно увидеть многочисленные листья землероя, однако они совсем не похожи на те, что мы видим на поверхности: это очень маленькие, едва заметные пленочки, прижатые к белому тонкому стебельку. Для чего они растению — загадка. Очень многие белые стебли гиб-

нут, но некоторые тянутся вверх и выходят на дневной свет. И тут, прямо как в сказке, картина меняется. Пленки становятся большими изумрудными листьями, на верхушках расположен цветонос с прелестным большим цветком.

Подземную жизнь ведет на Севере и брусника. Далеко расползаются горизонтальные тонкие стволы вдоль поверхности почвы: в глубину им зарываться нельзя, мешает вечная мерзлота, куда никому нет доступа. Да и кто захочет жить среди льда! Тонкие подземные шнурки-стебли брусники — это не только защита от холода, но и быстрый способ расселения. От подземного шнура то и дело отрастают вверх невысокие веточки, похожие на маленькие букетики с листьями и розовыми колокольчиками цветов.

Жизнь во мху

Надежной защитой от холода может служить не только земля, но и мягкий мох. Подумаем: земля твердая, рыться в ней трудно, а мох подобен мягкой подушке или одеялу. Брио — означает мох. Поэтому мохороев назва-



Фото В. Крестова



ли бриофилами. Какие они, эти бриофилы? Например, нежная андромеда живет в моховой подушке точно так же, как рододендрон в земле. Белые стебельки-столоны роются и ветвятся внутри мягкого мха и создают сеть стеблей, от которых вверх отрастает надмоховой стебелек и нежный цветнос. Другие мохорои торчат прямо из мха. Это, например, багульник. Сжатый мхом со всех сторон, он стоит прямо. Его нижний конец постепенно отмирает, а наверху, на воздухе, так же постепенно отрастают новые побеги. Мох при этом нарастает вверх, постоянно поглощая нижнюю часть стебля. Получается интересное равновесие — баланс роста и отмирания. Багульник деревянистое растение, ива сетчатая — тоже. В отличие от багульника, она погрузила в мох свои стволы полностью. Только ее маленькие, пронизанные четкими жилками темные листья лежат на поверхности мха, «рисую» красочный орнамент.

Но есть на мхах и травы. Без мха не прожить морошке, которая так же, как и багульник, растет вверх и погружается вниз. Ее листья ложатся на мох,

*Рододендрон камчатский,
Камчатка*

*Ива сетчатая,
Чукотка*

*Тропические мхи,
Малайзия*



Фото А. Сочивко

Клюква, Подмосковье

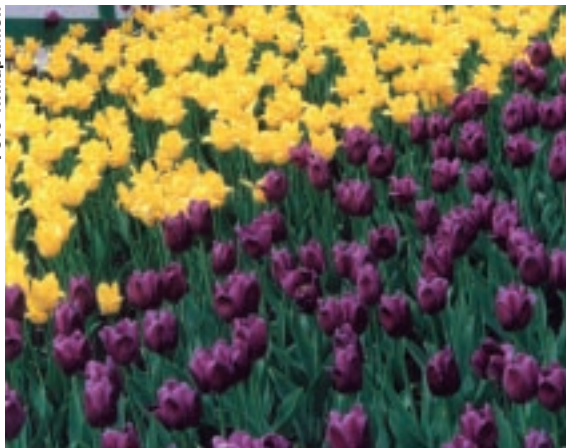


распластываются, а созревающие ягоды издали похожи на бусы, рассыпанные на моховой подушке, как и красные шарики-ягоды у клюквы. Но клюква отнюдь не мохорой. Она не погружается, а ложится поверх мохового пласта. Мох пропитан влагой, тянется вверх. Чтобы не зарости мхом, а остаться на свету, клюква устремляется вдоль моховой подушки, ползет, но не черепашьими шагами, а гораздо быстрее: задние части отмирают уже на третий год. Получается вместо вертикального горизонтальное равновесие.

На Севере мохорой прячутся от холода. В тропических же горных лесах мох служит для других целей. Обратим внимание — в тропиках растениям не холодно, а, наоборот, жарко. Там они не от холода зарываются в мох, а используют его как губку: гигроскопичный мох прекрасно держит влагу, испаряет ее постепенно. Садоводы давно используют его для укрытия растений от засухи. Об этом мне рассказы-

вала одна опытная огородница, которой приходится уезжать с дачи на целую неделю, а поливать ее любимые огурцы некому. Она собирает на болоте сфагнум и перед отъездом с дачи кладет его слой под огурцы, которые, как известно, очень любят воду. Через неделю приезжает — водяная подушка мха сохранила влагу. Так и тропическим растениям-эпифитам мох служит надежным хранилищем воды, из него черпают по мере надобности воду разнообразные папоротники и орхидеи, примостившиеся на ветвях, словно на насесте. Без мха, пропитанного водой, им было бы сложно: мхи доставляют необходимую для жизни воду на верхние этажи тропического леса, туда, где есть солнце. В тропиках, в горах, в поясе туманов, в прохладе, где моховые покровы разрастаются особенно активно, таких мохороев-эпифитов, выбравшихся из-под темного полога леса, очень много.

Фото Н. Маркиной



Тюльпаны, Москва

Как тюльпан уходит в землю

Из влажного царства мхов вернемся к землероям и отправимся в пустыню или полупустыню, где летом такая невыносимая жара, что растения могут буквально свариться. Как они придумали спастись? Правильно, зарываться на время жары в землю. Растения в пустынях пользуются недолгой прохладой весны или осени: выскакивают из-под земли, вегетируют, дают плоды и семена, а потом снова пря-

чутся. Надземная жизнь их очень коротка, поэтому землерои быстро запасают органические вещества в клубнях и луковицах.

Таких растений с большими и маленькими луковицами в пустынях очень много, и первыми вспоминаются всем нам хорошо знакомые тюльпаны. Люди, привлеченные их красотой, создали целую тюльпанную индустрию. Разнообразие цвета, формы цветка поражает воображение. Но образ жизни у тюльпанов не изменился. Они по-прежнему запасают органические вещества в луковицах. По-прежнему после пышного весеннего цветения отмирают на время. После плодоношения отмирают листья, и на поверхности земли ничего не остается — луковицы спрятались. В Подмоскovie, например, где очень любят весенние тюльпаны, их надземные части отмирают в конце июня. В это время луковицы необходимо выкопать, перебрать, просушить и снова посадить осенью. А если



Подснежник Воронова, Кавказ

не выкопать? Можно, конечно. В природе ведь никто их не выкапывает. Но луковицы уйдут глубоко в землю. Зачем? И как они это делают? На первый вопрос ответить легко: глубже закапываются от жары. Второй вопрос разрешить можно, только пронаблюдав за жизнью луковицы. В ее основе, как и положено, находятся корни. Но корни у тюльпана не простые. Они не только всасывают влагу, но и закапывают луковицу. словно лапки краба, идут корни вглубь, нискосок, и, постепенно отрастая, затягивают вниз луковицу.

Луковицы, клубни, корневища есть у многих растений. И большинство — эфемероиды; лишь на короткое время они выходят на поверхность, а потом прячутся, поэтому их название и происходит от греческого «эфемос» — короткий. Эфемероиды бывают не только в пустынях. Высоко в горах снежный покров лежит долго, больше





Цикламен, Аджария

Ветренница лютичная,
Подмосковье



Фото С. Комарова



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

сидит семейка листьев, которые выпускают наружу, над землей длинные черешки с пластинкой красивых пестрых листьев, и только в декабре выпускается розовый, замысловатый словно бабочка-крошка цветок. Цветение дряквы падает на январь-февраль! Любит она южные склоны. Растет целыми полями.

На северных же склонах из маленькой луковицы появляется галантус — подснежник Воронова. Белые колокольчики склоняются вниз. Его так много, что все северные склоны белеют, а южные розовеют! Поразительной красоты зимняя картина. Однако природа эфемероидов проявляется и у галантуса, и у дряквы, да и у других их родственников из колхидского леса, хохлаток, зубянок, в том, что, как только в мае отрастет листва на деревьях, под кронами на почве станет сумеречно, почти темно, отомрет и галантус, и дряква. Но не так надолго, как на Севере. Наступит опять теплая осень, а за ней бесснежная зима — и будут цвести подснежники. На юге их так называть можно с большой натяжкой. Но все-таки бывают и там большие снегопады. Тогда цветы действительно попадают прямо под снег, однако снега они не боятся, и, как только через неделю-две стихнет непогода, растает снег, подснежники снова радуют глаз.

В 1991 году на Юге была необычная зима: снегопады случались часто, один за другим. Такого в этих местах вообще-то не бывает. Получалось, что и галантус, и дряква не могли вырасти из-за холода и снега. Их календарь сместился на несколько месяцев: растения появились и зацвели только в марте! (Вспомним, что на Севере отрастание и цветение подснежников приходится на апрель.) Интересно заметить, что снег, как и на Севере, препятствовал установленному ходу событий. И эфемероиды вели себя соответственно: сначала прятались от снега, а потом от тени...

полугода — так же, как и на Севере. Из-за такого сурового режима безвременники (колхикумы) воспользовались осенью. Под осень из их луковиц вырастают нарядные цветки. Листьев не видно — их время еще впереди. Куртинки колокольчиков, белых или сиреневых настолько красивы, что колхикумы выращивают в садах. Они делают осенний сад таким нарядным, как будто снова наступила весна. С приходом холодов цветы увядают. Однако незадолго до этого в жизни растения случились важные события. Нет, оно не запасало питание, зеленых листьев не было. Но во время цветения прилетали насекомые, переопылили цветки. Именно для них была создана эта неповторимая красота. В земле под снегом у колхикума спрятана от зимних морозов не только луковица, но и оплодотворенная завязь! С весенними днями, когда снег тает и солнце заливает своим светом и теплом высокогорья, выскочат на поверхность сначала сочные блестящие листья колхикума, потом вырастет невысокий стебель и вынесет вверх зеленую коробочку пока еще не созревшего плода! Пройдет месяц-полтора, созреют и высохнут коробочки и рассыплют на поверхности земли легкие, как пленочки, семена. Цветоносы у колхикума довольно высокие, иногда до 20 см. Они колышутся под порывами ветра и высыпают семена. Отомрет высохший стебель, и снова колхикум, уже с новыми запасами, уйдет под землю, до осени. Колхикум прячется, зарывается дважды в год — летом и зимой.

Борьба с тенью по-землеройски

Много эфемероидов и в лесах умеренной зоны. Это хорошо знакомые нам весенние растения: хохлатки, ветренницы, гусиный лук, прострел. Как только в апреле стает снег — свершается чудо: почва едва оттаяла, а уже выросли подснежники. Перед нами то желтые, то белые, а то и сиреневые покровы из этих небольших, но очень нарядных растений. Жизнь их коротка. В мае они отцветают, а вслед за этим ложатся на почву созревшие плоды, рассыпаются семена, жухнут листья. Надземная часть растений отмирает на очень долгий срок — на лето, осень, зиму. А под землей остаются корневища и луковицы с запасами. От кого же зарываются лесные эфемероиды? Есть несколько причин. Первая — это тень. В дубравах, когда в мае дуб распустит свои листья, густые кроны затеняют землю. Летом эфемероиды прячутся от тени, а зимой от холода. Вот и остается совсем короткий срок, когда снег уже стаял, а листья еще не распустились и в лесу много света. Тогда можно и разгуляться!

На юге, в Колхиде, зимой снега нет. Он выпадает только на время. Эфемероидам можно не бояться холода. Они начинают постепенно отрастать с осени, а цветут в середине зимы! Так сказать, растягивают удовольствие. Дряква — цикламен аджарский начинает расти уже в конце августа — начале сентября. Но очень-очень медленно. В центре коричневого клубня





«Мертвая голова»
(*Acherontia atropos*)

Почему и как я начал собирать бабочек

Начала, заложенные в детстве человека, похожи на вырезанные на коре молодого дерева буквы, растущие вместе с ним, составляющие неотъемлемую часть его.

Виктор Гюго

Когда мне было года четыре, я впервые увидел огромную траурницу, порхавшую в саду между деревьями. До сих пор, а мне уже немало лет, я помню, как был потрясен ее сказочной красотой. Траурница оказалась одним из самых сильных моих впечатлений в детстве, да, пожалуй, и в жизни. Вероятно, удивительную красоту существ, на крыльях которых природа проявляет свою

способность творить прекрасное, особенно чутко и ярко воспринимают дети. И видимо, не случайно самое точное и художественное описание бабочек аполлонов (род *Parnassius*) я услышал от ребенка. На Тяньшанском перевале Долон десятилетний киргизский мальчик-пастух сказал так: «Белая бабочка как будто в легком пестром сарафанчике».

Я убежден, что человек тем сильнее любит избранную

им специальность, чем раньше он понял ее красоту.

Однако в детстве собирать бабочек мне не пришлось: в 1941 году началась война. После войны я оказался в Эстонии. А когда впервые отправился за бабочками в лес в пригороде Таллина — обнаружил там несколько неразорвавшихся авиабомб и снарядов. Интерес к их содержимому быстро перерос в страстное увлечение химией, которая и стала моей профессией (о чем я нисколько не жалею).

И все же восхищение бабочками не исчезло, и в ежегодных летних горных походах на Кавказе и Тянь-

Шане я пытался (правда, без сачка) поймать хотя бы тех, которые понравились мне больше всего, а в Москве дарил их друзьям.

В 1963 году Всесоюзное общество «Знание» послало меня в Кишинев читать лекции о значении химии в нашей жизни, а заодно проверить работу молдавской химической секции «Знания». Именно из-за второго поручения сотрудники этой секции все время старались меня куда-нибудь спровадить: если не на чтение лекций, так в театры, в музеи, в кино... Впрочем, я и не противился.

Однажды мне предложили побывать на сессии Молдавской академии наук. И там я увидел нечто удивительное: на стенде Института физики висел застекленный ящик, заполненный громадными бабочками «мертвая голова» (*Acherontia atropos*). Это были самцы, которые прилетели на ультразвук, испускаемый специально созданным генератором. Такими же ультразвуковыми сигналами самцов привлекает самка этого вида.

Мне страшно захотелось заполучить хотя бы одну «мертвую голову». Но по-



просить чудо-бабочку я постеснялся — и потом жалел об этом.

Желание иметь «мертвую голову» и досада, что не попросил ее, с годами усиливались. Я даже думал о том, как бы снова отправиться с лекциями в Кишинев, найти там физиков, наловивших бабочек, и навестить упущенное.

Решился же я лишь через 12 лет. В мае 1975 года лекции о достижениях химии я читал в Киргизии: во Фрунзе (ныне Бишкек), в Оше и, наконец, в Узгене. Нагрузка была приличной, и в воскресенье меня повезли на отдых в горы, в отроги Ферганского хребта.

Доехали до небольшого кишлака Саям-Алик на быстрой и полноводной реке Яссы, несущейся с гор, и пошли вверх по ущелью, вдоль ручья между двумя увальными хребтиками. Восточный, более низкий, — сплошь покрыт густым лесом грецкого ореха; западный — яркими субальпийскими цветами.

По довольно крутому склону поднимаюсь на широкий гребень «цветочного» хребтика и оказываюсь в волшебном мире. Солнце, давно прошедшее зенит, прикрыло безоблачное бирюзовое небо легкой золотистой дымкой. На восточном хребтике зеленым металлом блестя плотно сомкнувшиеся курчавые кроны грецкого ореха, а впереди, севернее, сияли белоснежные вершины Ферганского хребта. Ни ветерка. В неправдоподобной тишине изредка разда-

Фото А. Сочивко



Аполлон (Parnassius apollonius).

валась мелодичная трель птицы, невидимой в зарослях цветов.

Удивительная красота, незнакомые ароматы прогретых солнцем растений и давным-давно позабытый покой создавали ощущение тайны, сказочности. Вдруг я почувствовал: сейчас произойдет что-то необыкновенное, и сразу увидел крупную пеструю светлую бабочку, сидевшую со сложенными крыльями на лиловом шарике соцветия горного лука. Она уже расположилась на ночлег и поэтому позволила взять себя. Осторожно, не дыша, беру ее двумя пальцами. Потрясенная бабочка раскрывает широкие крылья — и я с восхищением вижу на белоснежном фоне ярко-алые, в черной оправе, округлые пятнышки. (Позднее, в Москве, я определил ее как

аполлона аполлониуса — *Parnassius apollonius*.)

Эта находка оказалась решающей: я впервые познал счастье встречи со сказочно прекрасной незнакомой мне бабочкой!

И вот в декабре того же года с лекцией «Химия в медицине» я отправился в Кишинев... В зале — сотрудники Института органической химии и физики АН Молдавии. После лекции было много вопросов. А когда они иссякли, я задал свой, так и не позабытый вопрос: «Знает ли кто-нибудь из присутствующих о ящике с бабочками «мертвая голова», который продемонстрировали на сессии Академии наук в марте 1963 года?» Все изумились, но тут поднялся один человек и сказал, что помнит этих бабочек; их дарили всем желающим, и, если бы

я попросил, — мне отдали бы хоть весь ящик. Он пообещал узнать судьбу оставшихся бабочек. И на следующий день я услышал ужасное: в ящике остались только булавки и коричневого порошок — поработали жуки-кожееды. Тогда мне стало ясно, что нельзя душировать свои увлечения, отказываться от счастья.

На следующее лето я собирал бабочек на Сахалине и в Приморском крае. И все свои отпуска с той поры провожу в поисках бабочек по всему свету. Но об этом — в другой раз.

Доктор химических наук

Л.В.Каабак







Четверть века без Высоцкого

ХРОНИКА



кация. Где? В августовском номере «Химии и жизни». И это единственный раз — при жизни, на родине.

Короткая публикация. Всего одно стихотворение. Оно называется «Черное золото» (в посмертных сборниках — «Марш шахтеров»). Вполне добропорядочное стихотворение с точки зрения советской цензуры, и хотя репутация автора, конечно, оставляла желать лучшего, но... как-то проскочило.

По этому поводу — «как-то проскочило» — в «Химии и жизни» до сих пор жива легенда. Говорят, один из тогдашних редакторов журнала — увы, покойный Владимир Станцо, обожавший бардов и неоднократно публиковавший их на наших страницах, поклялся Володе, что и его опубликует. Тот, понятно, не поверил. Поскольку беседа была вполне дружеской, то есть за обильным столом, поспорили на бутылку водки. Поспорили и разошлись. А потом В.Станцо отобрал самое лояльное. Но как это «лояльное» пробил в печать главный редактор «Химии и жизни», никому не ведомо. В конце концов публикация «Черного золота» состоялась, и Володя преподнес Владимиру Станцо честно (и удовлетворенно) проигранную бутылку водки.

Насколько нам известно, следующая, и уже достаточно большая, публикация Высоцкого (целых пять стихотворений) появилась в «Литературной Грузии» в 1981 году (№ 8), но это уже через год после его смерти. А следом был первый сборник — «Нерв» (изд-во «Современник»), малотиражный, однако и за это спасибо.

Спасибо всем. Спасибо «Химии и жизни» за первую и единственную публикацию Высоцкого в советском времени-пространстве, а также другим последующим публикаторам. А главное, спасибо Володе за то, что он осчастливил нас правом называться его современниками.

Борис Горзев

*Из колоды моей утащили туза,
Да такого туза, без которого — смерть.*

25 июля каждого года, начиная с 1980-го, — день, когда москвичи тянутся на Ваганьковское кладбище. Сначала их были многие десятки тысяч; сейчас тоже тысячи, но немногие. Это печально, но понятно: все-таки четверть века прошло.

В это последнее невозможно поверить, особенно людям из поколения Высоцкого. Как это — двадцать пять лет? Ну ладно, десять, ну пятнадцать, но двадцать пять? То есть двадцать пять лет, как с нами нет Володи?..

«Володя» — это никакое не панибратство: нам, его современникам, он разрешил называть себя именно так и этим гордился. Для всей страны тогда он был только Володей — народным человеком, народным поэтом, и эти звания ему достались от его же народа еще при жизни. Подобного не случилось ни с кем и никогда, да и вряд ли случится в будущем. Его любили все, от домохозяйек и студентов до академиков и членов Политбюро, хотя последние, понятно, тихонько, что бардом тут же было отмечено:

*Меня к себе зовут большие люди,
чтоб я им пел «Охоту на волков».*

Один известный кинодеятель недавно сказал: «Моя долгая жизнь делится на два периода: во время Высоцкого и после

него». Что ж, почти афоризм, однако признаем: пока Володя был жив, далеко не все понимали, насколько он велик. Любили, да, это безусловно, но вот осознание уровня его таланта — такое оказалось дано не всем. Ну потом, когда Высоцкого не стало, особенно через пару лет, — тут все ясно, тут наконец дошло! Печально, стандартно.

Понимали поэты Иосиф Бродский, Белла Ахмадулина, Булат Окуджава и Роберт Рождественский, однако не понимал поэт Андрей Вознесенский, относившийся к Высоцкому, как «к меньшому брату». Понимали художники Михаил Шемякин и Михаил Златковский, писатели братья Стругацкие, но не понимал кинорежиссер Эльдар Рязанов, да и некоторые из наших любимых бардов тоже. Список можно долго продолжать, и здесь из «непонимающих» поименованы только те, кто честно признался о том в СМИ. Хотя, повторяем, потом, через пару лет, после 25 июля 1980-го, все стало на свои места. Вот только Володи уже не было.

При жизни ему, артисту театра и кино, не дали даже «заслуженного». Дважды не приняли в Союз писателей. Странно, но он очень горевал из-за этого, хотя обладал самым высоким — всенародной славой. А вот хотелось увидеть себя напечатанным, именно на родине! Такая мечта.

Мечта осуществилась, но, как всегда у нас на родине, как-то скукоженно. В 1978 году, за два года до смерти Высоцкого, все же состоялась его публи-

НОВЫЕ СРОКИ!

НОВАЯ ПЛОЩАДКА!

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ!

IV международная специализированная выставка

Лаборатория

приборы, технологии исследований, оснащение, расходные материалы

Тематические разделы выставки:

1. Оборудование и приборы измерительные:

- Анализаторы состава веществ и материалов
- Приборы для определения физических характеристик веществ
- Приборы для контроля качества веществ
- Приборы для определения структуры веществ и материалов
- Аналитические и лабораторные весы
- Термометры
- Расходомеры, уровнемеры
- Промышленное оборудование для химической технологии

2. Оборудование лабораторное:

- Оборудование сушильное, термостатирующее, газовое, для отбора проб и подготовки проб к анализу, для очистки воды и т.п.
- Оборудование для хранения и утилизации отходов
- Оборудование и средства оснащения учебных лабораторий
- Вытяжные шкафы, ламинарные боксы
- Мебель лабораторная
- Посуда лабораторная, инструменты, спецодежда
- Реактивы химические, расходные материалы
- Тест-системы

3. Приборы и средства для мониторинга окружающей среды и спецконтроля

4. Технологии лабораторных исследований (в т.ч. программные средства и автоматизация исследований).

5. Технологии экспресс-анализа

6. Метрология

7. Услуги аналитических лабораторий

8. Оснащение лабораторий "под ключ"

9. Стандартизация и сертификация

**Санкт-Петербург
ВК "Ленэкспо"**

**26 – 29 сентября
2005**

Выставка проходит при поддержке:

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации,
Министерства образования и науки РФ,
Комитета по науке и высшей школе,
Центра испытаний и сертификации
Санкт-Петербурга "ТЕСТ - С - Петербург".

Информационная поддержка:



ХИМИЯ
и
БИЗНЕС

ФАРМАЦИЯ

территория
"НЕФТЕГАЗ"

www.la-b.ru

Организатор:

РЕСТЭК
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
15 ЛЕТ С ВАМИ

Тел.: (812) 320-8092, 303-8868

Факс: (812) 320-8090

E-mail: metal@restec.ru

www.restec.ru/laboratory

Дорогие исследователи, если вы собираетесь направлять проектные предложения в 7-ю Рамочную программу Еврокомиссии, то для вас с 22 по 24 сентября 2005 года организован первый учебный курс

coeur4life
training beyond borders

на базе ГУ НИИ Биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича РАМН по адресу: Погодинская ул., 10; Москва, 119121.

Обучение бесплатное, организовано в рамках программы IMPRESMAN-COEUR4LIFE (инициативный проект, поддержанный 6-й Рамочной программой Еврокомиссии). Цель программы — повысить умение и опыт в исследовательском и проектном менеджменте. В рамках этого проекта предполагается осуществить несколько мероприятий, направленных на повышение качества управления исследовательскими проектами в области наук о жизни. Более детальная информация о целях и задачах проекта представлена на веб-сайте: <http://www.coeur4life.net/>.

В рамках трехдневного учебного курса «Европейский исследовательский и проектный менеджмент в области наук о жизни» ведущие европейские эксперты ознакомят слушателей учебного курса с вопросами:

- Структура и инструменты европейских рамочных программ (FP6 and FP7);
- Основные источники информации и технология информационного поиска;
- Структура и жизненный цикл исследовательских проектов;
- Подготовка конкурсных предложений;
- Вопросы, связанные с защитой интеллектуальной собственности и передачей технологий;
- Менеджмент и руководство проектами;
- Администрирование европейских исследовательских проектов, включая финансовые правила, юридические процедуры, контрактные переговоры.

Также семинар предполагает практические занятия, основанные на опыте ранее реализованных и осуществляемых в настоящее время европейских проектов, а также предоставление слушателям самой актуальной информации относительно грядущей 7-й Рамочной программы.

В учебном курсе могут принять участие:

- ведущие исследователи (лидеры исследовательских групп), которые могут потенциально играть роль заявителя и/или контактного лица (лидера «команды») в европейских исследовательских консорциумах;
- менеджеры исследований и проектов, которые смогут оказать помощь ведущим исследователям в подготовке проектных предложений и управлении проектами или принять участие в распространении этих знаний в странах-партнерах;
- администраторы, вовлеченные в повседневное управление европейскими грантами (финансисты, юристы, патентоведы, и др.).

Необходимые условия участия в учебном курсе: **знание английского языка и умение работать с персональным компьютером** на уровне пользователя.

Участие в учебном курсе и получение соответствующих учебных материалов бесплатно. **Транспорт, проживание и питание оплачиваются самими участниками спецкурса или направившими их организациями.** Число слушателей ограничено (не более 20 человек). Все слушатели, успешно освоившие программу курса, получают сертификаты о повышении квалификации.

ВНИМАНИЕ! В рамках проекта будет выделено несколько грантов на поездки, которые будут способствовать развитию контактов между участниками учебного курса и их европейскими партнерами по проектам в области наук о жизни. Исследователи, планирующие направить проектные предложения в рамках 7-й Рамочной программы, получают возможность встретиться с потенциальными координаторами проектов по FP7 и обсудить с ними лично первые версии проектов.

Если Вы заинтересованы в участии в учебном курсе, пожалуйста, зарегистрируйтесь на веб-сайте проекта: <http://www.coeur4life.net/>.

Для получения дополнительной информации обращайтесь к российскому координатору проекта проф. Владимиру Васильевичу Поройкову, ГУ НИИ Биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича РАМН, Погодинская ул., 10, Москва, 119121. Тел.: (095)245-2753, факс: (095)245-0857, vladimir.poroikov@ibmc.msk.ru.

А также к главному координатору проекта Dr. Andrey Girenko, European Research and Project Office GmbH, Saarbrücken, Germany. Tel. +49 681 95923364 fax +49 681 95923370, ag@eurice.de



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Друзья защищают от гриппа

Американские ученые установили, что низкая социальная активность негативно сказывается на здоровье.

Сара Пресман и ее коллеги из Университета Карнеги Меллон в Питтсбурге (США) провели серию экспериментов. В них участвовали 83 добровольца-первокурсника, которым сделали прививку от гриппа. Они должны были ежедневно фиксировать, со сколькими людьми общались за прошедшие сутки и когда ощущали себя одинокими. Параллельно первокурсникам измеряли уровень кортизола — гормона стресса.

Выяснилось, что иммунный ответ на один из содержащихся в вакцине штаммов был на 16% слабее, чем в норме, у тех, кто считал себя одиноким, и на 11% — у тех, кто за две недели исследований общался с 4–12 сокурсниками. Если социальные связи включали порядка 20 человек, снижения иммунного ответа зафиксировано не было.

А вот очевидной связи между уровнем кортизола и иммунным ответом ученые не обнаружили. Содержание этого гормона было выше у студентов, считавших себя одинокими, но никак не влияло на количество антител спустя месяц после прививки. (Повышенный уровень кортизола может быть вызван тем, что одинокие люди, например, хуже спят.)

Пресман настаивает на том, что одиночество и социальные контакты — вещи принципиально разные, а потому смешивать их воздействие на состояние здоровья не стоит: можно быть общительным человеком и нередко испытывать чувство одиночества, а можно ощущать себя вполне комфортно, имея всего несколько друзей или знакомых (по сообщению агентства «New Scientist» от 2 мая 2005 г.).

Сходное исследование провели сотрудники Американской кардиологической ассоциации, которые наблюдали за состоянием здоровья 3000 мужчин. У холостяков и людей с низкой социальной активностью оказалось выше содержание интерлейкина-6 — белкового маркера воспаления.

Конечно, от одиночества лекарства не помогают, зато поддержка семьи и друзей — в самом деле эффективное защитное средство, уверена Пресман.

Е. Сутоцкая

Пишут, что...



...разрабатывается совместный российско-украинский проект, предполагающий запуск космического аппарата для наблюдения Земли в интересах науки и народного хозяйства («Исследования Земли из космоса», 2005, № 2, с.40)...

...с учетом механических свойств углеродных нанотрубок идея Циолковского о «космическом лифте» — башне-подъемнике с вершиной в космосе уже не выглядит нереальной («Космические исследования», 2005, т.43, № 2, с.157)...

...Россия по суммарным масштабам ниобиевых месторождений сопоставима с Бразилией, где в настоящее время добывают 89% всего ниобия («Разведка и охрана недр», 2005, № 4, с. 13)...

...с одной из версий «разумной» программы ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity) можно побеседовать по адресу www.intelli-buddy.com («New Scientist», 2005, т. 186, № 2496, с. 33)...

...произведения Б.Шоу на территории России охраняются авторским правом, а произведения Уэллса, Цвейга, Сент-Экзюпери и Киплинга — уже нет («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2005, № 4, с.65)...

...медицинские работники улучшают свои профессиональные качества, когда пробуют себя в качестве писателей («Scientific American», 2005, т. 292, № 5, с. 20)...

...общность мифологических мотивов у разных народов хорошо соотносится с генетическими «родословными деревьями» и предполагаемыми путями миграции древних людей («Природа», 2005, № 4, с. 60)...

...расшифрован геном молочнокислой бактерии *Lactobacillus acidophilus* («Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 2005, т. 102, № 11, с. 3906)...



...у мышей, которых кормили трансгенными томатами, вырабатывающими сложный белок-иммуноген, обнаружены антитела против гепатита В и ВИЧ («Доклады Академии наук», 2005, т. 401, № 5, с. 709)...

...создан прибор для быстрого одновременного определения поверхностного натяжения и вязкости жидкости («Приборы и техника эксперимента», 2005, № 2, с. 144)...

...фармакологам предлагают искусственное «лабораторное животное» для тестирования лекарств — кремниевую пластинку, на которой размещены клетки мозга, печени и сердца крысы («Nature», 2005, т. 435, № 7038, с. 12)...

...наиболее вероятные предки черепах — «щекастые ящеры» парейазавры («Зоологический журнал», 2005, т. 84, № 4, с. 464)...

...все человечество генетически предрасположено к атеросклерозу, гипертонии, диабету, так как особенности метаболизма, которые были полезны доисторическому человеку при нерегулярном питании, в современных условиях ведут к болезням («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2005, т. 41, № 2, с. 186)...

...при синдроме Марфана — наследственном нарушении обмена в соединительных тканях — снижается способность клеток к восстановлению ДНК, поврежденной гамма-облучением («Радиационная биология. Радиоэкология», 2005, т. 45, № 2, с. 145)...

...человеку с закрытыми глазами сложнее точно отсчитать заданный промежуток времени, чем отмерить заданное расстояние («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2005, т. 139, № 4, с. 465)...

...у многих видов статус самца зависит от яркости красной расцветки, а спортсменам красная форма, возможно, помогает побеждать («Nature», 2005, т. 435, № 7040, с. 293)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Тайна английской челюсти

Ученые пытаются заново определить возраст челюсти, найденной недалеко от города Торки в Англии. Результаты исследования могут заставить по-другому взглянуть на эволюцию человека.

Фрагмент челюстной кости, которая уже 80 лет хранится в музее города Торки, — возможно, самый древний из останков современного человека, найденный в Европе. Прежде считалось, что возраст находки — около 30 тысяч лет, теперь же есть все основания полагать, что она гораздо старше — 37–40 тысяч.

Кусок верхней челюсти человека с тремя зубами был обнаружен во время археологических раскопок в пещере в 1927 году. Сэр Артур Кейс, ставший впоследствии ведущим анатомом Великобритании, идентифицировал найденный образец как челюсть современного человека (*Homo sapiens*). Истинная его ценность выяснилась в 1980 году: с помощью радиоуглеродного анализа удалось доказать, что останкам около 30 тысяч лет. Однако недавно стало известно, что кость была скреплена бумажным клеем. Это означает, что результаты датирования могли оказаться неточными.

Роджер Якоби, сотрудник Британского музея, и его коллеги попытались определить возраст костей животных, найденных в пещере рядом с фрагментом челюсти. Выяснилось, что слою, в котором найден обломок, от 37 до 40 тысяч лет (по сообщению агентства «BBC News» от 27 апреля 2005 г.).

Из обнаруженных в Европе останков современного человека старше 28 тысяч лет лишь эта челюсть и кости из Румынии имеют более или менее точную датировку. Если фрагмент из Торки принадлежит человеку разумному, то он — очевидец времени, когда этот вид только появился в Европе. А если речь идет о неандертальце, то это первые свидетельства о нем, найденные на территории Англии. С помощью анализа ДНК ученые надеются поставить точку в этом вопросе.

М. Егорова



А.Г.ВОРОНКОВУ, письмо из интернета: *Если между двумя одинаковыми электродами в растворе возникнет ЭДС, это, скорее всего, означает, что электроды не абсолютно одинаковы, а отличаются содержанием электрохимически активных загрязнений или даже просто качеством механической обработки.*

Е.В.БИРЮКОВУ, Подольск: *Индекс из двух букв рядом с названием краски обозначает жидкую основу, на которой она приготовлена: ГФ — глифта-левый лак, ПФ — пентафталевый; смешивать между собой краски вышеупомянутых типов можно в любых пропорциях.*

П.А.КАМЫШЕВУ, Санкт-Петербург: *По поводу фракций, полученных при перегонке вещества мозга в романе Мишеля Жуве («Химия и жизнь», 2005, № 5), автор публикации сообщил, что современные химики затрудняются точно описать их состав; во всяком случае, всю органику экспериментаторы XVIII века сожгли, а остался, как они и предполагали, фосфор — с примесью продуктов окисления и распада белков, фосфолипидов и т. д.*

А.М.ГРОЗДОВОЙ, Тула: *Чтобы малина не раскисла при сушке, надо брать не совсем спелые, розовые ягоды; сушить можно на солнце 10–12 дней или в духовке 1–2 часа, при температуре сначала 45–50°C, потом при 60°C.*

Л.Д.БОРТЯНСКОЙ, Новосибирск: *Шампиньоны не темнеют при нарезании, если их промыть в подкисленной воде, с добавлением уксуса или лимонной кислоты.*

ЛАРИСЕ КОПТЕВОЙ, Москва: *Спасибо за теплые слова; насчет конденсата вакантных орбиталей вы сомневаетесь совершенно правильно — это как раз и проявило себя наше чувство юмора, благо номер был апрельским; когда пришлете ваш почтовый или электронный адрес, мы ответим и на второй вопрос.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Просим прощения, противень по-немецки — не Bratpanne, а Bratpfanne, на что нам справедливо указали люди, знающие этот язык.*

К.А., Москва: *95% неисправностей в радиоэлектронике происходит по двум причинам: отсутствие контакта там, где он нужен, и наличие контакта там, где он не нужен, так что, согласно правилу Оккама, вероятнее любая из этих причин, чем вмешательство инопланетян или других злых сил.*

МИФЫ



о болезнях и лекарствах

Откуда берутся болезни, как их избежать, а коли уж заболели, то как вылечиться — вот темы, которые интересуют всех. А где всеобщий интерес, там и мифы.

Один из самых грандиозных медицинских мифов — то, что гастриты и язвы происходят от нервов, еды всухомятку и пристрастия к горячительным напиткам. То есть, конечно, и стрессы, и неправильное питание, и тем более пьянство — факторы риска. И все-таки у язвенных заболеваний, к огромному удивлению всего прогрессивного человечества, оказались две причины, не связанные напрямую с трудностями личной биографии пациента («Химия и жизнь», 1998, № 5, статьи А.А.Травина и В.Артамоновой). Гены предрасположенности к язвенной болезни искали долго, фактически на протяжении всей истории медицинской генетики. Нашлось множество генов, в той или иной степени приближающих своего носителя к слизистым кашкам и паровым котлетам вместо красного вина под шашлычок. Взвалить всю вину на некий единственный «ген язвы» не получилось, однако в 1976 году американские генетики под руководством Джеймса Роттера, изучая семейные случаи заболевания, нашли мутантную форму гена, отвечающего за секрецию пепсиногена, белка-предшественника пепсина — пищеварительного фермента. Если у человека есть эта мутация, пепсиногена (и соответственно пепсина) в его желудочном соке больше, чем нужно. Язва неизбежно возникает у четырех из пяти таких людей. И все-таки это — лишь половина всех случаев заболевания.

Гипотеза об инфекционной природе язвы имеет не менее длинную историю, чем «генетическая». Но лишь в 1983 году она была убедительно доказана: австралийские врачи Робин Уорен и Барри Маршалл опубликовали статью, в которой описали открытого ими возбудителя язвы. Чтобы доказать, что появление посторонней живности в желудке — именно причина болезни, а не, скажем, ее следствие, Маршалл совершил поступок, достойный настоящего ученого: выпил культуру бактерии. Результатом был сильнейший гастрит (впоследствии вылеченный), а затем полный триумф. Данные Уорена и Маршалла не опровергнуты по сей день, более того, они получают все новые подтверждения. Всемирная организация здравоохранения официально признала зловещую роль *Helicobacter pylori* в развитии гастритов, язвы желудка и двенадцатиперстной кишки. Теперь в грамотно построенный курс лечения обязательно входят и тесты на присутствие заразы в организме пациента, и при необходимости — антибактериальная терапия.

Таинственны не только болезни, но и лекарства. История науки полна былей и сказок о том, как люди обнаруживали биоло-

гическую активность природного сырья, наблюдая за животными. Тут и легендарные эфиопские козы, которые ели побеги кофе и потом скакали ночи напролет, пока пастухи не решили проверить на себе, с чего это скотинка так взбодрилась. Тут и белые коровы, сраженные солнечным ударом после поедания некой травы, которую приметливые крестьяне назвали зверобоем, — так состоялось знакомство человечества с фотосенсибилизаторами. С подобной же истории зачастую начинаются научно-популярные рассказы о хинине. Дескать, индейцы видели, как пумы сдирают и гложут кору хинного дерева, и научились готовить из нее лекарство от лихорадки, а затем европейцы переняли опыт у индейцев... Но если истории с козами и коровами не лишены правдоподобия, то байка про пуму и хину — наверняка вымысел, что и засвидетельствовал наш постоянный автор В.Б.Прозоровский в статье «Кинкина, или Кора всех кор» («Химия и жизнь», 1984, № 11). Почему? Да сразу по двум причинам: представители семейства кошачьих не болеют малярией, а пумы не живут на высоте от полутора до трех тысяч метров над уровнем моря, где растут хинные деревья.

И даже медицинские приборы, созданные руками человека, порой преподносят загадки. Звуковой, или аускультаторный, метод измерения давления изобрел (о чем не все знают) русский врач Н.С.Коротков (1874–1920). Почти каждый человек хоть раз в жизни вдевал в уши фонендоскоп, застегивал родственнику или знакомому черную манжету выше локтя и давил грушу, накачивая воздух. По мере того как воздух из манжеты медленно выпускают, давление в ней падает, в ушах раздаются отчетливые глухие удары — от «верхнего», систолического давления до «нижнего», диастолического, потом стихают. Спрашивается, что это за звуки? То есть ясно, что слышим мы пульс, но как это кровь, потаенно бегущая по сосудам, ухитряется так шуметь?

В разное время специалисты предлагали гипотезы, связывающие звуки Короткова с завихрениями тока крови в сжатой артерии, с кавитацией, с активными сокращениями мышц сосудистой стенки... Авторы «Химии и жизни» (1987, № 7) предложили свое, весьма убедительное объяснение: «Пока давление крови меньше давления воздуха в манжете, артерия остается пережатой. Во время систолы, когда нарастающее артериальное давление превосходит давление в манжете, артерия начинает расправляться, причем не

одновременно по всему пережатому участку, а волной от верхнего края манжеты к нижнему. Но скорость пульсовой волны в уже расправившейся части артерии больше, чем в той, которая еще только начинает расправляться, поэтому «гребень» пульсовой волны движется гораздо быстрее, чем «подшва» (см. статью о цунами в этом же номере. — *Примеч.ред.*)... Когда пульсовая волна начинает опрокидываться и ее фронт становится очень вогнутым, артерия расправляется почти мгновенно, хлопком, приводя в движение окружающие ее мягкие ткани». Эти-то колебания на поверхности руки и воспринимаются как звук.

И кстати, чтобы закончить с мифами: утверждение, что давление на правой и на левой руке у одного и того же человека бывает различным, ни на чем не основано. Если мерить аккуратно, с соблюдением всех несложных правил — должно быть одинаково.

Е.Котина



ЮБИЛЕЙ

THE JOURNAL OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF
MUSIC LIBRARIANS AND DOCUMENTALISTS

Volume 35, Number 1, 2008

J M I M A

ISSN 0022-3107



Editorial Board
Editor
Editorial Board



Editorial Board
Editor
Editorial Board

ISSN 1727-5903
9 771727 590006