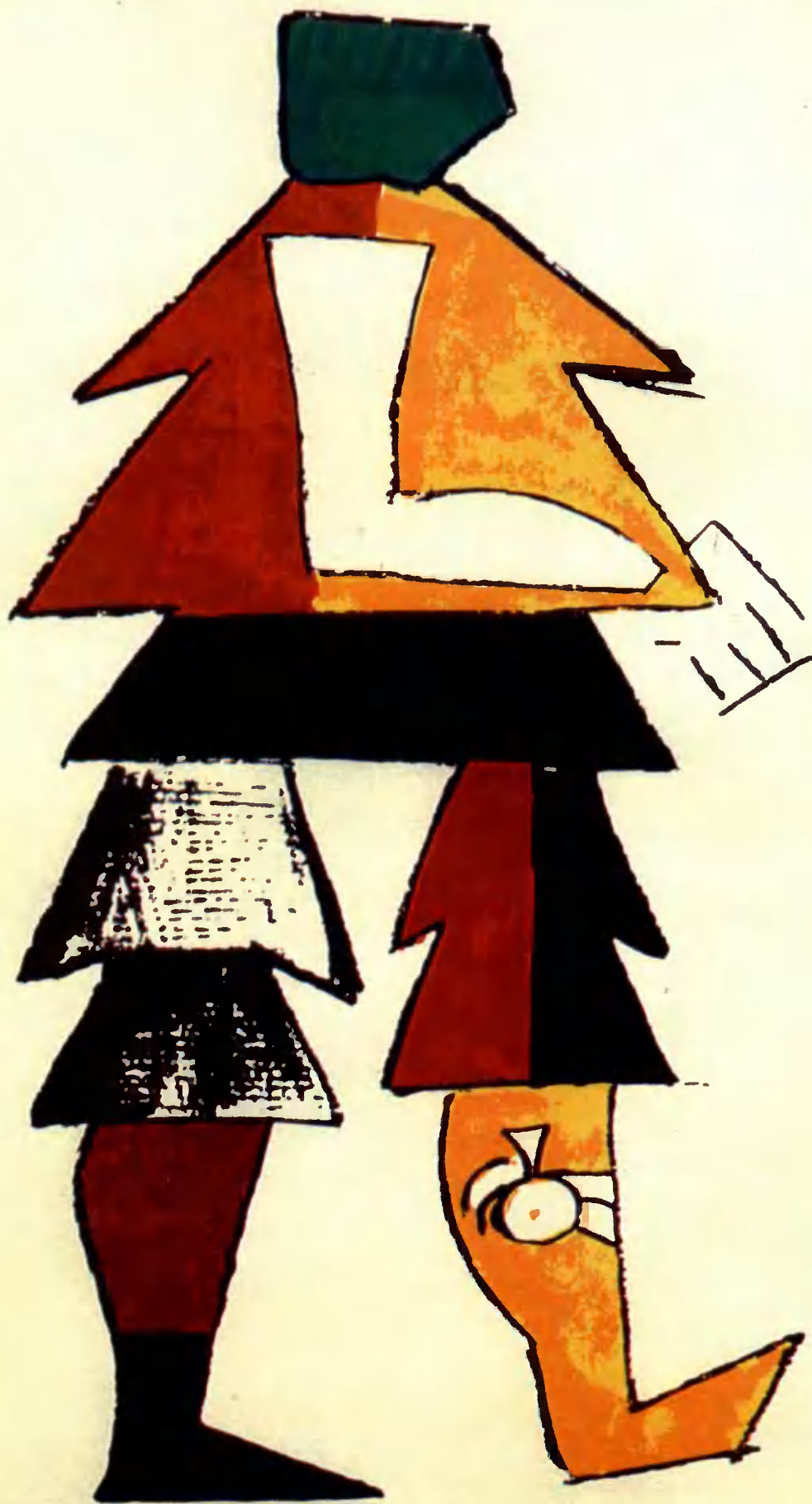




10
2000

СНОВИЖ И РИМНИХ





K. Mauch 1913

Homage to me

Российской академии естественных наук — 10 лет



Российская академия естественных наук (РАЕН) создана учредительным съездом 31 августа 1990 г. по инициативе ученых, представляющих академическую, вузовскую и отраслевую науку. Учредителями Академии стали крупные ученые России. Среди них лауреат Нобелевской премии академик РАН А.М. Прохоров, академики РАН Г.Н. Флеров, А.Л. Яншин, В.И. Гольдманский и другие, а также некоторые академические и отраслевые институты, вузы, научные общества, ассоциации, министерства и ведомства.

Своим становлением РАЕН во многом обязана первому президенту Академии, доктору геолого-минералогических наук Дмитрию Андреевичу Минееву. Благодаря этому известному ученому, чьим именем назван гранат природного буро-зеленого цвета, минеевит, РАЕН стала независимой общественной научной академией, в основе деятельности которой — демократичность, самоуправляемость и независимость науки.

Сегодня РАЕН возглавляет Олег Николаевич Кузнецов, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ВНИИГеосистем, ректор Международного университета природы, общества и человека «Дубна», профессор МГУ им. М.В. Ломоносова.

За 10 лет РАЕН превратилась в настоящий суперклуб ученых, в состав которого входят более 2500 докторов наук и профессоров, лауреаты Нобелевской, Ленинской, Государственной премий, заслуженные деятели науки и техники России, авторы научных открытий, а также 250 иностранных членов. Среди 100 почетных членов РАЕН — лауреаты Нобелевской премии по химии Илья Романович Пригожин, Роальд Хофман, Аарон Круг и Пауль Берг.

Сегодня РАЕН организует и координирует работу в области фундаментальных и прикладных исследований по 17 секциям, 7 отделениям и более 100 региональным научным отделениям, центрам и институтам, проводит конференции и семинары, готовит и реализует научные общественно значимые программы в области наук о природе и обществе как целостной и взаимосвязанной системе.

К 10-летию со дня основания РАЕН учредила почетный знак «Рыцарь науки и искусства» и серебряную юбилейную медаль «Российской академии естественных наук 10 лет» с изображением В.И. Вернадского. Почетное звание «Рыцарь науки и искусства» Академия будет присуждать выдающимся отечественным и зарубежным государственным и общественным деятелям, деятелям науки и культуры, которые своим трудом внесли крупный вклад в прогресс человечества, а также предпринимателям-меценатам, способствующим развитию науки, образования и культуры России. Юбилейной медалью будут награждены те, чья деятельность помогает реализовать принципы и задачи, провозглашенные РАЕН.



10

Химия и жизнь — XXI век

2000

Ежемесячный
научно-популярный
журнал

*Многие лета
Российской
академии
естественных наук!
Поздравляем!*



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Астрина
к статье «Ферменты — самые понятные
катализаторы»

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
эскиз костюма неприятеля,
выполненный К.Малевичем,
к опере «Победа над Солнцем».
Хочется победить все неприятности,
в том числе и энергетические.
А вот как это сделать, читайте в статье
«Водородная энергетика:
пора бурить скважины»



СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:

Компания «РОСПРОМ»
М.Ю.Додонов
Московский Комитет образования
А.Л.Семенов, В.А.Носкин
Институт новых технологий
образования
Е.И.Булин-Соколова
Компания «Химия и жизнь»
Л.Н.Стрельникова

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

Издатель:

Издательство «Химия и жизнь»
Генеральный директор
В.И.Егудин

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Главный художник
А.В.Астрин
Ответственный секретарь
Н.Д.Соколов

Зав. редакцией
Е.А.Горина

Редакторы и обозреватели
Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,
Л.А.Ашкинази, Л.И.Верховский,
В.Е.Жвирблис, Ю.И.Зварич,
Е.В.Клещенко, С.М.Комаров,
М.Б.Литвинов, О.В.Рындина,
В.К.Черникова

Производство
Т.М.Макарова
Служба информации
В.В.Благутина

Агентство ИнформНаука
Т.Б.Пичугина
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 28.09.2000
Отпечатано в типографии «Финтрекс»
Адрес редакции
107005 Москва, Лефортовский пер., 8.

Телефон для справок:
267-54-18,
e-mail: chelife@informnauka.ru

Ищите нас в Интернет по адресам:
[http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/
chelife/welcome.html](http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/chelife/welcome.html);
<http://www.aha.ru/~hj/>;
<http://www.informnauka.ru>

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

Подписные индексы:
в каталоге «Роспечать» — 72231 и 72232
в каталоге ФСПС — 88763 и 88764

© Издательство
научно-популярной литературы
«Химия и жизнь»



38

Фриц Габер
был совершенно
незаурядной личностью,
сочетавшей в себе,
казалось бы,
несовместимые черты:
любовь к науке
и неумное честолюбие,
личное обаяние
и цинизм, практическую
расчетливость
и мужество.

Химия и жизнь — XXI век

После обстрела жгутами
застывающей пены «террорист»
обездвижен.

40



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С.Д.Варфоломеев «ФЕРМЕНТЫ — САМЫЕ ПОНЯТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ»	8
А.Е.Шилов БИОМИМЕТИКА	15
Е.Клещенко СВОБОДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ УКРАЧИВАЕТ ЖИЗНЬ	22

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Э.Хокли ЗАЩИТНАЯ ОКРАСКА ПРОТИВ НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ	28
---	----

ПОРТРЕТЫ

А.М.Черников ПРЕВОСХОДЯЩИЙ ЦЕЛЬСА	32
--	----

МИРОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР

Р.Хоффман ФРИЦ ГАБЕР — ЖИЗНЬ В ХИМИИ	38
---	----

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

А.В.Хачоян НЕСМЕРТЕЛЬНОЕ ОРУЖИЕ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ КОРРЕКТНОСТЬ	40
М.Ю.Корнилов ФУЛЛЕРЕН — 2000	45

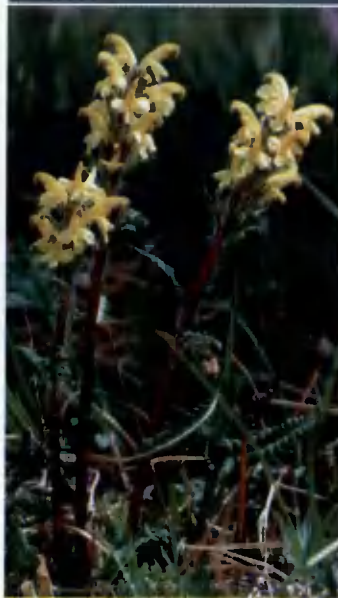
46



Уже сегодня точно известны места на планете, где можно действительно качать водород из недр, решая тем самым проблемы водородной энергетики.

58

Эти удивительные крошки хорошо приспособились к жизни в невероятно трудных условиях. Одни приняли вид ковриков и подушек, вторые спрятались в землю и мох, третьи подружились с лишайниками.



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

В.Н.Ларин

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ПОРА БУРИТЬ СКВАЖИНЫ 46

МУЗЕИ

В.Артамонова

НАЧЕРТАНИЯ НА СКАЛАХ 52

ЭКСПЕДИЦИИ

М.Т.Мазуренко

ПРОГУЛКА ПО ТУНДРЕ 58

ФАНТАСТИКА

Л.Лобарев

ПРОФЕССИОНАЛ 66

ИНФОРМНАУКА	4	ИНФОРМАЦИЯ	68
НОВОСТИ НАУКИ	20	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	36	ПИШУТ, ЧТО...	70
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ	62	ПЕРЕПИСКА	72

В номере

4

ИНФОРМНАУКА

Почему иммунитет малыша зависит от прогулок мамы во время беременности и почему в санаториях Крыма надо отдыхать не менее 18 дней.

8

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Рассказ о ферментах и о том, как ученые пытаются ускорить химические реакции с их помощью.

28

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Что общего у красителя «конго красный» и болезни Хантингтона? Оказывается, этот краситель сегодня служит ученым прообразом будущего лекарства.

32

ПОРТРЕТЫ

Первый профессор химии от сотворения мира. Именно так назвал Парацельса А.И.Герцен, который, как известно, комплименты зазря не раздавал.

52

МУЗЕИ

Карелия сберегла не только «Калевалу», но и знаки, выбитые на скалах в те незапамятные времена, которые сами создатели эпоса относили к эпохе сотворения мира.



Лунные загадки

Украинский радиоастроном А.Архипов (Радиоастрономический институт НАН Украины) проанализировал несколько тысяч изображений лунной поверхности и с помощью оригинальной компьютерной методики выявил свыше 130 необычных формаций, напоминающих искусственные объекты. Возможно, они принадлежали древним инопланетным цивилизациям, экспедиции которых посещали Луну. Все сведения об этой планете А.Архипов собрал в электронной энциклопедии «Загадки Луны», которая насчитывает более 400 страниц, 100 иллюстраций и богата документальным материалом.

Исследованию аномальных явлений на Луне посвящена одна из глав диссертации «Новые подходы к проблеме поиска внеземных цивилизаций», которую недавно защитил Алексей Архипов, сотрудник Радиоастрономического института Национальной академии наук Украины. Ученый исследовал лунный рельеф по фотографиям полярных областей Луны (выборка из 15 тысяч изображений). Такая съемка была выполнена в ходе совместного эксперимента Министерства обороны США и НАСА в 1994 году.

Автор применил оригинальный компьютерный поиск аномальных объектов с использованием фрактального и прямоугольного тестов. В результате в малоисследованном диапазоне размеров — от 10 до 5000 метров — выявилось свыше 130 необычных формаций. Они не были описаны ранее в литературе по геологии Луны. Эти замкнутые, регулярные скопления прямоугольных валов более всего напоминают аэрофотоснимки земных археологических объектов или современные проекты лунных баз. Ширина такого вала измеряется несколькими десятками метров, а длина составляет около километра. Например, один из этих объектов размерами 800 на 800 метров, расположенный на вершине холма, напоминает городской микрорайон с его прямоугольными кварталами и ровными улицами.

Что это — природные образования или артефакты? По мнению автора, ди-

станционные методы не могут доказать искусственное происхождение таких лунных формаций, похожих на руины, поэтому необходимы археологические исследования.

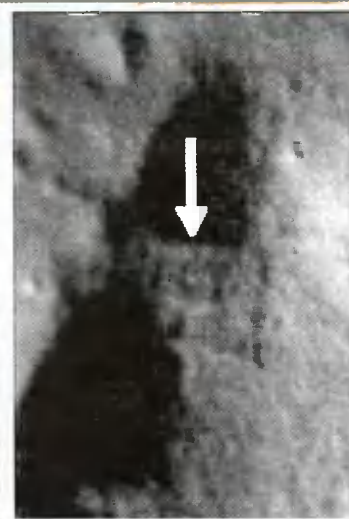
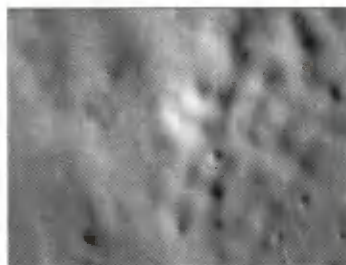
Но если это действительно искусственные образования, то как они могли появиться на Луне? Ученый рассуж-

дает так. Система Земля–Луна существует около четырех с половиной миллиардов лет. За это время были возможны экспедиции инопланетных разумных существ, которые вполне могли заинтересоваться Землей с ее уникальной кислородной атмосферой.

Луна, занимающая стратегическое положение в околоземном пространстве, — удобный наблюдательный пункт для древних визитеров из внеземных цивилизаций. Кстати, немало известных астрономов, включая Иоганна Кеплера и Иосифа Шкловского, считали, что есть смысл искать на нашем спутнике искусственные объекты, созданные путешественниками из другой цивилизации. По мнению Алексея Архипова, на нашем спутнике вполне могли сохраниться какие-нибудь улики инопланетных визитов: благодаря низкой скорости эрозии лунной поверхности многие привнесенные объекты, даже величиной со спичечный коробок, могли «законсервироваться» здесь на миллиарды лет.

Интересно, что Алексей Архипов успешно занимается и другим, классическим, направлением в астрономии — радиоизлучением Юпитера. Но он предпочел защищаться по теме, которую сегодня большинство астрономов воспринимают скептически. Впрочем, у А.Архипова есть и сторонники среди ученых. Вот что написал украинскому радиоастроному профессор Университета Южной Флориды, археолог Джеймс Стрендж: «Ваш компьютерный поиск археологических объектов на Луне — это как раз то, что я бы сделал, если бы мог».

Результаты исследования А.Архипова теперь представлены в его электронной энциклопедии «Загадки Луны».



Здесь есть старинные рисунки, современные космические снимки, кадры видеозаписей, стенограммы переговоров НАСА с экипажем «Аполлона-11» и собственные исследования автора. В энциклопедии около четырехсот страниц, более ста иллюстраций и обширная библиография. В ней можно получить ответы на самые разнообразные вопросы. Например, сколько случаев аномальных явлений на Луне было зарегистрировано в разные годы? Как реагировала эта планета на посадку земных космических аппаратов? Как выглядят проекты ее колонизации землянами? Здесь же помещены снимки аномальных участков планеты, которые нехарактерны для природных образований.

Искусственная печень

Новую конструкцию биореактора «Биологическая искусственная печень» предложили и испытали ученые из Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (Пушино). Он перспективен для применения при острой печеночной недостаточности.

Если какой-то орган человека по каким-либо причинам перестает справляться со своей работой, ему нужна поддержка. В этом случае больного подключают к внешнему искусственному органу, например к искусственной почке. Подобных ситуаций в медицинской практике очень много, поэтому ученые всего мира уже давно работа-



ют над созданием аппарата для поддержания функций печени. Однако все разработанные системы пока далеки от совершенства.

В таких аппаратах работают донорские клетки печени, гепатоциты, через которые прокачивают кровь или плазму крови пациента. Гепатоциты в биореакторе работают как вспомогательная печень для больного. Однако обеспечить такие условия, чтобы изолированные гепатоциты были активны как можно дольше, очень сложно. А это чрезвычайно важно, особенно в случаях острой печеночной недостаточности, когда необходимо надолго подключать пациента к искусственной печени.

Доктор физико-математических наук В.С.Акатов с коллегами предложил биореактор, в котором работают не изолированные клетки, а фрагменты печени. В таких фрагментах сохраняется естественное околоклеточное микроокружение, помогающее клеткам не терять активность достаточно длительное время. Ученые поместили фрагменты печени лабораторных крыс и частицы носителя в биореактор, через который при помощи насоса пропускали питательную среду. Чтобы оценить, как работают клетки печени в искусственной среде, они постоянно следили за ее химическим составом. Испытания показали, что клетки печени в таком биореакторе хорошо справлялись со своей работой. Они удаляли из среды ионы аммония и синтезировали мочевину: этот процесс предотвращает поражение мозга при острой печеночной недостаточности. Причем гепатоциты в новом биореакторе активно работали в течение полутора суток (!) даже без дополнительной подпитки свежей питательной средой.

Напомним, что используемые сегодня аппараты «Биологическая искусственная печень» выдерживают сеанс длительностью 4–8 часов.

Поскольку печень поставляет основную массу белков для плазмы крови, ученые исследовали, как гепатоциты в биореакторе синтезируют и выделяют белки. Для этого использовали меченые аминокислоты. Оказалось, что и после 24 часов клетки в биореакторе продолжали свою работу, то есть сохраняли активность. Вообще, в реакторе они вели себя подобно тому, как родные клетки печени в организме человека, например, отзывались на гормональные сигналы: если в среду добавляли адреналин, то в гепатоцитах снижалось содержание гликогена (именно так это происходит в организме).

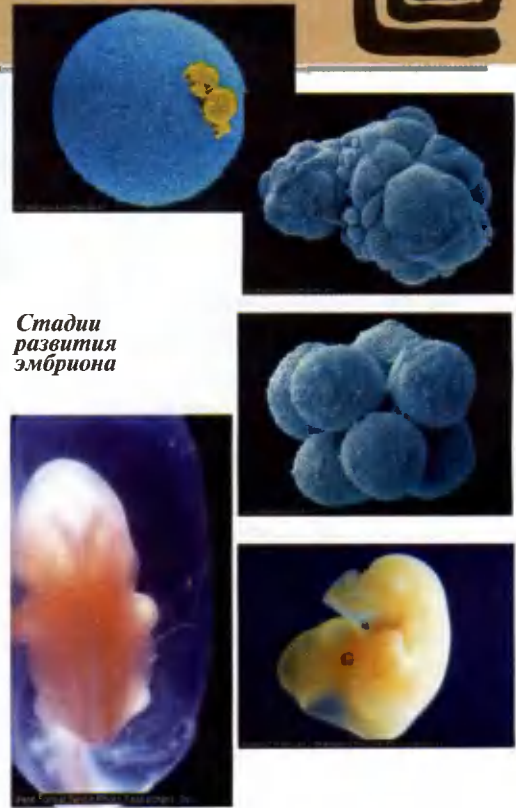
Такая система может довольно долго поддерживать жизнеспособность клеток печени, которые в это время выполняют свои «функциональные обязанности». Во всяком случае, к 30-му часу работы доля жизнеспособных клеток в реакторе составляла, как и в начале культивирования, более половины.

Важно, что конструкция нового биореактора проста и обеспечивает интенсивный обмен веществами в реакторе между кровью больного и гепатоцитами. Ученые завершили эксперименты, которые показали, что биореактор хорошо стабилизирует показатели крови и повышает выживаемость животных с острым поражением печени. Авторы считают, что предложенный биореактор перспективен для применения в клиниках в качестве аппарата «Биологическая искусственная печень» в случаях острой печеночной недостаточности.

Иммунитет младенца

Недостаток кислорода у развивающегося эмбриона снижает иммунитет у новорожденных, потому что образуется больше эритроцитов и меньше лимфоцитов. К такому выводу пришли ученые из Института клинической иммунологии СО РАМН (Новосибирск).

То, что внутриутробное кислородное голодание (гипоксия) плода поражает иммунную систему новорожденного, ученые В.Ю.Матросова, И.А.Орловская, Д.В.Козлова, В.А.Козлов выяснили на экспериментах с лабораторными мышами. Беременных самок во вто-



Стадии развития эмбриона

рой трети беременности помещали в барокамеру, имитирующую подъем на высоту 6700 м над уровнем моря, чтобы вызвать недостаток кислорода у развивающихся эмбрионов. Такую процедуру проводили 7 дней подряд, имитируя хроническую гипоксию. А затем проверяли работу иммунной системы у родившихся мышат в возрасте двух и четырех недель.

Суть проверки — вызвать иммунный ответ организма новорожденных на введение чужеродного белка. В этой роли использовали эритроциты барана, которые вводили в брюшину мышат с помощью инъекции. Оказалось, что иммунный ответ значительно хуже у мышей, перенесших анутринутробную гипоксию, чем у контрольных.

Итак, внутриутробная гипоксия вызывает иммунодефицит у новорожденных. Но почему? Ученые предполагают, что гипоксия меняет характер развития клеток крови из костного мозга. Поскольку организм на ранних стадиях развития не получал достаточное количество кислорода, он был вынужден увеличить выработку тех клеток крови, которые переносят кислород (красных кровяных телец — эритроцитов). Произошло это в ущерб лимфоцитам: этих клеток, которые ответственны за иммунитет, стало меньше.

Так что не стоит беременным женщинам пренебрегать прогулками на свежем воздухе.



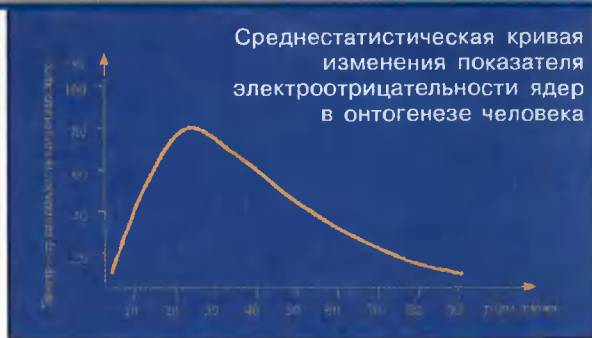
Курс омоложения в санаториях Крыма — не менее 18 дней

Чтобы помолодеть на несколько лет, надо провести в санаториях Крыма не менее 18 дней. Это доказали доктор биологических наук В.Г.Шахбазов из Харьковского национального университета им. В.Каразина и кандидат медицинских наук И.Н.Шувалова из санатория «Днепр», которые с помощью разработанного ими цитобиофизического метода исследуют состояние курортников в начале и конце курса лечения.

Насколько эффективно лечение в санаториях Крыма? Точный ответ на этот вопрос теперь можно получить с помощью цитобиофизического метода, разработанного учеными Харьковского национального университета. Этот экспресс-метод показывает, как меняется состояние организма человека во время пребывания на курорте. Основной критерий для такой оценки — доля клеток организма, ядра которых несут электрический заряд.

Как выяснили генетики, количество электрически заряженных клеточных ядер в организме человека уменьшается по мере его старения. Обследовав несколько тысяч человек разного возраста, ученые построили среднестатистическую кривую изменения этого показателя в течение всей жизни человека — от рождения до глубокой старости, когда количество заряженных ядер клеток падает до нуля. Получилась своего рода возрастная шкала, показывающая, как меняется энергетика организма со временем.

Для исследования берут живые клетки слизистой щеки, так называемый буккальный эпителий. Если поместить клетки в камеру для электрофореза, то заряженные ядра под воздействием электрического поля приходят в движение. Ядра несут отрицательный заряд, поэтому они начинают смещаться к положительно заряженной пластине, увлекая за собой клетку. Теперь нужно подсчитать количество заряженных клеток, а затем их долю в общем числе клеток, подвергнутых электрофорезу. Если теперь соотнести полученные данные со среднестатистической кривой, то можно будет определить биологический возраст пациента. Он зависит не только от естественного хода времени, но и от переутомления, болезней, дурных привычек (ал-



коголь, курение) и радиационного воздействия — все это снижает количество заряженных клеток и ускоряет темп старения.

Специалисты санатория «Днепр» в течение трех лет обследовали 1500 пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Измерения проводили в три этапа: в период адаптации организма к природным условиям курорта, в середине и в конце пребывания в Крыму. Это дало возможность оценивать эффективность лечения по динамике энергетического состояния клеток. Параллельно медики использовали традиционные методы диагностики: снимали электрокардиограмму, исследовали кровь, динамику артериального давления, пульса, веса, использовали динамометрию и другие методы.

У подавляющего большинства пациентов (92%) при поступлении в санаторий биологический возраст заметно превышал хронологический. Причем у разных возрастных категорий этот разрыв был разным. Те, кому по паспорту было от 36 до 39 лет, биологически были старше в среднем на восемь лет, 40–49 лет — на девять, 50–59 лет — на шесть. А вот самые старшие, пенсионеры от 60 до 68 лет, превышали свой паспортный возраст всего на пять с небольшим лет.

Оказалось, что большинство пациентов одинаково реагируют на комплексное санаторно-курортное лечение: они молодят. И чем больше было отклонений от нормы в начале лечения, тем более значительными оказываются результаты в конце пребывания на курорте. У 91% отдыхающих биологический возраст снижался в среднем на шесть-восемь лет по отношению к исходному возрасту или на три-шесть лет по отношению к возрастной норме. В 7% случаев значимых изменений не наблюдали, а в 2% был получен даже отрицательный результат, то есть пациенты биологически старели! Повидимому, для этих людей пребывание на данном курорте было противопоказано.

Исследования ответили и на вопрос, который всегда волнует отдыхающих: на какой срок стоит брать путевку? Оказалось, что биологический возраст паци-

ентов стабильно снижался до уровня нормы примерно к восемнадцатому дню санаторно-курортного лечения и дальше уже не менялся. Причем этот эффект сохранялся в течение года.

Кстати, почему у молодых пациентов разница между хронологическим и биологическим возрастом более вы-

ражена? Почему нынешнее молодое поколение стареет быстрее? Специалисты предполагают, что это связано с большим числом факторов риска, большей подверженностью стрессу, недостаточностью механизмов адаптации и компенсации.

Коровы копят небо

Что вносит больший вклад в развитие парникового эффекта — небольшая котельная или стадо коров? Как выяснили российские ученые из Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, домашние животные играют здесь весьма значительную роль. Исследование выполнено при поддержке РФФИ.



Людам, озабоченным потеплением климата и выбросом парниковых газов в атмосферу, можно посоветовать отвести встревоженный взгляд от ближайшей трубы и обратить его на коровник или лужок с овечками. Только в России сельскохозяйственные животные выделяют в атмосферу несколько миллионов тонн метана в год.

После углекислого газа метан — второй по значению парниковый газ. Последние 150 лет человек активно воздействует на климат, и за это время концентрация метана в атмосфере возросла примерно в 2,5 раза, причем третья часть попала туда благодаря домашней скотине. Сотрудники Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН В.М.Артемов и А.И.Нахутин оценили вклад животно-



водства в выделение метана на протяжении второй половины XIX века и почти всего XX века. Для этого они проанализировали статистические данные о поголовье скота и условия его содержания на территории России и бывшего СССР с 1865 по 1990 год.

По данным исследователей, в техногенном выделении парниковых газов животноводство России уступило первое место ископаемому топливу только в конце первого десятилетия XX века. Сейчас вклад животных в парниковый эффект в 30 раз меньше, чем от добычи и использования топлива, но все равно весьма существенный.

Метан животного происхождения образуется, главным образом, в результате переработки растительной пищи в кишечнике, откуда и попадает в атмосферу. Второй источник «животного» метана — разложение навоза без доступа воздуха. Количество выделяемого газа зависит от вида скотины, ее меню, условий содержания (пастбищное или стойловое), технологии хранения и переработки навоза, а также от климата. Вот, например, верблюды. Условия его жизни не меняются веками: как выделял один верблюд примерно 48 кг метана в год, так и выделяет. Козы, лошади, ослы и свиньи тоже особо не изменили свою метановую продуктивность. А вот корова в 1865 году давала 41 кг метана с голо-

вы в год (меньше, чем верблюд), а теперь производит целых 56 кг — несколько газовых баллонов! Индустриализация животноводства явно пошла ей не на пользу, так же как овцам (8 кг

вместо 5) и домашней птице (90 г вместо 13 г).

Крупный рогатый скот вносит наибольший и постоянно растущий вклад в выделение метана. Увеличивается поголовье, да и в животе у коров бурчит все сильнее: в 1990 году их доля в выделении метана из кишечника составила 81%. Всего же за 125 лет сельскохозяйственные животные выбросили в атмосферу 536 млн. т парникового газа. Общими усилиями они произвели в 1990 году в 3,2 раза больше метана, чем в 1865-м, при этом вклад навоза в загазованность атмосферы вырос более чем в 13 раз. Очевидно, технология хранения и переработки навоза нуждается в срочном усовершенствовании.



Разговоры с гепардами

Ученые из Московского зоопарка впервые в мире научились анализировать язык гепардов с помощью специальной аппаратуры. Теперь по характеру звукового сигнала можно определять, в частности, готовность животных к размножению, чтобы вовремя переселить их друг к другу для спаривания. Эта безотказная методика — хороший способ наладить в зоопарке воспроизводство редчайших животных.

Как добиться от кошек потомства? Такой вопрос может вызвать недоумение: скорость размножения и плодовитость этих животных давно уже стали поводом для пословиц и анекдотов. Но если речь идет не о домашних кошках, а об их диких родственниках в зоопарках, то этот вопрос далеко не праздный.

Ученые из Московского зоопарка задалась целью наладить воспроизводство крупных представителей семейства кошачьих, в том числе гепардов. Этих редких животных нет в других зоопарках России, поэтому на Московском лежит особая ответственность за их сохранение. Одна из трудностей при разведении гепардов заключается в том, что самцов и самок нужно содержать отдельно (у себя на родине, в Африке, они тоже живут порознь) и поселять вместе только в период, когда самки готовы к размножению. Однако по внешнему виду или поведению самок определить этот период невозможно, и поэтому сотрудникам зоопарка надо было найти другой способ узнавать об их готовности к размножению. И такой способ нашли.

Зоотехник Игорь Владимирович Егоров и сотрудница секции млекопитающих отдела научных исследований Московского зоопарка Бэлла Васильевна Нови-

кова выбрали самый надежный путь: спросить у самих гепардов. Но на каком языке задать вопрос и как понять, что они ответят? Для этого нужно научиться понимать их язык. Специалисты обнаружили, что в репертуаре самца, чувствующего запах готовой к размножению самки, появляется «трещание» — звуки, которые самцы не издают ни в каких других ситуациях. Но в репертуаре гепардов много похожих звуков, а ухо человека не столь чувствительно, чтобы надежно их различать. Поэтому для изучения языка животных пришлось применить изощренные методы акустики и вычислительной математики.

Зоолог Елена Владимировна Володина, младший научный сотрудник Московского зоопарка, с помощью магнитофона, динамического спектрографа, сонографа и специальной компьютерной программы проанализировала звуковые сигналы, которые издают гепарды в разных ситуациях. Она описала восемь типов звуков: они различаются как по смысловой нагрузке, так и по структуре спектрограммы. Оказалось, что «трещание» отличается от других звуков по периоду пульсации сигнала, и компьютерный анализ записей позволяет его уверенно вычленять.

Как же применяют акустический метод? В нашем далеко не африканском климате лето — лучшее время для выращивания детенышей теплолюбивых животных, поэтому сотрудники, которые ухаживают за гепардами, вступают в диалог со своими питомцами за три месяца до наступления теплого сезона. Самцам дают понюхать пробы мочи будущих партнерш. Звуки, которые издает при этом самец, записывают, анализируют и узнают о готовности самки к размножению. Только после этого их помещают в общую аольеру. Так население Московского зоопарка пополняется симпатичными малышами-гепардами.

Знание языка гепардов пригодилось и в других случаях. «Чтобы правильно размещать животных, ажно знать, как они относятся друг к другу, — рассказывает Елена Владимировна. — По звуковому репертуару мы теперь можем определить животное с высоким социальным статусом и подчиненных особей. А кроме того, некоторые звуки поднимают у животных настроение, и в этом они поразительно похожи на людей: самкам интересно, что произносит самец во время ухаживания, их возбуждают записи детских драк. И чем моложе слушатель, тем сильнее реакция. Бывает, что возбужденные животные ссорятся, но до серьезных драк дело никогда не доходит. Иногда мы проигрываем такие записи, чтобы скрасить жизнь гепардов в неволе».

Одна из главных задач химиков — научиться ускорять химические реакции с помощью катализаторов, чтобы быстрее производить нужные вещества (материалы, препараты) и уничтожать ненужные (например, токсичные отходы). В природе эта задача давно решена. Появление органических катализаторов — ферментов — стало одной из поворотных точек в развитии жизни на Земле. Ферменты намного эффективнее химических катализаторов, а кроме того, более избирательны: могут извлекать из сложной смеси только одно вещество и превращать его не в несколько продуктов, а в один. Неудивительно, что химики и физики давно уже пытаются понять, как устроены и работают ферменты. Энзимология интересует и биологов. Они тоже хотели бы знать, как работают ферменты, как эти молекулы усложнялись и совершенствовались и что это давало живым организмам. Ферменты — природные нанороботы, главные рабочие инструменты всего живого. Они отвечают почти за все химические реакции, проходящие в живом существе: обеспечивают энергией и строительными материалами; создают и разрушают сигнальные молекулы, нужные для регуляции жизненных процессов; защищают организм от чужеродных веществ. Еще ферменты перезаписывают и размножают наследственную информацию, то есть синтезируют ДНК и РНК. Наконец, участвуют в реализации этой информации — в синтезе самих себя и других белков.

«Ферменты»

Профессор
С.Д. Варфоломеев,
заведующий кафедрой
химической энзимологии
Химического факультета МГУ,
отвечает на вопросы
обозревателя «Химии и жизни»
М. Литвинова

— Ферментативный катализ был открыт в 1814 году, однако о том, как работают ферменты и почему они ускоряют реакции, даже в середине нашего века ничего не было известно. В какой момент произошел перелом, когда стало ясно, что по крайней мере для одного фермента механизм действия разгадан?

— Назвать первый фермент трудно, наверное, даже невозможно. Механизм расшифровали почти одновременно для нескольких ферментов. Среди первых были сериновые протеазы, которые расщепляют белки (сериновыми они называются потому, что в реакции участвует аминокислота серин, а протеазами потому, что их субстрат — белки, или протеины). В 1968 году Блоу с сотрудниками опубликовал трехмерную структуру одной из таких протеаз, химотрипсина, —





— самые понятные катализаторы»



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

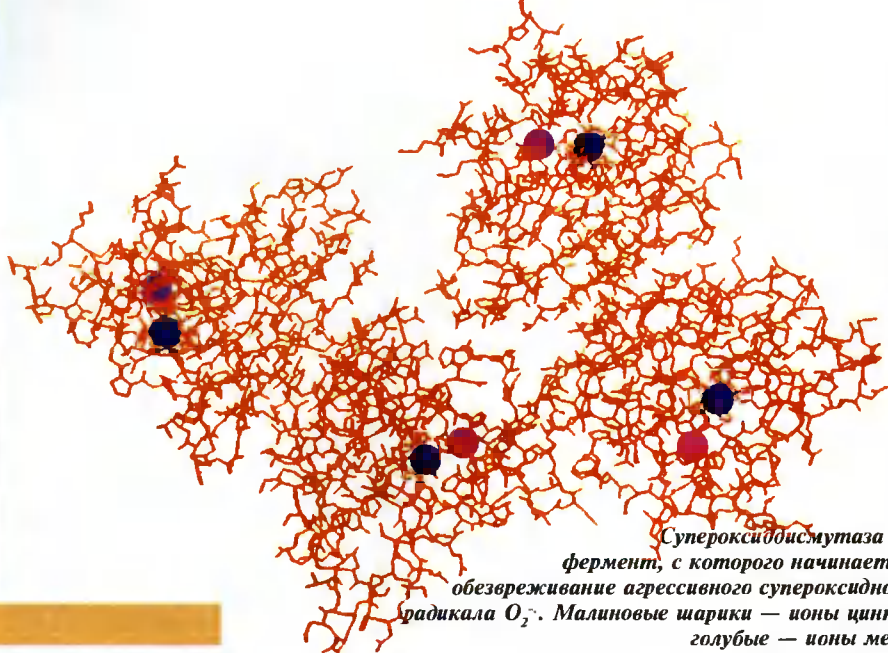
это был решающий момент в их исследовании. В то же время другие группы ученых работали с другими ферментами. В России, например, много занимались аспартатаминотрансферазами. Установили структуру, изучили кинетику и тоже во всем разобрались.

Так что дело здесь не в первом ферменте, а в том, что сразу появилось много понятий и все стало на свои места. Перелом произошел в 60 — 70-е годы.

— Кстати, объясните, пожалуйста, что понимают под механизмом действия фермента? Как его описывают, в каких терминах, формулах?

— Под механизмом действия фермента понимают последовательность превращений молекул в его активном центре. Акт катализа начинается со связывания субстрата, затем происходит с десяток изменений, и, наконец, появляется продукт. Вот эту последовательность химических операций и понимают под механизмом. Ме-

ханизм — это понятие, заимствованное из химической кинетики. Оно отражает сложность процесса. То есть нет такого, что сразу тысяча атомов сместилась и встала в новое положение. Любая химическая реакция происходит на отдельных связях между атомами, и поэтому большие перемещения, большие изменения — это просто последовательность большого числа стадий, которую можно записать химически. Можно выразить и в физических терминах как измене-



Супероксиддисмутаза — фермент, с которого начинается обезвреживание агрессивного супероксидного радикала $O_2^{\cdot-}$. Малиновые шарики — ионы цинка, голубые — ионы меди



Активный центр супероксиддисмутазы. Пятиугольники — боковые радикалы гистидинов; красный шарик — молекула воды

ние потенциальной энергии компонентов, можно записать в биологических терминах: одно вещество превращается в другое. В любом случае понятие механизма включает информацию о промежуточных соединениях.

В ферментах нет ничего, что не было бы известно в элементарной химии, за исключением одного — организации процесса. Ферментативные реакции отличаются от обычных химических только тем, что ферментативный процесс — это хорошо организованная последовательность элементарных актов. Смещение протона на полтора ангстрема повышает реакционную способность в десять миллионов раз. Вот вы берете воду, у нее каталитическая константа для какой-то реакции равна единице. Берете гидроксильный ион, у него скорость на 7 порядков выше, то есть он ускоряет эту же реакцию в 10^7 раз. Берете протон — это еще в 10^7 раз быстрее. А что делает фермент? Он делает очень простую вещь: берет этот протон и вытягивает его на себя с помощью отрицательно заряженной карбоксильной группы. Все это происходит в плотной упаковке активного центра. Вода, инертное соединение, превращается в гидроксильную группу с высокой реакционной способностью.

— 20 лет назад механизм действия был известен лишь для нескольких ферментов. Что, на ваш взгляд, изменилось с тех пор?

— У меня такое ощущение, что сейчас основную информацию о механизме ферментативного катализа мировая наука уже получила. Идет добавление новых структур, но ничего принципиально нового не появляется.

Нам понятно, как ферменты работают, где и какие у них должны быть реакционные группы, как они атакуют субстрат, как перемещаются электроны.

Можно даже сказать, что ферменты — самые понятные катализаторы. Мы знаем о них намного больше, чем, например, о неорганических катализаторах.

— Не расскажете ли вы о том, насколько разнообразны или, наоборот, похожи ферменты?

— В базах данных собрано 3709 ферментов (по числу известных катализируемых реакций), они разделены на шесть классов. Открытия новых практических прекратились. Однако типов активных центров намного меньше. Часто в реакциях субстратов из разных классов участвуют одни и те же группы. Например, из более чем трех тысяч известных ферментов почти 1100 — гидролазы. У них всего 5 типов активных центров. Их химическая природа различна. Какие-то зависят от ионов магния, какие-то нет. Каждая из этих гидролаз представлена тысячами последовательностей. А в основном все они похожи.

Можно сказать, если природа находила хорошее решение, хорошую конфигурацию, она сохраняла ее. Самое удивительное, что группы, входящие в активный центр, у разных ферментов могут находиться в разных местах в цепочке аминокислот, но, когда эта цепочка складывается, они сближаются, и трехмерная структура активного центра у них получается одинаковая.

Так что если найдена наиболее эффективная конфигурация, она используется в разных белках. Приведу такой характерный пример. Ферменты, гидролизующие ДНК (экзонуклеазы,

эндонуклеазы), активируют воду с помощью комплекса ионов магния с карбоксильными группами и присоединяют ее к ДНК, которая при этом рвется. Что делает ДНК-полимераза? Она сшивает два основания, точнее, два сахара через фосфаты. Тот же самый активный центр, но активирует не воду, а гидроксильную группу сахара. И вместо того, чтобы пошел гидролиз, эта гидроксильная группа повышает реакционную способность и сшивает сахара через фосфат, и в таких реакциях образуется ДНК.

— Чем же тогда различаются ферменты?

— У них разные участки связывания субстратов, и это понятно: в клетке много разных веществ и нужно добиться комплементарности структур, чтобы каждый фермент мог выловить из раствора свой субстрат. Если взять тот же пример, эндонуклеазу и ДНК-полимеразу, у них по-разному устроены центры сорбции, или связывания.

— У разных организмов ферменты, катализирующие одни и те же реакции, могут сильно различаться. Можно ли представить, как происходила эволюция ферментов?

— Вероятно, через мутации, делеции (удаления), вставки и прочие перестройки ДНК. Конфигурация активного центра сохранялась и использовалась в разных белках, при этом почти все аминокислоты, кроме нескольких, могли меняться.

Гомология между двумя сходными по функции ферментами может быть очень большой, или ее может почти не быть. Степень гомологии, кстати, можно рассчитать с помощью специальных программ, а численно ее выражает функция Шеннона $H = -\sum P_i \log_2 P_i$, где P_i — вероятность нахождения данной аминокислоты в полипептидной цепи, а H отражает степень гомологии.

— Скажите, пожалуйста, сильно ли скажутся различия между ферментами на скорости их работы? Приводила ли эволюция к большей скорости?

— Разброс скоростей очень невелик: для большинства ферментов число оборотов, то есть число актов катализа в секунду, равно 100, для самых



Еще один фермент — простагландин-Н-синтаза. Он участвует в синтезе всех простагландинов организма, которые регулируют свертывание крови, репродукцию и сон. Красным цветом обозначен гем, желтым — ион железа; красный шарик — серин, голубой шестиугольник — боковой радикал тирозина.



быстрых (каталазы, карбоангидразы, супероксиддисмутазы) — 10^4 . Среди самых медленных ферментов — простагландинсинтаза (число оборотов — 1). Как правило, скорость лимитируется диффузией субстрата или переносом протона на воду — это фундаментальное физическое ограничение, которое невозможно преодолеть. А сам акт катализа происходит очень быстро.

— Зачем же тогда все остальное, что не входит в активный центр и участки связывания?

— Во-первых, цепочка аминокислот должна иметь возможность изогнуться, чтобы реакционные группы сблизилась, — для этого она должна быть достаточно длинной. Кроме того, некоторые части фермента нужны для регуляции: для связывания с другими белками, с кофакторами. Это очень тонкие вещи.

— Почему фермент не может быть слишком большим? Что ограничивает его размеры сверху?

— Слишком большой белок будет легко денатурировать. Если какие-то петли высунутся из глобулы (а это то и дело происходит благодаря тепловому движению), его переварят специальные клеточные протеазы.

— Я понял из ваших слов, что сейчас более или менее ясно, как устроены и работают если не целые ферменты, то, по крайней мере, их активные центры.

Обычно такие знания стараются использовать в практике. Пытался ли кто-нибудь повторить действие ферментов более простыми молекулами или их ансамблями?

— Здесь наблюдается большой прогресс, а сама эта область называется биомиметика — имитирование биологических систем на молекулярном уровне. В катализе очень много сделано, придумано много моделей. Катализ един, и есть много общего между гомогенным катализом, катализом полимерами, ферментативным катализом, поэтому моделирование ферментов — это хороший метод. Но мне кажется, что биомиметические аналоги имеет смысл делать только для таких условий, когда ферменты не работают: при температуре выше 100° , в газовой фазе и так далее.

— Наверное, и в органических растворителях?

— В органических растворителях ферменты давно работают. А вот при нормальных условиях реакция зачастую термодинамически невозможна. Например, крекинг нефти. Там связь при нормальной температуре не разорвется, это следует из термодинамики. Тогда нужно создавать катализаторы на тех же принципах, что и ферменты.

— По идее, логика создания биомиметических катализаторов должна повторять логику фермента. Если сравнить фермент со станком, то он должен

закрепить детали, подвести к ним какой-то рабочий инструмент и что-то удалить или приделать.

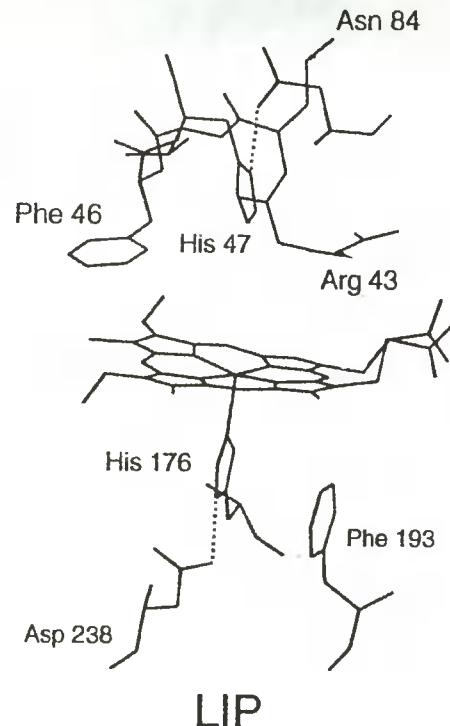
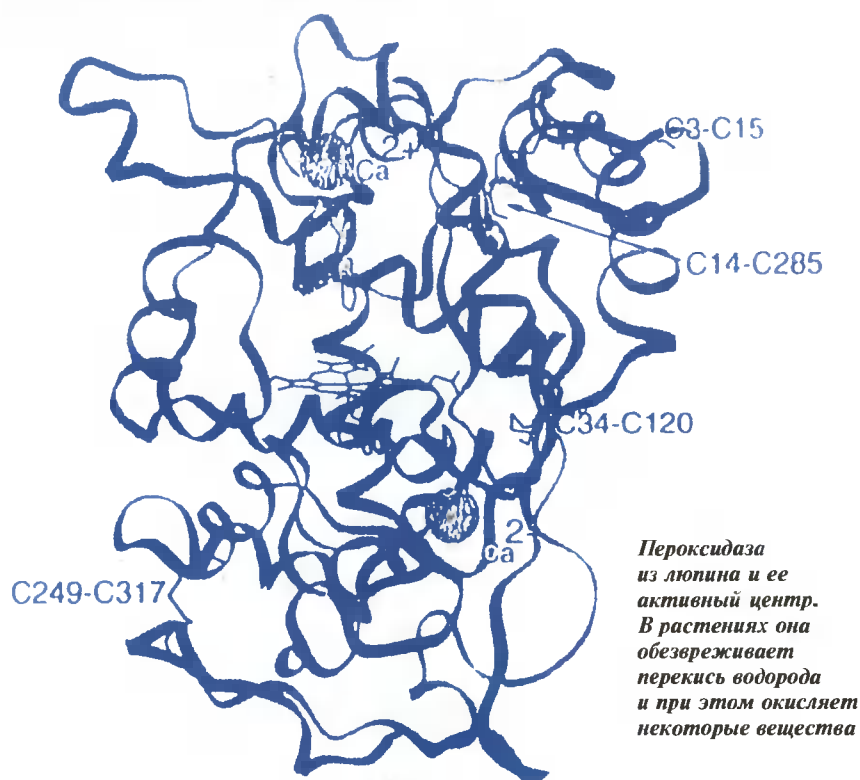
— Примерно так и делают, хотя не настолько прямолинейно. Организуют структуры, необходимые для того, чтобы субстрат связывался и ориентировался; подводят нуклеофильные и электрофильные группы...

— Как же можно их закрепить, расположить в пространстве, ориентировать?

— Для этого есть целая область — супрамолекулярная химия, которая позволяет учесть межмолекулярные взаимодействия. Активные группы располагают на матрице, не обязательно полимерной. Это может быть и углеродный скелет. Вот это и есть биомиметика — моделирование химического катализатора на биологических принципах. Она хорошо работает тогда, когда не конкурирует с ферментами.

— Вы уже сказали, что модели работают тогда, когда ферменты неактивны. Наверное, их можно использовать и для превращения молекул, не существующих в природе?

— Парадокс заключается в том, что ферменты перерабатывают любые вещества. Где вы видели зарин или заман в природе? Пока человек не создал эти вещества, их не было. А ферменты, которые расщепляют связь P-F, есть. Сейчас возникли технологии для уничтожения химического оружия. Микробные ферменты могут разрушить любую связь и таким образом преобразовать любое вещество.



— Даже диоксины?

— Даже диоксины.

— Выходит, ферменты могут разрушить любое вещество. Однако ломать — не строить. Можно ли создавать нужные вещества с помощью ферментов?

— Может быть, не любые, но, во всяком случае, ферменты активно ис-

пользуют для тонкого химического синтеза, то есть для синтеза сложных органических молекул.

Возьмем производство пенициллина. Сначала с помощью ферментов гидролизуют бензилпенициллин и получают 6-аминопенициллановую кислоту. Неферментативный, кислотный катализ для этого не годится — разрушится совсем другая связь. Потом с помощью ферментов получают хи-

Как работают ферменты

Для того чтобы фермент провел химическую реакцию, он должен связать молекулу вещества (в этом случае ее называют субстратом), разорвать в ней определенные химические связи и вместо них образовать новые. Связывание происходит, если в молекуле фермента есть участок, соответствующий по структуре субстрату — комплементарный ему. Иными словами, в ферменте должна быть полость определенной формы, куда точно укладывается молекула субстрата и

закрепляется в ней межмолекулярными силами.

Удивительно, как экономно решила природа эту задачу! Субстратов — сотни тысяч, а аминокислот, которые в разных сочетаниях составляют ферменты и формируют участок связывания, — всего двадцать. Еще меньше аминокислот встречается в активном центре фермента — в том месте, где происходит превращение молекулы, где разрываются одни связи и образуются другие.

В этом процессе иногда участвуют так называемые кофакторы. Это могут быть постоянно связанные с ферментом атомы железа, цинка, меди и других переходных металлов (микроэлементов); ионы калия, натрия, кальция, магния,

аммония; простетические группы (постоянно присоединенные к ферменту небольшие молекулы) или коферменты (молекулы, передающие атомы или группы от одного фермента другому). Простетическими группами и коферментами часто бывают витамины.

Главную роль в работе ферментов играют электрофильные и нуклеофильные группы аминокислот и кофакторов, или электрофилы и нуклеофилы. У электрофильных групп есть хотя бы одна свободная орбиталь или участок с пониженной электронной плотностью, как бы вакансия для чужих электронов. Благодаря этому такие группы могут оттягивать на себя электроны других молекул. Если эти оттянутые электроны уча-

ствуют в образовании химической связи, такая связь при атаке электрофилом может порваться, и образуются новые молекулы. В их образовании могут участвовать нуклеофильные группы, которые предоставляют свою пару электронов на образование новой связи.

В состав активного центра фермента могут входить такие нуклеофилы: имидазольная группа гистидина, оксигруппы серина и тирозина, тиоловые группы цистеина, ε-аминогруппы лизина, ионизованные карбоксильные группы аспарагиновой и глутаминовой кислот и другие. А также электрофилы: ион имидазолия, неионизованные карбоксильные группы, ионы металлов (в виде комплексов) и другие.

мические модификации, например вместо бензильной группы вставляют какую-нибудь фенилуксусную или что-нибудь еще. С помощью ферментов получается совсем другое вещество, то есть они проводят синтез. Ферменты, которые проводят такие реакции, сначала находят в природе, а затем их усиливают, улучшают методами отбора, генетической модификации. Фармацевтическая промышленность сейчас очень активно использует ферменты для тонкого химического синтеза.

— Скажите, пожалуйста, а быстро ли развивается промышленность, использующая ферменты?

— Прирост производства выделенных, очищенных ферментов для технических целей в мире составляет 15% в год, а химических катализаторов — 3% в год.

Расчеты показывают, что в 2010 году их производство сравняется. Это только в промышленности, однако у ферментов область применения гораздо шире. Это и медицина, и сельское хозяйство, и защита окружающей среды (аналитические измерения, или мониторинг; разрушение загрязнений, или биоремедиация). Это пищевая промышленность, производство лекарств, средств защиты растений, химических реагентов.

Приведу примеры. Сейчас стиральный порошок без ферментов — это

что-то устаревшее. В лучшие порошки обязательно добавляют протеазы, липазы и так далее. Или еще: вся Америка ест сахар, ферментативно полученный из кукурузного крахмала.

Кроме того, есть области, где ферменты ничем нельзя заменить. Например, анализ. Сейчас сотни ферментов используют в аналитических целях, часто они наиболее пригодны.

Вот еще классический пример — разделение правых и левых оптических изомеров, например D- и L-аминокислот. В химических реакциях получают их смеси, а нужен обычно только один изомер. Берут ферменты, которые или удаляют один изомер из смеси, или, наоборот, производят только его.

— Применяют ли ферменты для производства биосенсоров?

— Да, конечно. Например, для определения глюкозы в крови. Сенсор построен на основе глюкозооксидазы. Он очень нужен больным диабетом, ведь не могут же они каждые два часа ходить в клинику, чтобы сделать анализ. Есть портативные приборы, которые сразу выдают концентрацию.

— А как изучают новые ферменты?

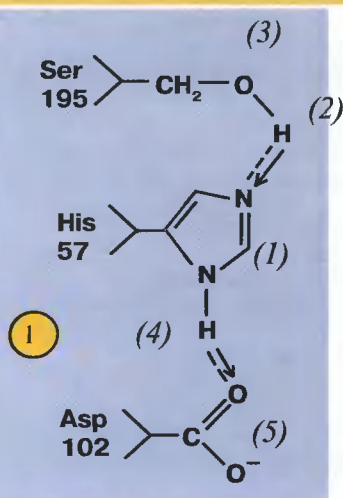
— Здесь уже есть некие стандарты. Во-первых, методы выделения. Сейчас даже студент может выделить почти любой белок; для этого дос-

таточно пропустить раствор с ним через три-четыре колонки. Кроме того, три четверти выделяемых белков получают генно-инженерными методами. Есть способ извлечь из клеточного экстракта какой угодно белок. В ген этого белка вставляют определенную последовательность нуклеотидов, и в белке появляется известный фрагмент. Затем экстракт пропускают через колонку, где сорбент специфически связывается с этим фрагментом. Таким образом чистый белок получают всего в одну стадию. В общем, методы выделения стали стандартными.

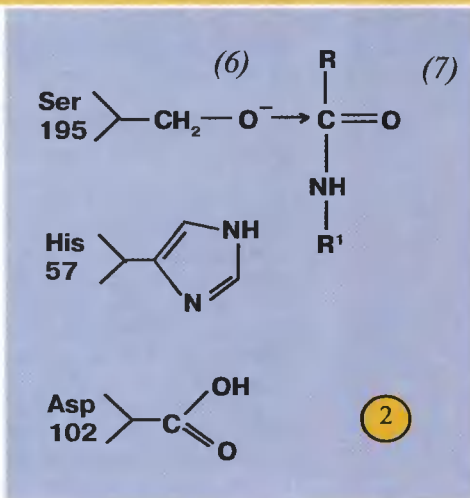
Чтобы понять, как работает фермент, нужно знать его структуру и кинетику. И то и другое тоже узнают традиционными методами, и очень быстро. Структура — это в первую очередь сиквенс, последовательность аминокислот. Она содержит огромную информацию. Трехмерную структуру дает рентгеноструктурный анализ, полностью автоматизированный. После того как вы приготовили кристалл, вам нужно поехать в Германию, и там вам за две-три недели все сделают. Чтобы получить кристалл, нужно наработать около 5 миллиграмм белка,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

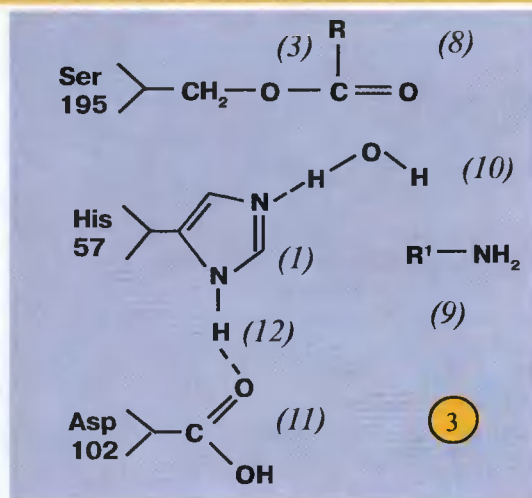


Для примера рассмотрим, как химотрипсин (фермент из класса гидролаз, точнее — сериновая протеаза) гидролизует пептид или белок. (см. рисунок.) В его активном центре действуют такие аминокислоты: серин, гистидин и аспарагиновая



кислота. (Число — это порядковый номер в аминокислотной цепочке. Видно, что в цепочке аминокислоты удалены, а в пространстве сближены.) Акт катализа происходит так.

1. Имидазол гистидина (1) оттягивает на себя про-



тон серина (2). При этом кислород серина (3) активируется: на нем остается лишний электрон, и «мертвая» группа $-\text{CH}_2-\text{OH}$ превращается в активный алкоксильный ион $-\text{CH}_2-\text{O}^-$. В свою очередь, протон имидазола (4) уходит на кар-

боксильную группу аспарагиновой кислоты (5).

2. Активная алкоксильная группа (6) — мощный нуклеофил. Она атакует реакционный центр — атом углерода карбонильной группы (7), прилежащей к пептидной связи в молекуле

а генно-инженерные методы дают десятки грамм в литре.

Кинетические исследования позволяют выделить и детально проанализировать все стадии каталитического акта.

— Я слышал, есть очень мощный метод — ядерно-магнитный резонанс. Используют ли его для исследования белков?

— Обязательно. Если белки маленькие, все стремятся делать ЯМР. Этот метод позволяет в динамике посмотреть, как изменяется конформация белка, то есть как изгибаются и перемещаются цепи. При этом можно варьировать внешние условия в растворе, можно свернуть белок или развернуть его.

— А компьютерные методы?

— Это уже стало такой банальностью... Студенты применяют их, даже не за-

думываясь, как вы — об электронных переходах в калькуляторе. С помощью компьютера в геноме ищут гены (а значит, и белки), гомологичные известным генам, ищут гомологии между известными белками, пытаются определить трехмерную структуру белка по его последовательности аминокислот. Все эти задачи решает новая крупная область — биоинформатика.

— Есть еще одна проблема, за которую кто-то охотно берется, а кто-то сразу от нее отмахивается, — это проблема происхождения ферментов и жизни вообще.

— Я боюсь, что это не экспериментальная задача и не теоретическая. Теория показывает, что, по статистике, при нормальном развитии за три миллиарда лет эти структуры перебором получиться не могут. Возможно, произошла более глубокая эволюция.

Может быть, что-то было занесено на Землю из Космоса, либо случился некий акт, который не определяется статистикой, выходит за рамки вероятности. А раз так, значит, либо кто-то придумал, либо случилось нечто, чего обычными статистическими расчетами ни подтвердить, ни опровергнуть нельзя.

Мы исходим из того, что жизнь уже есть. Ее можно модифицировать, как мы пытаемся, но создать четыре основания ДНК, двадцать аминокислот, все подогнать... Тут что-то нечисто. На мой взгляд, бессмысленно заниматься этой проблемой, потому что ее нельзя ни доказать, ни опровергнуть — это символ веры.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Дела давно минувших дней

1814 год — К.Кирхгоф открыл ферментативный катализ: выделил из пшеницы клейкий препарат, под действием которого крахмал превращался в сахар и декстрин. Кирхгоф не догадался, что это явление имеет отношение к обмену веществ.

1833 год — А.Пайен и Ж.Персо очистили диастазу, или амилазу, пшеницы (из солода) и показали, что она утрачивает активность при нагревании. Они решили, что ферменты играют центральную роль в биологии.

1837 год — Берцелиус высказал мнение, что брожение — это каталитический процесс.

1856 год — Р.Корвизар открыл в экстракте поджелудочной железы трипсин. В это время никто не представлял химическую природу ферментов; во всяком случае, никто не думал, что ферментами могут быть белки —

уже известные ученым вещества.

1878 год — Кюне предложил термин «энзим» (фермент). Так он называл «неорганизованные ферменты», не находящиеся в клетках.

1883 год — П.Дюкло ввел обычай называть фермент, прибавляя окончание «-аза» к названию субстрата.

1893 год — В.Оствальд доказал, что ферменты — это катализаторы, то есть они ускоряют реакцию, но не расходуются в ней.

1894 год — Э.Фишер показал, что ферменты специфичны, и предложил концепцию «ключ — замок».

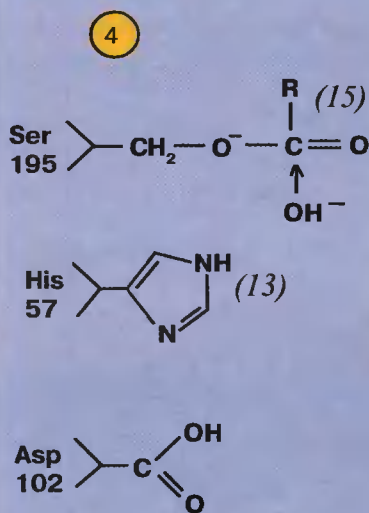
1897 год — Г.Бертран выяснил, что для работы некоторых ферментов необходимы ионы металлов, и предложил термин «коэнзим» (кофермент).

1897 год — Э.Бюхнер обнаружил, что спиртовое брожение может происходить в бесклеточных экстрактах дрожжей.

1913 год — Л.Михаэлис и Ментен разработали теоретические основы кинетики ферментативных реакций. **1925** год — Бригс и Дж.Холдейн усовершенствовали теорию кинетики.

1926 год — Д.Самнер закристаллизовал первый фермент — уреазу.

1937 год — Д.Самнер и Д.Нортроп доказали, что ферменты — это белки по своей природе.



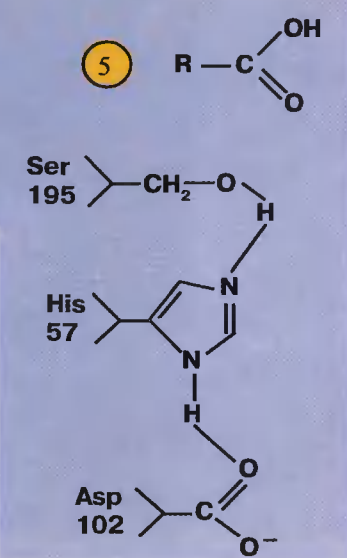
4. После того как протон от воды переходит к имидазолу, образуется активный гидроксильный анион (14), который нападает на углерод пептида (15) и

пептида. Пептидная связь вот-вот разорвется.

3. Образуется промежуточный комплекс, который можно выделить и изучить. В нем часть пептида (9) ковалентно связана с ферментом через кислород серина (3). Другая часть пептида (10) отщепилась.

В реакцию готова вступить молекула воды (11), которую удерживает и подводит к нужному месту имидазол гистидина (1).

Карбоксильная группа (12) отбирает протон (13) у имидазола, а он, в свою очередь, отнимает протон у воды.



присоединяется к нему. Связь О—С рвется, и пептид освобождается.

5. Протон имидазола возвращается на серин, а протон карбоксильной группы — на имидазол. Цикл закончен, и фермент готов к новому.

Био миметика



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

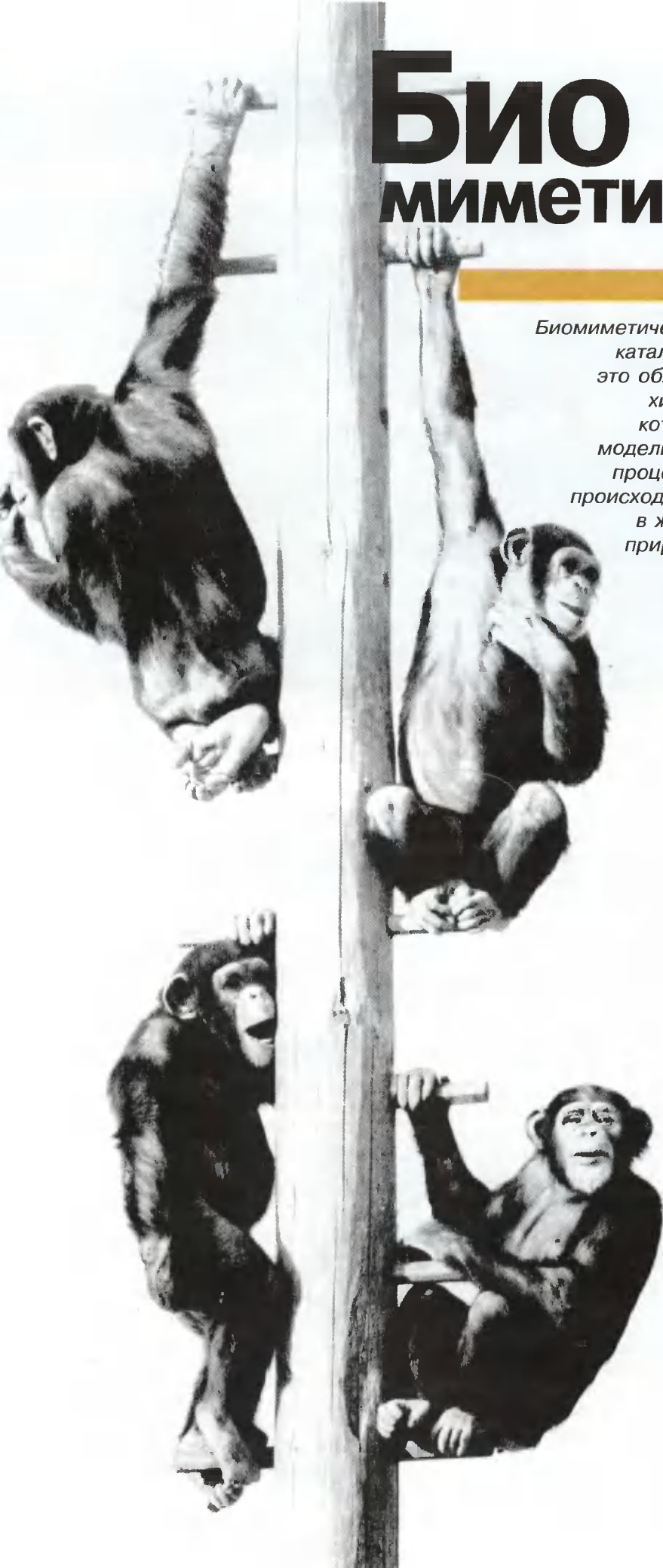
Биомиметический катализ — это область химии, которая моделирует процессы, происходящие в живой природе.

Аналог фермента

Ферменты, работающие в живых организмах, — очень эффективные и селективные катализаторы. Они не загрязняют окружающую среду и потребляют минимум энергии. Именно о таких катализаторах мечтают химики-технологи. Биомиметика — очень важное направление, так как, подражая природе, можно попытаться найти химические аналоги ферментов и на их основе создать новые промышленные процессы. Более того, такие исследования позволяют лучше понять механизм действия биологических катализаторов и их эволюцию.

Возможно, древние биологические системы были примитивнее, чем современные, и поначалу включали в себя простые соли и комплексы. В процессе эволюции они совершенствовались и, наконец, превратились в великолепно отлаженные механизмы. Но как бы ни эволюционировали ферменты, можно предполагать, что их предшественники были устроены гораздо проще и вместе с тем активно работали в примитивных организмах.

Итак, наша задача — найти химические аналоги ферментных систем. Как организовать этот поиск? В литературе описаны два пути. Во-первых, можно синтезировать химические комплексы, похожие на активный центр фермента. В этом случае есть надежда, что они будут катализировать такую же реакцию, что и фермент. Сегодня уже известны структуры многих ферментов и их активные центры, это служит подсказкой химикам-синтетикам. Например, сегодня ученые хорошо знают, что порфириновые комплексы, содержащие металлы, составляют активный центр многих ферментов — оксигеназ, каталаз и пероксидаз. Аналогичные комплексы, синтезированные в лаборатории, действительно часто оказываются эффективными катализаторами для сходных химических реакций. Однако надо помнить, что в ферменте активный центр окружают белки и часто именно их взаимодействие с активным





Александр Евгеньевич Шилов

Выпускник Киевского университета, аспирант Н.Н.Семенова (1952—1955), доктор химических наук (1967).

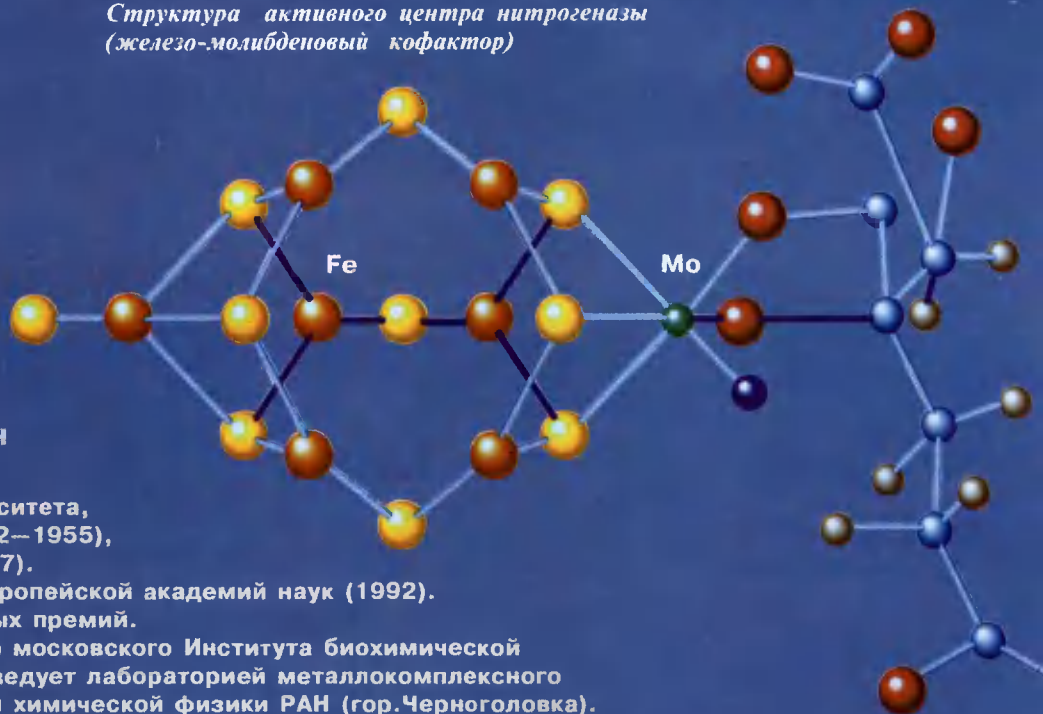
Член Российской (1990) и Европейской академий наук (1992).

Лауреат двух Государственных премий.

В настоящее время директор московского Института биохимической физики РАН. С 1962 года заведует лабораторией металлокомплексного катализа Института проблем химической физики РАН (гор.Черноголовка).

Основные научные работы: в области кинетики и катализа, реакций в газовой фазе, реакций в растворах, гомогенного катализа комплексами металлов, химического моделирования ферментов.

1 Структура активного центра нитрогеназы (железо-молибденовый кофактор)



центром определяет уникальную активность природного катализатора. Поэтому когда созданная химиками модельная система показывает слабую или вовсе нулевую каталитическую активность, исследователи оказываются перед дилеммой: либо катализатор недостаточно точно повторяет активный центр фермента, либо не хватает поддержки окружающих молекул. Второй путь — это создание модели ферментов, исходя из термодинамических особенностей и современных представлений о механизме природного процесса.

Мы выбрали второй подход, предположив, что более ранние природные системы были, вероятно, очень простыми. Если мы получим положительный результат с простыми солями и комплексами, то сможем усложнить и улучшить каталитическую систему, сочетая принципы ферментативного катализа с чисто химическим подходом.

Бывает, что исследователям удается найти оптимальный катализатор реакции и без понимания детального химического механизма работы ферментов. Пример — никельсодержащие катализаторы. В первичной атмосфере было мало кислорода, поэтому все процессы протекали анаэробно: водород выделялся благодаря ферменту гидрогеназе, а метан продуцировали метано-

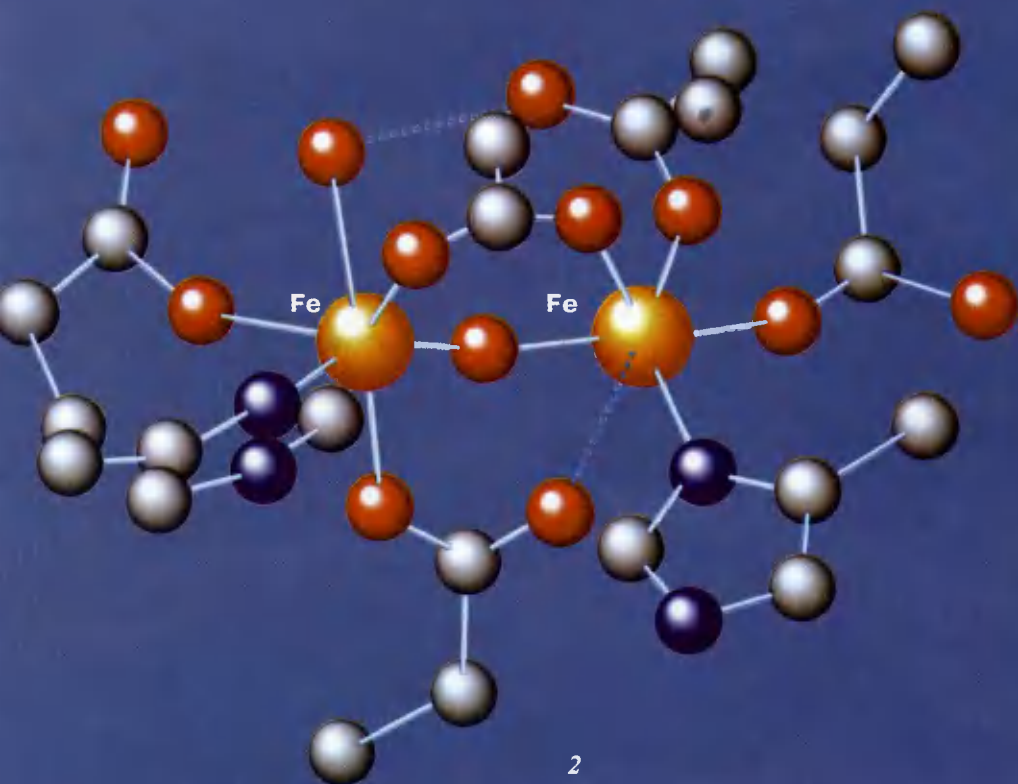
генные бактерии. Сегодня механизм этих двух ферментных реакций более или менее известен, и, как выяснилось совсем недавно, в обоих случаях именно никель — основной элемент в активном центре фермента. Однако химики использовали никельсодержащие катализаторы для таких реакций задолго до того, как была открыта роль никеля в соответствующих ферментах. Этот пример внушает нам оптимизм: в поиске оптимальных катализаторов химики в своих лабораториях независимо приходят к тому же решению, что и природа.

Мне хочется рассказать о трех направлениях, которыми давно занимаются в нашей лаборатории (в Институте проблем химической физики РАН в Черноголовке): фиксация молекулярного азота, окисление алканов и фотоокисление воды с получением кислорода. Это три разных процесса, но они имеют кое-что общее: исходные реагенты исключительно стабильны. Сначала было важно понять, как природа обходит эту химическую инертность и все-таки вовлекает эти соединения в реакции. Когда мы начинали эту работу в 70-х годах, химических моделей таких ферментативных процессов еще не существовало. Конечно, сейчас очень много исследователей используют тот же подход в моделировании биологических систем, но, естественно, мне легче рассказать о наших работах.

Фиксация азота

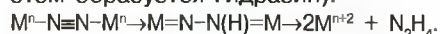
До недавнего времени биологическая фиксация молекулярного азота оставалась одной из самых больших загадок. Химическая инертность этого газа хорошо известна, поэтому трудно было представить, как можно заставить его реагировать в водной среде, при низкой температуре и низком давлении. Сейчас ситуация коренным образом изменилась. После пионерских работ М.Е.Вольпина и В.Б.Шура по реакциям в апротонной среде, наших исследований реакций восстановления азота в протонных растворителях (воде или спирте) и других исследований ряда авторов сформировалась новая область: низкотемпературная химия азота.

Итак, сначала нужно было понять, почему N_2 так инертен. Конечно, молекула азота имеет очень прочную тройную связь $N \equiv N$, но ацетилен с примерно такой же тройной связью гораздо охотнее вступает в реакции. Рассмотрев термодинамику последовательного разрыва трех связей в молекуле N_2 , совместно с Г.К.Лихтенштейном мы пришли к выводу, что первая разрываемая связь — самая прочная (в ацетилене наоборот), а вторая связь — гораздо слабее. Поэтому если разрывать обе связи одновременно, то энергия, необходимая для разрыва каждой



2
Структура активного центра
метанмонооксигеназы

из них, намного меньше. А для того, чтобы разорвать обе π -связи, нам нужно несколько электронов (при этом образуется гидразин):

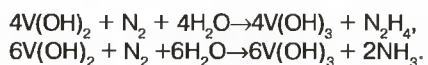


Итак, нам нужен механизм четырехэлектронного восстановления азота, а первой стадией процесса должно быть образование комплекса между азотом и металлсодержащим соединением. Такие комплексы хорошо известны с 1965 года: азот может быть связан с одним, двумя, четырьмя или даже шестью атомами металла. Полиядерные (с большим количеством атомов металла) и поликонтактные комплексы, конечно, более подходят на роль катализаторов такой реакции. Ведь чем больше атомов переходных металлов, богатых электронами, связано с азотом, тем выше отрицательный заряд на молекуле N_2 и, как следствие, тем лучше она активирована.

Действительно, в природном ферменте нитрогеназе (катализирующем восстановление N_2) активный центр — это так называемый железо-молибденовый кофактор (FeMoCo), содержащий семь атомов железа и один атом молибдена (рис. 1). Шесть атомов железа в активном центре координационно ненасыщенны, и естественно ожидать, что азот будет связываться именно с этими атомами. Какова же здесь роль молибде-

на? Она еще не совсем ясна, но, может быть, молибден стабилизирует весь комплекс, не меняя сильно его окислительно-восстановительный потенциал. Известны и другие нитрогеназы: одна содержит ванадий вместо молибдена, другая — вообще только железо. Это косвенно свидетельствует о том, что молибден играет не главную роль.

Во всех химических модельных системах восстановления азота в протонной среде (воде или спирте) ученые пытаются заменить фермент также полиядерными комплексами. Наверное, простейшая из них работает на полиядерном смешанном ванадиево(II)-магниево(II) гидроксиде. Он быстро восстанавливает азот при комнатных или даже более низких температурах:



Но эти реакции — не каталитические, поскольку прекращаются, как только весь ванадий окислится до состояния ванадий (III).

Мы смоделировали несколько каталитических систем восстановления азота на основе комплексов молибдена. В одной из систем каталитический комплекс состоит из восьми атомов молибдена Mo (III), стабилизированных двумя ионами магния. Восстанавливающий агент — амальгама, на-

трия, которую можно заменить ртутным катодом при электрохимическом восстановлении. В оптимальных условиях скорость нашей реакции при комнатной температуре и атмосферном давлении в расчете на активный центр близка или даже несколько выше той, с которой восстановление N_2 происходит в живой природе.

Для того чтобы найти эти оптимальные условия, нам пришлось использовать поверхность-активные вещества (фосфолипиды), которые покрыли амальгаму и соединили катализатор с восстанавливающей поверхностью. Это решение

нам тоже подсказала природа, ведь в живых клетках ферменты часто встроены в фосфолипидные мембраны. В этой сложной системе каждый компонент играет свою роль в восстановлении азота: не только восстановитель, поставляющий электроны, но и молекулы растворителя, окружающие каталитический комплекс и протонирующие азот.

Попутно оказалось, что железо-молибденовый кофактор, выделенный из нитрогеназы и закрепленный на поверхности амальгамы, может быть катализатором восстановления ацетилена и других соединений. Интересно, что синтетический полимолибденовый комплекс лучше активирует азот, чем природный изолированный FeMo-кофактор с тем же восстановителем, но в небиологических условиях. Если это так, то подтверждается гипотеза, высказанная в начале статьи: важным фактором для активации азота в ферментативных реакциях со сравнительно небольшим окислительно-восстановительным потенциалом должно быть сочетание активного центра и его окружения.

Активация и окисление алканов

Другой пример того, как полезно знать механизм, реализующийся в природе, — наша работа по актива-

В растениях, выделяющих кислород, происходят две световые реакции. Первая реакция (фотосистема I) индуцируется длинноволно-

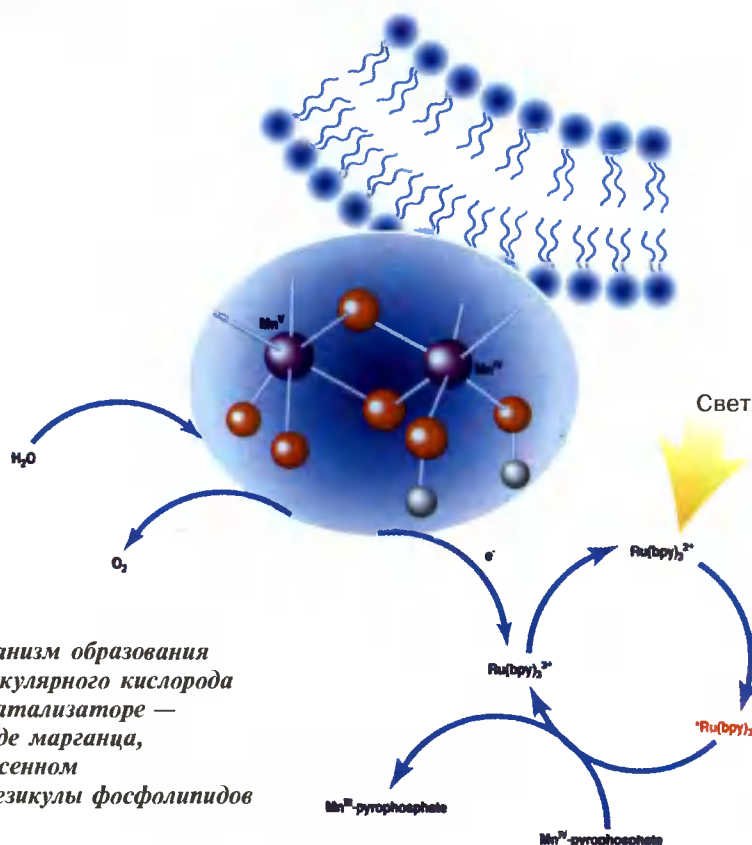
разумеает, что после отрыва атома водорода образуется свободный радикал R и связанная с металлом OH-группа, с которой потом и соединяется R, давая молекулу спирта. Этот механизм многие считают наиболее вероятным, хотя мы сделали вывод, что есть еще один механизм «пятикоординированного углерода», чему мы находим много подтверждений.

В последнее время ученые предложили много химических модельных систем гидроксилирования углеводородов (циклогексана или адамантана) на основе порфирина железа. Что касается химических модельных систем MMO (тот самый фермент, который мягко окисляет метан), то ни один из комплексов железа не показал исключительной активности в гидроксилировании метана и его аналогов. Наверное, самую эффективную модель MMO предложили Г.И.Панов с соавторами: сначала при высокой температуре в реакции N_2O с соединениями железа образуется так называемый альфа-кислород, а он уже реагирует с метаном при комнатной и более низких температурах. К сожалению, реакцию нельзя назвать каталитической, поскольку продукт (метанол) прочно связывается с цеолитом, на который нанесены соединения железа, и извлечь его оттуда можно только с помощью растворителя, разрушающего всю систему.

Можно ожидать, что высоковалентные комплексы других металлов тоже могут переносить атомы кислорода и внедрять их в C–H-связь алканов. Сейчас есть данные, что такую активность проявляют родиевые комплексы Rh(V). Можно даже проследить некоторую аналогию в активности металлов, расположенных по диагонали в соседних периодах Периодической системы и имеющих сходную электронную конфигурацию (например, комплексы молибдена (III) и ванадия (II)).

Аэробное окисление алканов требует участия кислорода, который, как известно, выделяется в процессе фотосинтеза растений. Однако, как оказалось, в природе существует и анаэроб-

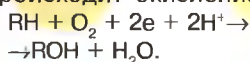
3 Механизм образования молекулярного кислорода на катализаторе — оксиде марганца, нанесенном на везикулы фосфолипидов



ции алканов, в частности метана. Обычно алканы окисляются по радикально-цепному механизму. Это происходит из-за того, что эти молекулы полностью насыщены и не имеют свободных электронных пар. В природе вряд ли этот процесс протекает по свободнорадикальному механизму, поскольку радикалы должны разрушать белки. Тем не менее ферменту метанмонооксигеназе (ММО) удается мягко и селективно перевести метан в метанол. Еще до того, как был выяснен механизм окисления алканов, мы попытались найти альтернативный путь радикальному окислению. Мы надеялись, что с помощью комплексов металлов нам удастся реализовать реакцию присоединения и получить алкильные производные — ведь известно, что алкильные группы, связанные с металлом, очень активны и могут участвовать в различных реакциях.

В 1969 году мы обнаружили, что простые платиновые комплексы (транс- $PtCl_2(H_2O)_2$) активируют алканы в реакции изотопного обмена с тяжелой водой D_2O , а в 1972 году — что те же комплексы катализируют окисление алканов. Очевидно, что первая стадия — это присоединение углеводорода к платине с образованием комплексов платины (IV). Такой механизм подходит для биологических систем, поскольку здесь не

образуются свободные радикалы, но в природных организмах нет платины. Лишь недавно стало известно, что природа придумала другой путь для активации алканов: сначала ферменты аэробных бактерий активируют кислород, и только затем происходит окисление алканов.:



Группа ферментов под общим названием монооксигеназы, «внедряющая» атом O в C–H связь в алканах, обычно содержит железо с разным окружением. Например, в цитохроме P-450 железо включено в порфириновое кольцо, а в метанмонооксигеназе два атома железа связаны карбокси-мостиками (рис. 2). Процесс происходит так: сначала донор электронов (в природе это NADH или NADPH) восстанавливает железо (III) до железа (II), а оно уже реагирует с кислородом, давая активное соединение, способное передать атом кислорода на образование молекулы спирта. Точная природа этого промежуточного соединения еще вызывает споры, но скорее всего это высоковалентный комплекс железа.

Каков механизм переноса атома кислорода к связи C–H? В литературе обсуждаются два варианта: прямое внедрение кислорода в C–H связь («оксеноидный» механизм) и так называемый «механизм повторного связывания кислорода». Последний под-

вым светом и не сопровождается выделением кислорода. Вторая реакция (фотосистема II) активируется светом с более короткой

длиной волны и использует два типа хлорофилла. Все фотосинтезирующие клетки, выделяющие кислород, содержат обе фотосистемы.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ

ное окисление метана.

Как же происходит этот процесс? В соответствии с последними исследованиями, окислителем в этих реакциях может быть сульфат, который, конечно, напрямую с алканами не реагирует. Недавно мы обнаружили доказательства того, что последний этап биологического образования метана обратим, а следовательно, метан может быть активирован комплексом, с помощью которого он образуется. Этот комплекс известен как фактор-430 и содержит никель в порфириноидном кольце. По-видимому, этот комплекс может катализировать и окисление метана при анаэробном процессе. Никель катализирует образование (а также окисление) метана в состоянии Ni (II) (электронная конфигурация d8), его аналог, платина Pt (II), как мы обнаружили 30 лет назад, активирует метан. Следовательно, платиновые комплексы можно условно рассматривать как модельные системы биологического анаэробного окисления алканов.

Выделение кислорода из воды

Этот чрезвычайно важный процесс осуществляется в так называемой фотосистеме II растений.

Появление второй фотосистемы в фотосинтезирующих бактериях дало им большое преимущество по сравнению с существовавшими ранее бактериями, имеющими только одну фотосистему. Они смогли использовать слабый донор электронов — воду, что и помогло бактериям выжить, поскольку вода присутствует на Земле в неограниченном количестве. Здесь на роль ключевого элемента в катализаторе природа выбрала марганец. Первые производящие кислород организмы, вероятно, могли использовать поверхность природных минералов (например, отложений на дне морей и океанов), которые богаты марганцем (IV). Позже марганец включился в реакционный центр фотосинтезирующих организмов, и это

опять дало им большое преимущество, поскольку они смогли свободно перемещаться. Симбиоз бактерий, живших в колониях, привел в дальнейшем к появлению зеленых растений. Многочисленные совпадения в структуре и составе фотосинтетических систем зеленых растений и современных бактерий ясно указывают на то, что у них был общий предок, и это, по всей вероятности, — древняя фотосинтезирующая бактерия.

Выделение кислорода из воды без промежуточных продуктов (таких, как радикал OH или перекись водорода) чем-то похоже на восстановление азота до гидразина без промежуточных радикала N_2H и свободного N_2H_2 (только в первом случае — это окисление). Образование свободных H_2O_2 и радикала OH не только не экономично, так как требует много энергии, но и опасно для фермента, поскольку эти промежуточные соединения очень активны. Чтобы они не образовывались, механизм реакции должен быть таков: ионы металла в кластере окисляются один за другим в четырех последовательных одноэлектронных реакциях, потом они отбирают водород от двух молекул воды, превращая его в протоны, и объединяют два образовавшихся кислорода в молекулу O_2 без промежуточных соединений в координационной сфере металла. Чтобы этот механизм работал, у ионов металла должен быть соответствующий окислительно-восстановительный потенциал: ведь они должны достаточно легко окисляться сами, но после этого — окислить воду до кислорода.

Теперь ученые знают, что реакционный центр, на котором образуется кислород, состоит именно из четырех атомов марганца. Это как раз соответствует оптимальному четырехэлектронному окислению, когда каждый атом марганца меняет свою степень окисления на единицу.

В фотокаталитической модели с комплексом из нескольких атомов марганца (III), сделанной в нашей лаборатории, кислород из воды выделяется достаточно эффективно

(рис. 3). В процессе катализа Mn (III) окисляется до Mn (IV), а возможно, и до Mn (V). Соединения, которые сами не катализируют выделение кислорода (например, Mn (IV) пирофосфат), мы использовали как акцептор электронов, а сам катализатор нанесли на органический материал — везикулы фосфолипидов.

В этой модельной системе, которую мы создали, очень важно, что исходный материал для нанесения марганца — простая соль $MnCl_2$. Марганцевые соли дают гораздо более эффективные катализаторы в нейтральных средах, чем соли других металлов, таких, как Fe, Co, Ni и Cu. Последние тоже могут катализировать выделение кислорода из воды, но при более высоких значениях pH, то есть в щелочных средах. Более того, в процессе выделения кислорода марганец не окисляет органическую подложку, тогда как, например, RuO_2 — тоже активный катализатор этого процесса, в первую очередь способствует образованию диоксида углерода вместо кислорода, если в системе есть органические вещества.

Заключение

Эти примеры показывают, что биомиметический подход для поиска новых катализаторов и создания новых интересных реакций очень полезен. Прекрасно работающие и отлаженные в живой природе каталитические реакции, вдохновляют нас на поиски их химических аналогов. Я думаю, что в ближайшем будущем нас ждет много интересных открытий. С помощью современных методов исследования будут поняты сложные ферментативные реакции, а химики смогут воспроизвести их на простых модельных катализаторах. Нас ждут новая химия и новая химическая промышленность, которые, базируясь на тех же принципах, что и живая природа, не будут загрязнять окружающую среду.

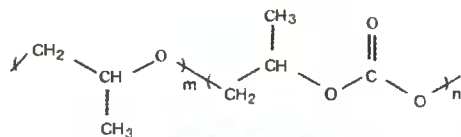


«Зеленый» растворитель

T. Sarbu et al., «Nature»,
2000, v. 405, p. 165

Углекислый газ, находящийся в сверхкритическом состоянии, то есть в той области фазовой диаграммы, что соответствует высоким давлениям и температурам, служит легко удаляемым и экологически чистым растворителем многих веществ. Его уже применяют в различных химических технологиях — синтезе полимеров, экстракции белков и металлов, гомогенном катализе (об этом рассказывала статья «Кювета со сверхкритическим флюидом» в № 2 за этот год). Однако способность CO_2 растворять макромолекулы, а также полярные, амфифильные и органометаллические соединения при не очень высоких давлениях и температурах все же ограничена. Но ее можно увеличить, если к молекулам таких CO_2 -фобов присоединить «хвосты» с какими-то CO_2 -фильными группами. Как правило, для этого используют полимерные цепочки — полисилоксаны или перфторуглероды (последние особенно эффективны, но получить их сложно и дорого).

В Питтсбургском университете нашли для них хорошие заменители — не содержащие фтора сополимеры, которые синтезируют с помощью алюминиевого катализатора из дешевого оксида пропилена ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) и — надо же! — все того же углекислого газа. В них чередуются мономеры, несущие метильную и карбонильную группы, при этом обеспечивается как большая конформационная подвижность цепи, так и энергетически выгодные контакты с CO_2 :



Комбинация этих двух факторов определяет хорошую растворимость сополимера во флюиде.

В конце 60-х годов немецкий химик К. Позель понял перспективность сверхкритического CO_2 с точки зрения извлечения из растворов их отдельных составляющих (учитывая разный коэффициент флюида к ним), например, с его помощью можно удалить из кофе кофеин, оставив в нем те вещества, что придают напитку аромат. С тех пор круг применений флюида неуклонно расширялся. Новое достижение американских ученых придаст этой «зеленой» химии дополнительный импульс.

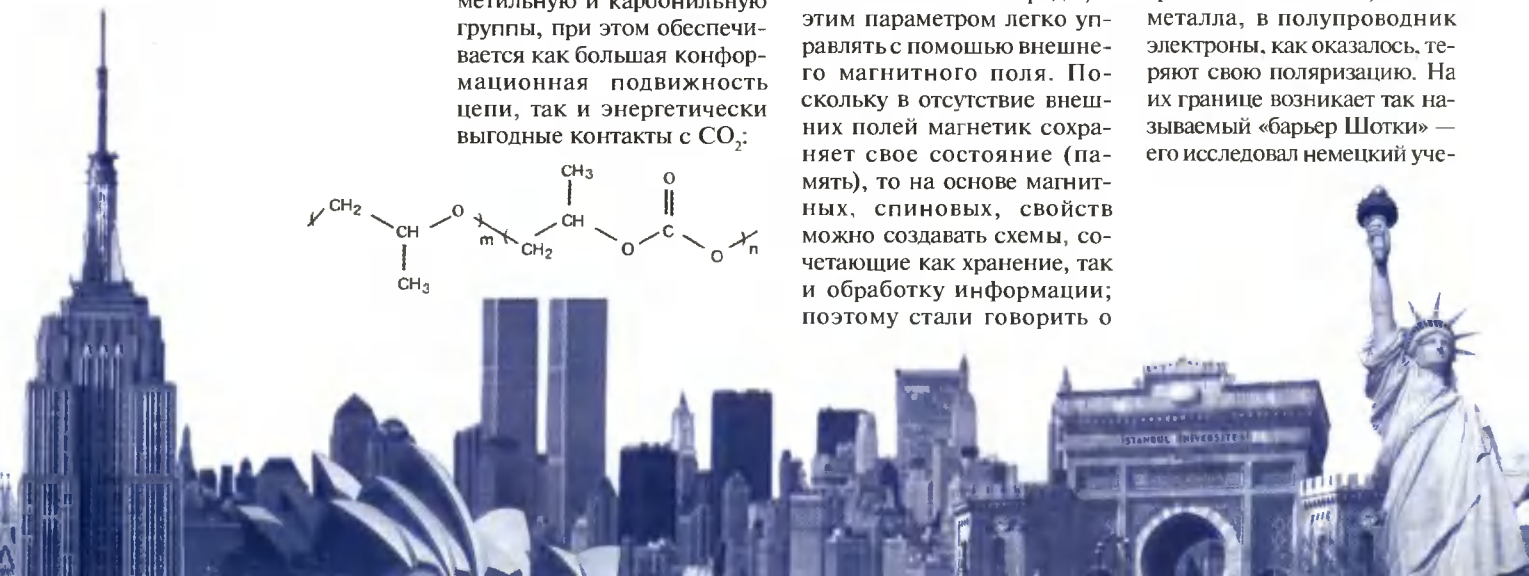
Электроника и спинтроника

Если свет от фонаря пропустить через пластину из турмалина, то он станет плоскополяризованным и через вторую такую пластину сможет пройти только в том случае, если оптические оси обеих пластин параллельны; если же они сдвинуты на 90° , то световой поток будет перекрыт (оптический вентиль). Аналогичный эффект возникает, когда электрический ток проходит через слой ферромагнетика. Ведь у электронов есть собственный магнитный момент — спин (он может иметь два направления — «вверх» и «вниз»), и на выходе пучок электронов оказывается спин-поляризованным (их спины имеют одинаковое значение) в зависимости от направления намагниченности среды, а этим параметром легко управлять с помощью внешнего магнитного поля. Поскольку в отсутствие внешних полей магнетик сохраняет свое состояние (память), то на основе магнитных, спиновых, свойств можно создавать схемы, сочетающие как хранение, так и обработку информации; поэтому стали говорить о

магнитоэлектронике, или спинтронике. Пока неясно, приведет ли она к революции, подобной появлению полвека назад транзистора, но в последние годы работы тут идут по многим направлениям, публикуется множество статей.

Английские исследователи (Кембридж) сформировали пленку в виде многослойной сверхрешетки, в которой чередуются магнитные, например из железа или никеля, и немагнитные (из меди) слои. Если направления намагниченности отдельных слоев различны, то поляризованные электроны пройти через пленку не могут (эффект «гигантского магнитосопротивления»). Если же, приложив внешнее поле, сделать их одинаковыми, то проводимость всей структуры резко возрастет. В результате разработаны высокочувствительные считывающие головки для компьютерных дисководов (током в головке управляют намагниченные частицы дискета), что позволило увеличить плотность записи данных в три раза, и полагают, что удастся поднять этот показатель еще в семь раз (R. Cowburn, M. Welland, «Science», 2000, v. 287, p. 1466).

Сейчас стремятся получить не просто спиновый вентиль, а транзистор, то есть усилитель сигналов. Но ведь современная микроэлектроника базируется на полупроводниках, поэтому нужно добиться, чтобы создаваемые спинтронные блоки были с ними совместимы. И тут возникло серьезное препятствие: при переходе электронов из магнетика, то есть металла, в полупроводник электроны, как оказалось, теряют свою поляризацию. На их границе возникает так называемый «барьер Шотки» — его исследовал немецкий уче-



ный В.Шотки в 1939 г.) Однако японские специалисты сумели его преодолеть — они научились делать магнитные полупроводники, имплантируя в них (молекулярно-лучевым осаждением) атомы металлов. Известно, что, скажем, Mn почти нерастворим в GaAs, но таким способом удается 7% атомов галлия заместить атомами марганца, и полученная пленка при $T < 110$ К ведет себя уже как ферромагнетик. Из этих легированных металлом полупроводников сформированы трехслойные решетки, где электроны при переходе между слоями сохраняют свою поляризацию.

Возможно, уже в ближайшие годы появятся чипы, представляющие собой гибриды обычной электроники и спинтроники (Y. Ohno et al., «Nature», 1999, v.4026 p. 790).

Манипуляции со спинами электронов открывают новые возможности и в области квантовых вычислений, для которых пока, как правило, пытаются использовать спиновые состояния атомных ядер — так называемые ЯМР-компьютеры (см. «Новости науки», 1998, № 11). Две разные ориентации спина — это единица хранения информации (кубит), причем многие кубиты должны сохранять когерентность (коллективное состояние, описываемое общей волновой функцией). В Университете Санта-Барбары с помощью лазерного импульса получили пакет когерентных электронов, который можно передвигать электрическим полем; кроме того, его удалось поместить в квантовую точку — потенциальную яму размером несколько нанометров в кристалле селенида кадмия (J. Kikkawa, D. Awschalom, «Science», 2000, v.287, p. 473).

Когда у В.Паули спрашивали, что такое спин, он отвечал: это неклассическая двузначность. Теперь эта двузначность становится ядром неклассической информатики.

Микролазеры: новый принцип

H. Cao et al.,
«Physical Review Letters»,
2000, v.84, p.5584

Среди применяемых в различных областях науки и техники лазеров есть и совсем миниатюрные. Так, в плеерах и дисководах используют для считывания информации с компакт-дисков полупроводниковые лазеры размером всего в несколько миллиметров. Теперь американские специалисты создали лазер в тысячу раз меньший, то есть в десять раз тоньше человеческого волоса. Но в этом отношении он не рекордный, а интересно это микроустройство прежде всего тем, что оно относится к особому типу лазеров, называемых случайными, неупорядоченными (random).

Как мы знаем, в обычном лазере должна быть активная среда, в которой с помощью системы накачки создают инверсную заселенность энергетических уровней, а также оптический резонатор (например, в виде двух плоских зеркал), обеспечивающий положительную обратную связь, в результате чего возникает вынужденное, когерентное излучение. Но в 1967 г. В.С.Летохов из Института спектроскопии АН СССР пришел к выводу, что в принципе можно создать лазер и без специального резонатора — обратную связь способно обеспечить простое отражение лучей от частиц среды. В белых, матовых материалах, скажем в молоке, свет многократно рассеивается отдельными гранулами, и при этом он слабо поглощается. Поэтому в активной среде с подобной структурой возможно усиление сигнала отраженными лучами, но только в 90-х годах такой лазерный эффект удалось наблюдать в лабора-

тории. Так как отражения происходят хаотично, подобный излучатель назвали рандом-лазером.

Авторы статьи реализовали его на неупорядоченных кластерах нанометровых размеров из оксида цинка; нужные кластеры из ZnO легко получать, и они очень дешевы (меньше цента за штуку). Характеристики лазера можно подстраивать, изменяя геометрию кластеров, но делать это пока приходится опытным путем, поскольку теоретически тут еще не все ясно. В отличие от обычного лазера, созданное устройство излучает не направленно, а во все стороны. Сферы применения этих невидимых глазу источников когерентного света — фотоника, оптоэлектроника, наверняка и медицина. Кроме того, их предполагают использовать для визуализации течения жидкостей и в качестве скрытых кодовых меток на банкнотах и других документах.

Интересно, а не может ли рандом-лазерный эффект проявлять себя в биосистемах — ведь все мы в некотором смысле похожи на стакан молока.

Рентгеновское око «Чандры»

R. Mushotzky et al., «Nature»,
2000, v.404, p. 459

В 1962 г. в США запустили в космос ракету, на которой были установлены счетчики Гейгера, и они зарегистрировали одиночный источник X-лучей в созвездии Скорпиона, а также общий фон излучения в этом диапазоне волн. Так началась рентгеновская эра в астрономии — эта наука постепенно становилась всеволновой. А два года спустя было открыто микроволновое фоновое излучение, которое увязали с общей схемой эволюции Вселенной (с теорией Большого взрыва), из-за чего этот реликтовый радиофон стал привлекать наибольшее внимание, и в его изучении достигли значительных успе-

хов (об этом говорилось в «Новостях науки» предыдущего номера). Но параллельно с помощью спутников начали методично обследовать небо и в X-лучах.

В 70-е гг. аппарат «Ухуру» показал, что рентгеновский фон дают внегалактические источники, а «Ариэль-5» — что основной вклад в него вносят активные ядра галактик. В 1978 г. космическая обсерватория «Эйнштейн» выявила столь большую гладкость фона, что его должны формировать по меньшей мере 3000 источников на каждый квадратный угловой градус небосвода; однако, скажем, квазары не распределены столь плотно. Уже в 90-х гг. спутник «РОСАТ» получил спектрограмму излучения, но она охватывала только мягкие рентгеновские кванты — с энергией 0,1—2,5 кэВ.

Этот пробел должна заполнить запущенная НАСА в прошлом году рентгеновская обсерватория «Чандра» (ее назвали в честь выдающегося американского астрофизика индийского происхождения лауреата Нобелевской премии С.Чандрасекара). Обладая высокой чувствительностью и большим угловым разрешением, она уже добыла много ценной информации: дала четкие изображения некоторых ярких рентгеновских источников и показала, что 73% всех источников жестких X-лучей (с энергией 2—10 кэВ) — это очень слабо светящиеся в оптическом диапазоне объекты; многие из них уже удалось отождествить с теми, что наблюдают с помощью наземных и других орбитальных телескопов.

За последние полвека чувствительность детекторов X-лучей возросла на девять порядков, и теперь, видимо, именно рентгеновской астрономии суждено дать ответы на многие ключевые вопросы астрофизики, в частности какова природа бурных процессов в галактических ядрах и существуют ли черные дыры.

Подготовил
Л.Верховский

— Акселерация? Это что-то связанное с преждевременным созреванием? Слышал, об этом одно время шумели, но потом в нашем департаменте создали комиссию, и она доказала, что это есть результат личной заботы господина Президента о подрастающем поколении львов и мечтателей, так что все стало на свои места... Упаси Бог от таких львов, ибо место им в кунсткамере.

А. и Б.Стругацкие. Хромая судьба

Е.Клещенко

Свободное скрещивание укорачивает ЖИЗНЬ

Не первое десятилетие ученые занимаются поисками генов, определяющих продолжительность жизни: гена старения, гена долголетия, гена вечной молодости (а «Химия и жизнь» внимательно наблюдает за поисками). Помимо знаменитой теломеры — фермента, отвечающего за удлинение концевых последовательностей хромосомы, сегодня известны и другие структурные гены с подходящими функциями. (Например, ген *daf-2* нематоды, о котором писала «Химия и жизнь» в № 8 за 1999 год.) Но все же ни



Художник Г. Гончаров



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

тыми, но ген зеленой окраски никуда не исчезнет и может проявиться в следующем поколении). Говоря упрощенно, чем сильнее различаются между собой родители, тем больше генов потомка будут представлены двумя разными аллелями и тем выше, стало быть, гетерозиготность его генома.

Низкая или, наоборот, высокая гетерозиготность может быть не только у особи, но также у популяции, вида или иной группы (здесь речь идет о том, как много генов в пределах группы представлено различными копиями). Гомозиготны природные изолированные группы, сельскохозяйственные или лабораторные «чистые линии» (потому они и называются «чистыми», что аллели у всех особей одинаковы: только гены зеленой окраски, и никакой желтой). А самый близкий для нас пример гетерозиготной популяции — большие города.

В современном городе встречаются, влюбляются и заводят потомство самые разные граждане, совершенно несходные и внешне, и биохимически, и генетически, — представители групп, которые никогда не смешались бы в традиционном обществе. (И разумеется, подобное не происходит у животных: большинство особей проживает свои жизни на ограниченных участках видового ареала.) Самолеты, поезда и корабли свели на нет географическую изоляцию; книги, компьютеры, музыкальная индустрия, пищевая и легкая промышленность заметно снизили изоляцию поведенческую. (Как заметил Конрад Лоренц, век назад невозможно было представить британскую принцессу и африканского аборигена, одетых одинаково, а сегодня — оба в джинсах...) В популяционной генетике это называется панмиксией — свободное скрещивание в пределах вида (или, по крайней мере, в пределах цивилизованного мира).

Чем различаются гомозиготные и гетерозиготные популяции? Мечта Макара Нагульнова о светлом будущем, в котором не будет ни черных, ни белых людей, а «все будут приятно-смуглявые», едва ли сбудется. (Популяция, состоящая из одинаковых особей, обязательно гомозиготна: все будут одинаковыми по цвету кожи только в том случае, если в популяции останутся

один из них не оказался искомым «геном бессмертия».

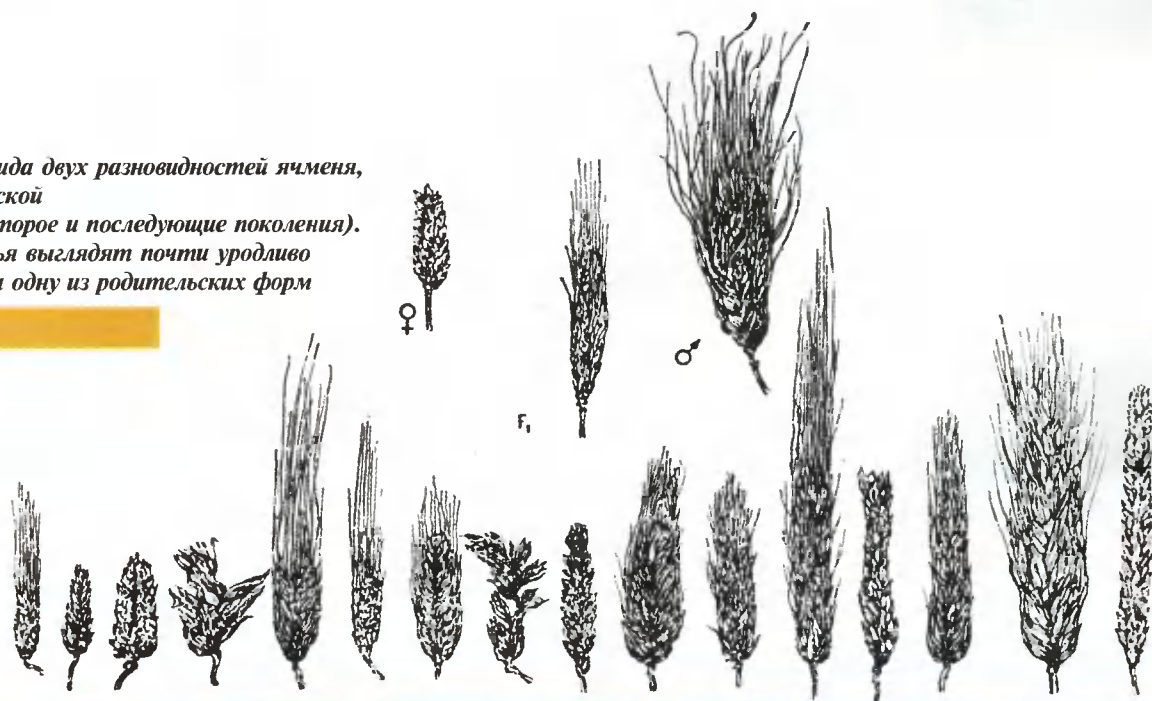
Новый подход к генетике долголетия предлагает академик Ю.П.Алтухов: продолжительность жизни особи, возможно, определяется не единичными генами, а их сочетаниями. Точнее, срок жизни особи зависит от гетерозиготности ее генома.

У высших растений и животных каждый ген представлен двумя копиями,

одна из которых получена от матери, а другая от отца. Эти копии называют аллелями. Копии могут быть одинаковыми (тогда говорят, что особь гомозиготна по данному гену) или различными — так, у знаменитого гороха, с которым работал Мендель, один из двух аллелей обеспечивает зеленую окраску горошин, другой — желтую (такой организм называется гетерозиготным: в приведенном примере горошины будут жел-

1

Расщепление гибрида двух разновидностей ячменя, японской и афганской (нижний ряд — второе и последующие поколения). Некоторые колосья выглядят почти уродливо и не похожи ни на одну из родительских форм



только «черные» или только «белые» гены. Если же будут присутствовать и те, и другие, в каждом поколении будет происходить менделевское расщепление: у пары мулатов может с определенной долей вероятности родиться светлокожий или темнокожий ребенок.) Но некоторые последствия роста гетерозиготности мы, возможно, ощущаем уже сегодня.

Рыбы большие и маленькие

Все началось с исследования промысловых рыб — тихоокеанских лососей. Нерестовая популяция нерки состоит из трех групп, легко различимых по размеру: крупные старые самцы, мелкие молодые (однако половозрелые!) самцы и самки, среднего размера и среднего возраста. Почему из одного малька вырастает большая рыба, а из другого — маленькая рыбка? (Впрочем, «маленькая» — понятие относительное: крупные самцы достигают в длину 75 сантиметров, а мелкие — «всего» около 40.) Почему большой лосось идет на нерест в пять лет, а мелкий в три года? Среда обитания у обоих одинаковая, значит, причина в генах.

О том, какими могут быть генетические основы раннего взросления, ученые спорят столько, сколько известен феномен акселерации. Одним из факторов, снизивших возраст полового созревания у человека в XX веке, считают гетерозиготность, которая увеличилась в результате панмиксии. Все в мире связано: если поколение отцов распева «Едем мы, друзья, в дальние края», очень вероятно, что дети запоют «Вы не смотрите, Таня, что я учусь в десятом». Но есть ли корректные доказательства, что дело обстоит именно так?

Вернемся к лососям. Гетерозиготность генотипа удобно оценивать по разнообразию генов, отвечающих за

синтез ферментов. Эти гены, конечно, тоже представлены разными аллелями, которые кодируют разные вариации одного и того же белка — так называемые аллозимы, или аллоферменты. Так вот, статистическая обработка данных показала, что гетерозиготность напрямую влияет на размер особей. У крупных старых самцов больше ферментных генов представлено идентичными копиями, у молодых и мелких гетерозиготность более высока. Что касается самок, средних по размеру, уровень гетерозиготности у них тоже оказался средним.

Быть готовым к размножению раньше всех ровесников — это полезно, особенно если жизнь особи обещает быть короткой. На мелководных нерестилищах или в маловодные годы не так уж плохо быть маленьким. Но тот, кто начал размножаться позже, зато вырос большим, имеет постоянное преимущество перед «молодыми, да ранними»: самки предпочитают крупных партнеров. Таким образом, в естественных условиях поддерживается равновесие между крупными гомозиготами и мелкими гетерозиготами. Однако там, где ведется промысел, ситуация иная. Большие рыбы первыми попадают в сети, так что в популяции возрастает число акселератов — рыбы мельчают.

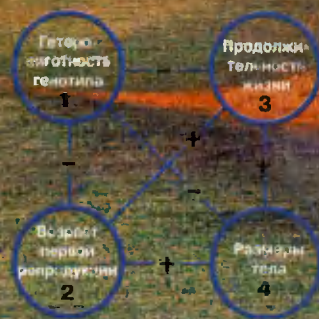
Мужские проблемы

Кстати, почему у рыб гетерозиготы-акселераты мелкие, а у людей акселератами называют самых долгожителей? Известно, что у гетерозиготных организмов более интенсивный обмен веществ,

чем у гомозиготных, и это позволяет им быстрее развиваться и расти. Но по сравнению с современными горожанами большинство диких видов живут голодно и трудно, так что организму приходится делать выбор между ранним созреванием и ростом тела (акселерация, лат. «acceleratio» — буквально «ускорение»). Понятно, что в суровых природных условиях приоритет у созревания: свои гены следующему поколению передаст тот, кто раньше оставит потомство, а не тот, кто вырастет большим, но погибнет бездетным. Но современные школьники голодом не мучаются (разве что на последнем уроке), в будущее смотрят с оптимизмом и легко используют интенсивный обмен для решения обеих важнейших биологических задач: к пятнадцати годам и целуются в подъездах, и вырастают до потолка.

Вообще увеличение размеров при гибридизации (на языке генетиков, положительный гетерозис по росту) хорошо знакомо селекционерам. Скрещивание двух чистых линий во многих случаях дает крупное и быстро растущее потомство. Это явление широко используют в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Например, цыплят-акселератов читатель может приобрести на ближайшем рынке: там их называют бройлерами. Удивляться тут нечему, ведь домашние животные и птицы разделили с человеком блага цивилизации.

Но даже классические эксперименты с сельскохозяйственными видами ясно показывают, что с повышенной гетерозиготностью не все просто. Советский генетик Г.Д.Карпеченко (его работы по созданию полиплоидного капустно-ре-



2

Корреляции между гетерозиготностью генома, скоростью полового созревания, продолжительностью жизни и линейными размерами.

Причинно-следственные связи показаны стрелками, плюсы и минусы — знаки соответствующих корреляций.

(Этот и все последующие рисунки заимствованы из статей Ю.П.Алтухова)

дечного гибрида вошли в школьные учебники) скрестил две географически отдаленные разновидности ячменя, японской и афганской. Получился плодовой гибрид, но во втором и последующих поколениях началось расщепление: появились экземпляры, которые не походили ни на одну из родительских разновидностей, да и вообще на ячмень (рис.1).

Напрашивается предположение, что для особи может быть неблагоприятна как высокая гомозиготность, возникающая при близкородственном скрещивании («Химия и жизнь», 2000, № 6), так и повышенная гетерозиготность. Вероятно, в процветающей популяции поддерживается некий оптимальный уровень генного разнообразия, сильные отклонения от которого могут быть опасны.

Кстати, вот еще один немаловажный вопрос: почему раннее созревание и вариации по размерам наблюдались только у самцов-лососей, а самок как бы и не коснулись? Дело именно в том, что женский пол у многих видов консервативен, а мужской склонен к новациям и крайностям («Химия и жизнь», 1999, № 2): генотипы самок и самцов по-разному взаимодействуют со средой. Поэтому все, о чем мы будем говорить дальше, в первую очередь касается мужчин.

Генное разнообразие как фактор старения

Теперь перейдем к главному. Лососевые рыбы знамениты благодаря почти трагической особенности своей биологии: они приносят потомство лишь еди-

ножды и после нереста погибают. Раннее созревание для нерки — это и ранняя смерть. Но только ли для нерки? Не может ли связь между гетерозиготностью, возрастом полового созревания и продолжительностью жизни оказаться общей для всех биологических видов?

Идеи о взаимосвязи размножения и старения на генетическом уровне высказывали еще Дж.Холдейн и П.Медавар: смерть особи обусловлена генами, которые в раннем и среднем возрасте «молчат» или (по версии Г.Уильямса) даже приносят пользу, но становятся опасными в конце жизни, после размножения. Такие гены не мешают своему носителю оставить потомство и поэтому не теряются в ходе отбора. Соответственно, чем раньше особь начинает размножаться, тем более ранние опасные гены высвобождаются из-под действия отбора и делаются причиной смерти.

Другая теория, сформулированная еще в начале века немецким физиологом Максом Рубнером, предполагала существование «энергетического фонда». Согласно этой теории, каждое живое существо за свою жизнь может израсходовать около 200 000 килокалорий на килограмм веса, и чем быстрее животное известного размера тратит энергию (чем интенсивнее обмен веществ), тем короче окажется его жизнь. Действительно, хорошо известно, что у животных с быстрым обменом жизнь короче. Рубнер сделал свои выводы на основании экспериментов с пятью видами домашних млекопитающих, однако человек в его схему совершенно не укладывался: по Рубнеру, при нашем уровне метаболизма жить мы должны гораздо меньше.

Тем не менее к настоящему времени накопилось достаточно фактов, которые подтверждают как теории Медавара и Холдейна, так и теорию Рубнера. «Химия и жизнь» (1999, № 8) писала о том, как ограничение пищевого рациона и снижение уровня обмена продлевает жизнь у самых разных животных — от нематоды до приматов. Другая группа фактов помогала установить связь между этими двумя теориями — долгожители со сниженным обменом приступали к размножению позже ровесников, а у

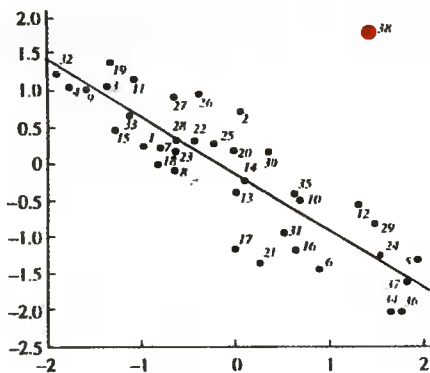
дрозофил исследователи даже получили линию долгожителей, проводя отбор на замедленное половое созревание. Но, как мы теперь знаем, оба эти параметра — уровень обмена и возраст полового созревания — напрямую зависят от гетерозиготности. Что, если проверить, насколько сильно связаны гетерозиготность, возраст первой репродукции, уровень метаболизма и продолжительность жизни?

Как сравнивать животных с растениями

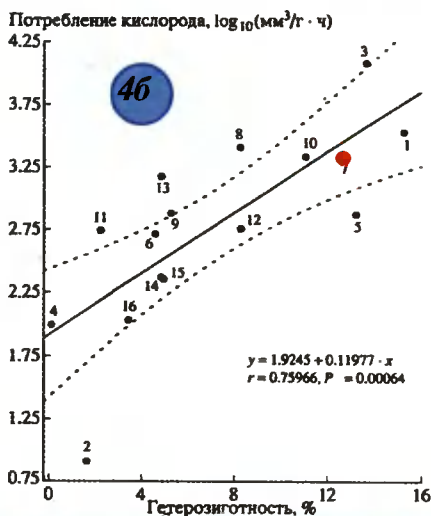
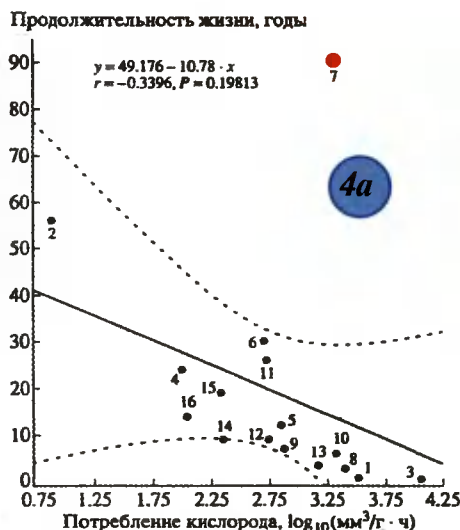
Именно такую работу проделали в Институте общей генетики РАН академик Ю.П.Алтухов с сотрудниками. Статистическое исследование на десятках видов животных и растений обнаружило достоверную отрицательную корреляцию между гетерозиготностью и продолжительностью жизни. Общие правила таковы: чем больше гетерозиготность генома, тем короче окажется жизнь особи, тем мельче будет данная особь и тем раньше она начнет размножаться (рис. 2).

Создание огромного массива генетических и демографических данных и их последующая обработка — задачи сами по себе непростые. Прежде всего, необходимо было отобрать виды, у которых изучено достаточно много ферментных генов: хотя бы около двадцати, и не менее чем в пяти популяциях, и для которых вдобавок имеются достоверные демографические характеристики — данные по размерам и долголетию особей. Но как сопоставлять данные по совершенно различным видам — в буквальном смысле сравнивать корову с вороной и козу с лебедем?

Что считать нормой, если размеры и долголетие различаются на многие порядки? То же самое с гетерозиготностью: для больших систематических групп характерны абсолютно разные ее уровни, например, у насекомых и моллюсков она вдвое выше, чем у рыб, птиц и млекопитающих. Справиться с этими проблемами позволяют методы математической статистики. Если сперва найти корреляции внутри более узких групп (сравнить корову с козой, а ворону с

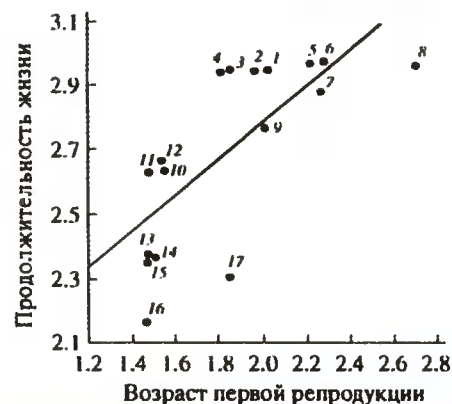


3
Зависимость между гетерозиготностью и долголетием 37 видов животных и растений. Здесь рыбы, птицы, млекопитающие, рептилии, амфибии, насекомые, ракообразные, моллюски, а также двенадцать видов деревьев, покрытосеменных и голосеменных. На человека (точка 38) закономерность, похоже, не распространяется



4
Зависимость между гетерозиготностью и интенсивностью потребления кислорода (а); между потреблением кислорода и продолжительностью жизни (б). Человек (точка 7) снова портит всю картину — при таком дыхании мы живем чересчур долго, зато остальные виды, от комара до кролика, подчиняются правилу Макса Рубнера

5
Генетика Ветхого Завета: корреляция, найденная на основании родословных патриархов, вполне правдоподобна



лебедем), мы можем получить отклонения отдельных переменных от групповых средних. А эти отклонения уже вполне допустимо сравнивать.

И в самом деле, теории находят подтверждения (рис. 3, 4, 5). Хорошо заметно, однако, что вид *Homo sapiens* в общую картину не вписывается. Средняя продолжительность нашей жизни гораздо больше той, которая соответствует нашей гетерозиготности. Причина, скорее всего, в тех тепличных условиях, которые мы для себя создали: жилье, питание, медицина и все остальное, о чем большинство соседей по планете не могут и мечтать. Поэтому разумным представляется сравнить людей с людьми: провести исследования в разных этнических группах и рассмотреть внутривидовые корреляции.

Геном, не приспособленный к стрессу

В пределах нашего вида работают те же закономерности. Единственным источником, где данные о возрасте, в ко-

тором мужчина стал отцом, соотнесены с продолжительностью его жизни, были родословные Ветхого Завета (рис. 5). «Как бы ни относиться к приводимым в Книге Бытия абсолютным значениям продолжительности жизни и возраста половозрелости представителей этих древних родов, сама корреляция выглядит совершенно реалистичной», — пишет Ю.П.Алтухов. (Кстати, сейчас появились еще и результаты Тома Кирквуда, изучавшего генеалогии английских аристократов («Химия и жизнь», 1999, № 8). У женщин та же закономерность, что и у мужчин: кто рождает позже, тот живет дольше.)

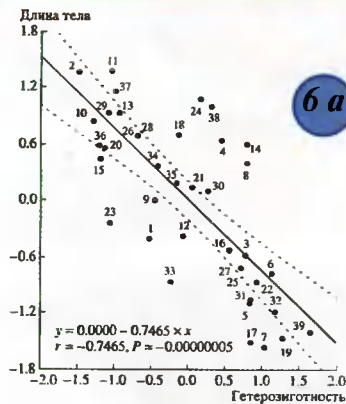
Данные для других корреляций можно почерпнуть из более свежих источников, таких, как сводки Госкомстата. Хорошо изученных генетических маркеров у человека больше, чем у любого другого вида (информацию по ним получили из электронной базы данных лаборатории генетики человека Института общей генетики). Изучая зависимость между гетерозиготностью и ростом, исследователи разделили данные на две группы. В одной оказались народы, у

которых не был зарегистрирован заметный прирост длины тела от поколения к поколению (в основном это народы, далекие от городской жизни, — северные, уральские, а также некоторые кавказские этносы) (рис. 6а). Корреляция между ростом и гетерозиготностью в этой группе такая же, как у лососей и других живых существ: повышение гетерозиготности снижает рост. В другой группе — народы, у которых статистики регистрировали феномен акселерации: украинцы, белорусы, армяне, казахи, башкиры (рис. 6б). Ясно видно, как формируется новая закономерность.

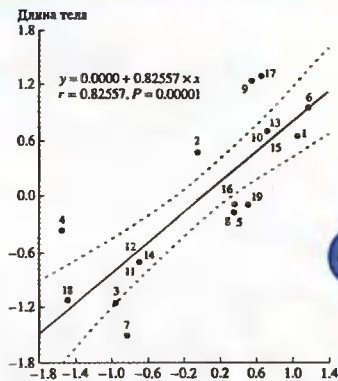
А что с самым важным фактором — продолжительностью жизни? В общем-то все знают, что с ним плохо. На территории России в 1995 году продолжительность жизни мужчин составляла 58,3 лет против 67,2 в 1989—1990 годах. (Мы уже говорили, что резкие эволюционные перемены в первую очередь проявляются у мужского пола.) Очевидно, что, с точки зрения биолога, это ответ популяции на резкое ухудшение условий — почти до той грани, за кото-

Внешне это выглядело как стремительное, нелинейное по времени ускорение темпов развития всякого мало-мальски сложного организма. Если говорить о человеке, то до двенадцати лет он развивался в общем нормально, а затем начинал стремительно взрослеть и еще более стремительно стареть. В шестнадцать лет он выглядел тридцатипятилетним, а в девятнадцать, как правило, умирал от старости.

А. и Б.Стругацкие. Жук в муравейнике



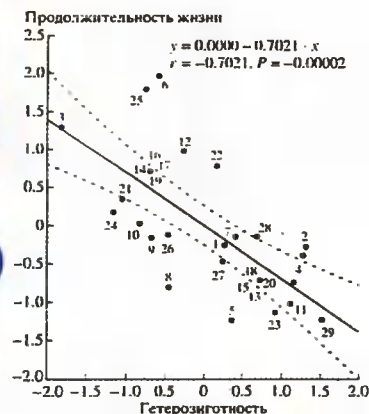
6 а



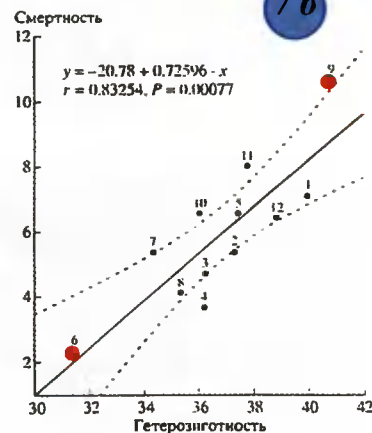
6 б

6
Зарождение акселерации: данные на рисунке (а) относятся к 1930—1950 годам, а на рисунке (б) — к 1960—1980 годам; здесь представлены только популяции, в которых к этому времени наблюдался прирост длины тела. В первой группе закономерность такая же, как во всем животном и растительном мире: гетерозиготы мельче. Зато вторая группа явно живет по другим законам, и начиналось это почти что на наших глазах

7
Мужчины — жители бывшего СССР: гетерозиготность и средняя продолжительность жизни (а); гетерозиготность и смертность (б). Комментарии не нужны...



7 а



7 б

рой неблагоприятное воздействие более не способствует отбору и развитию вида, потому что погибают все особи. Но пока до этого не дошло, надо помнить, что всякая реакция организма на внешнее воздействие запрограммирована генами.

Исследование этнических групп выявило отрицательную корреляцию между гетерозиготностью и продолжительностью жизни (рис. 7а). Смертность на рисунке 7б (разность между средней продолжительностью жизни в 1989—1990 годах и в 1994 году) показывает, как стрессовые условия в последние годы сократили жизнь той или иной группе людей. Но виноваты не только условия: связь смертности с гетерозиготностью видна отчетливо. Едва ли карелы (точка 9) живут сейчас уж настолько хуже калмыков (точка 6), а вот генное разнообразие у карелов заметно выше.

Какие отсюда можно сделать выводы? Первыми приходят на ум неутешительные соображения. Избегать закона, который писан для всего живого на земле — совместить панмиксию и гете-

розиготность с удлинением жизни, — человеку до сих помогали только улучшенные условия проживания. Но эти условия, как нас неоднократно предупреждали, могут ухудшиться в глобальном масштабе. А в нашей стране ухудшение происходит уже сегодня. Следствия очевидны: гетерозиготность может оказаться «бомбой замедленного действия». Снижение уровня жизни, которое в начале века было переносимо, хотя и с трудом (дома без отопления и продовольствие по карточкам), сегодня отзовется ранней смертностью.

Едва ли возможно привести гетерозиготность нашего вида к оптимальному уровню с помощью социальных или экономических воздействий. Остается одно: руководители всех стран должны решительно отказаться от экспериментов по созданию стрессовых ситуаций для подданных. Лечебное голодание — спорная методика, а если добавить к ней страх, унижение и чрезмерные нагрузки, нас могут ожидать неприятные сюрпризы.

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Литература

Алтухов Ю.П. Аллозимная гетерозиготность, скорость полового созревания и продолжительность жизни. Генетика, 1998, т.34, № 7.

Алтухов Ю.П. Гетерозиготность генома, интенсивность метаболизма и продолжительность жизни. ДАН, 1999, т.369, № 5.

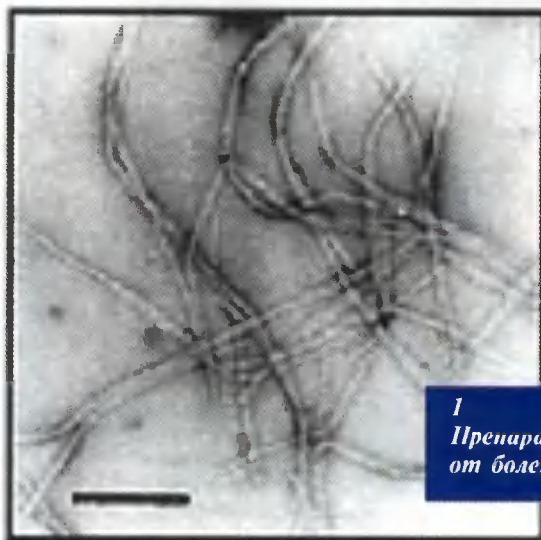
Алтухов Ю.П., Шереметьева В.А., Рычков Ю.Г. Гетерозис как причина акселерации у человека. ДАН, 2000, т.370, № 1.

Алтухов Ю.П., Шереметьева В.А. Гетерозиготность генома и долголетие человека. ДАН, 2000, т.371, № 5.



Эмма Хокли

Художник С.Тюнин



1
Препарат мозга пациента, умершего от болезни Хантингтона



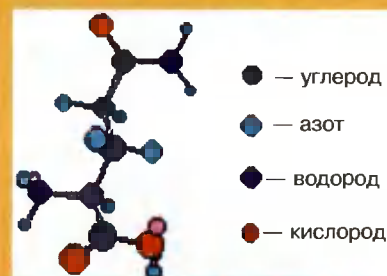
БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Защитная окраска против нейродегенерации

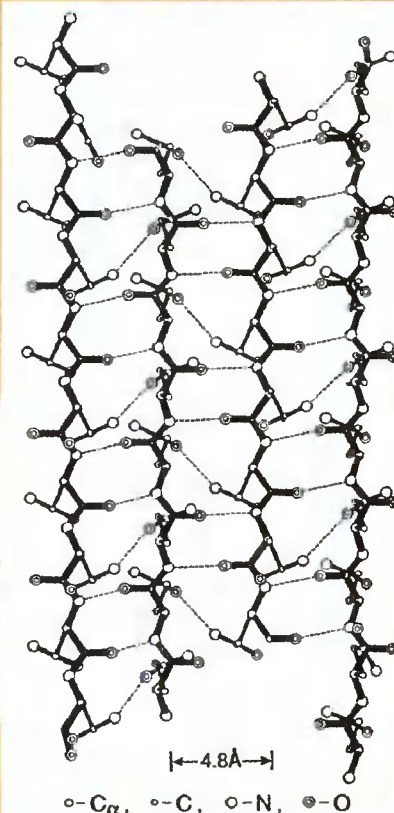
Представьте себе, что вам говорят: с вероятностью 50% у вас начнется болезнь, которая может проявиться в любой момент, будет сопровождаться нарушениями двигательной активности, изменениями личности, слабоумием и в конце концов приведет к смерти. Каково жить с таким приговором? Но именно так живут тысячи людей, которым угрожает болезнь Хантингтона — сокращенно HD (*Huntington's disease*). Это генетическое заболевание может проявиться в любое время, начиная с детства, однако наиболее часто оно развивается в среднем возрасте, когда больные уже имеют детей. И дети наследуют эту страшную болезнь, против которой все еще нет лекарств.

В 1993 году у больных и их близких появилась новая надежда: международный научный консорциум ученых начал работать над расшифровкой гена болезни Хантингтона.

Гены, как известно, — это участки



2
Глутаминовые застёжки-«молнии». Вверху — молекула глутамина



3 Длинная трубка — фибрилла

циентов, умерших от болезни Хантингтона (рис. 1). Нобелевский лауреат Макс Перутц предположил, что белковые молекулы соединяются при этом водородными связями, которые образуются между боковыми группами остатков глутамина — такие конструкции у спелистов называются застёжки «молнии» (рис. 2).

Удлиненные участки, которые кодируют полиглутаминовые цепочки, были найдены во многих генах, вызывающих нейродегенеративные заболевания. Во всех случаях получался белок с неправильной структурой, образующий агрегаты в мозге больного. Чем длиннее была полиглутаминовая цепочка, тем быстрее шла агрегация и тем раньше проявлялась болезнь. Кстати, болезни этой группы образно называют «нетерпеливыми»: они передаются по наследству и в каждом следующем поколении наступают раньше и раньше. Это происходит как раз потому, что участок гена с повторами ЦАГ нестабилен и удлиняется от поколения к поколению, особенно по мужской линии.

При других нейродегенеративных заболеваниях в мозговой ткани образуются похожие белковые агрегаты (хотя белки в них соединяются не за счет полиглутаминовых мотивов): это болезни Альцгеймера, Паркинсона, а также болезнь Крейтцфельда-Якоба — человеческий эквивалент губчатой энцефалопатии скота («коровьего бешенства»). Белковые агрегаты, характерные для этих заболеваний, впервые были обнаружены

при окрашивании иодом. Окрашивались они в сине-черный цвет, так же, как крахмал, поэтому их называли амилоидами — «крахмалоподобными». Вероятно, амилоидные комплексы имеют бета-структуру, типичную для многих белков: аминокислотные цепи уложены одна к другой, антипараллельно («голова к хвосту»), образуя плоский лист. В свою очередь, этот лист скручивается в длинную трубку — фибриллу (рис. 3).

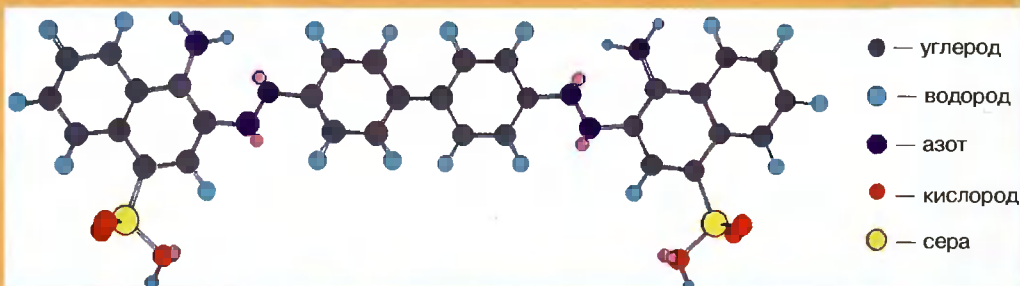
Болезнь Альцгеймера — самая распространенная причина слабоумия: установлено, что среди людей, доживших до 85 лет, у каждого второго появляются симптомы этой болезни. Болезнью Паркинсона страдали такие известные люди, как Майкл Дж.Фокс и Мохаммед Али. Как правило, она поражает людей среднего возраста и вызывает дрожь конечностей, ограничение суставной подвижности и двигательные нарушения, а на поздних этапах зачастую наступает слабоумие. Лекарства помогают контролировать симптомы болезни Паркинсона, но не могут остановить развитие заболевания. Интерес к болезни Крейтцфельда-Якоба резко возрос после эпидемии «коровьего бешенства» в Британии, когда стало понятно, что потребление зараженного мяса может вызвать губчатую энцефалопатию у человека. (Кстати, прионы, о которых так много говорили средства массовой информации, — это и есть амилоидные комплексы.) Все эти болезни неизбежно прогрессируют и, за исключением болезни Паркинсона, приводят к смерти. Самое страшное, что эффективной терапии не существует.

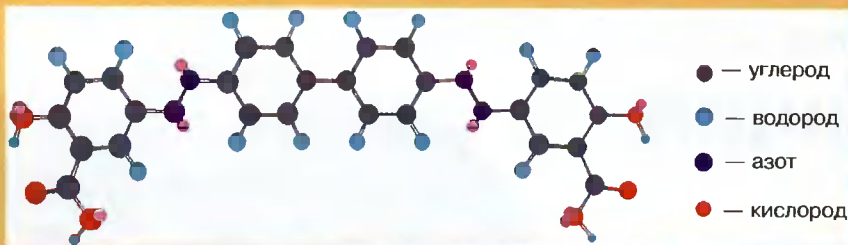
Развитие нейродегенеративных болезней порой продолжается годы. Например, симптомы болезни Крейтцфельда — Якоба могут появиться через десять или более лет после заражения. И затем разрушение нервных тканей идет медленно, десятилетиями. Это очень затрудняет разработку и тестирование методов лечения. Вот почему, когда был открыт ген болезни Хантингтона, Джилл Бейтс и ее коллеги из Гайс-Хоспитал (Лондон) использовали в качестве модели аналогичную

4 Амилоидные комплексы — причина многих нейродегенеративных заболеваний

ДНК, линейной полимерной молекулы, состоящей из мономеров четырех типов: нуклеотидов, которые обозначают буквами А, Т, Г и Ц. Каждый ген — уникальная последовательность нуклеотидов — представляет собой матрицу для синтеза белка, причем каждые три нуклеотида кодируют одну аминокислоту. Всего в состав белков входят двадцать аминокислот. Они образуют длинные цепи, которые складываются и сворачиваются, формируя жестко определенную трехмерную структуру.

Ученые обнаружили, что ген болезни Хантингтона (HD-ген) содержит участок, в котором последовательность оснований ЦАГ повторяется 8—35 раз у здоровых людей, а у больных более 37 раз. В белке этому участку соответствует цепочка одинаковых аминокислот — глутаминов. Когда их число превышает 37, нормальная пространственная структура белка нарушается и вместо водорастворимых мономеров (единичных молекул) образуются цепи из слипшихся дефектных молекул. Эти длинные цепи формируют нерастворимые нити, которые при высоком разрешении видны в препаратах мозга па-





5

*Хризамин G —
образ будущего
лекарства от болезни
Хантингтона*



БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

болезнь у животных, которая прогрессирует быстрее.

В геноме экспериментальных животных (мышей линии R6/2) есть копия гена HD с полиглутаминовой цепочкой. Болезнь у мышей имеет много общих черт с человеческой: нарушения координации (чтобы измерить эти нарушения количественно, засекали время, в течение которого мышь сумеет удержаться на вертящемся барабане, переступая лапками), потеря веса и преждевременная смерть — всего через 14–16 недель. Микроскопическое исследование мозга мышей выявило нерастворимые белковые фибриллы, такие же, как у больных людей. Быстрота развития болезни делала мышей идеальной моделью для исследования потенциальных терапевтических методов. Оставалось придумать методы.

Подсказка пришла с неожиданной стороны. Краситель «конго красный», тот, что в XIX веке использовали для окрашивания тканей, в XX веке привлек внимание ученых. Выяснилось, что «конго красный» образует с амилоидными фибриллами комплекс, который в поляризованном свете выглядит ярко-зеленым, и его стали применять для окрашивания амилоидов в гистологических препаратах. «Конго красный» относится к азокрасителям: его симметричная плоская молекула состоит из бензидиновой «линкерной» структуры, связанной с двумя одинаковыми группами нафтионовой кислоты через два атома азота (рис. 4). Он взаимодействует с амилоидами через две сульфогруппы, которые расположены на расстоянии около 19 ангстрем друг от друга. Расстояние соответствует примерно пяти слоям бета-листа, поэтому можно предположить, что такое строение молекулы оптимально для взаимодействия с амилоидами.

Недавно группа Эриха Ванкера в Берлине показала, что «конго красный» ингибирует образование HD-волокон. Но это вещество едва ли может стать лекарством. Его запретили использовать в текстильной промышленности именно потому, что

многие рабочие, постоянно контактировавшие с ним, заболели раком. Кроме того, «конго красный» не может так просто проникнуть в мозг. Как правило, лекарства приносят в орган-мишень ток крови. В кровь они попадают либо напрямую (при инъекции), либо опосредованно — например, всасываются через слизистую оболочку после приема внутрь. Затем лекарство диффундирует из крови в больной орган. Однако мозг обособлен от кровяного русла так называемым гематоэнцефалическим барьером — слоем тесно соединенных клеток, через который могут прорваться только маленькие липидорастворимые молекулы. Молекулы «конго красного» полярны, следовательно, не очень хорошо растворяются в липидах и не могут преодолеть этот барьер.

Сейчас ученые пытаются подобрать аналоги «конго красного» — молекулы, которые не имели бы этих недостатков. Одно из веществ-кандидатов называется хризамин G (рис. 5). Основное отличие между хризамин G и «конго красным» — сульфогруппы заменены на менее кислые карбоксильные группы, между которыми сохраняется расстояние 19 ангстрем. Эта замена снижает полярность молекулы и соответственно улучшает ее шансы проникнуть через гематоэнцефалический барьер.

Дополнительный эффект этой замены — сведение на нет еще одной неудобной особенности «конго красного». Как продемонстрировала группа Яна Гилберта из Уэльсской школы фармакологии в Кардиффе, в низких концентрациях «конго красный» и его производные, содержащие сульфогруппу, фактически ускоряют сборку прионовых белков, хотя и замедляют ее при высоких концентрациях. Механизм этого вредного эффекта еще далеко не ясен. Но очевидно, что для фармакологического препарата эта характеристика крайне неблагоприятна: если пациент не сможет получить

нужную дозу, он рискует ухудшить свое состояние. Хризамин G и другие производные, имеющие карбоксильные группы, так же эффективно, как и «конго красный», ингибируют сборку прионов в фармакологической концентрации, но в малых дозах не проявляют этого аномального свойства и, следовательно, более безопасны. Исследователи из Уэльса также начали эксперименты по замене бензидиновой группы на другую линкерную молекулу, чтобы понизить токсичность вещества.

После того как новое вещество подробно исследуют *in vitro*, можно будет проверить, уменьшает ли оно симптомы болезни у мышей. Изучение поведения животных в сочетании с посмертным исследованием амилоидных отложений позволит определить, годится ли это соединение для лечения людей. Одним словом, исследователи делают лишь первые шаги. Пока еще мы не знаем самого главного: прекратится ли болезнь, когда будет остановлена сборка белковых агрегатов. Но если дело обстоит именно так, в конце концов мы сможем получить лекарства от нейродегенеративных заболеваний — лекарства не симптоматические, а устраняющие саму причину болезни.

Кстати, результаты, полученные на другой мышинной модели болезни Хантингтона, показывают, что выключение гена болезни может обратить вспять ее развитие. Это подтверждает, что ученые на верном, хотя и неблизком пути.

Перевод с английского
Е. КОТИНОЙ

Эта статья была одной из лучших на прошедшем в этом году очередном конкурсе молодых писателей на лучшую популярную статью о химии, который проводит электронный журнал "Alchemist" (<http://ChemWeb.com/alchemist/>) и Американское химическое общество



Превосходящий Цельса

«Некогда всех ученых обвиняли в колдовстве. Меня это нисколько не удивляет. Каждый рассуждал про себя: «Я развил свои природные дарования, насколько это было возможно, а между тем какой-то ученый имеет преимущества предо мною; очевидно, тут вмешалась какая-то чертовщина». В наше время, когда подобные обвинения потеряли убедительность, принялись за другое: ученому никак не удается избежать упреков в безбожии или ереси».

Эти слова принадлежат французскому философу Шарлю Монтескье, и были они высказаны в 1720 году.



А за два столетия до того Западная Европа переживала величайший подъем, прежде всего в сферах культуры и идеологии. Этот духовный подъем определил две близкие друг другу по времени исторические эпохи — Возрождение и Реформацию. Речь о последней. Как мы теперь знаем, основным результатом Реформации, начавшейся в Германии в первой четверти XVI века, стали религиозные преобразования — реформа церкви, завоеванная народами Европы в борьбе против духовной диктатуры папства и церковного феодализма. Эта эпоха великих перемен выдвинула на историческую арену поистине титанических личностей — Мартина Лютера, Томаса Мюнцера, Жана Кальвина, Эразма Роттердамского и многих других. Важно отметить, что деятельность этих мыслителей способствовала не только собственно церковным реформам, но и проложила путь новым этическим, правовым и экономическим воззрениям — тем именно, которые как нельзя лучше соответствовали зарождению и осуществлению принципиально новых отношений — капиталистических.

Но и это не все. Духовный подъем того исторического периода коснулся и такой сферы, как естествознание. А если естествознания, то как тут без химии, да и без медицины?

Первый профессор химии от сотворения мира

Именно так назвал героя этих заметок А.И.Герцен, который, как известно, комплименты зазря не раздаривал. И тем не менее человек, о котором речь, вошел в историю как личность безмерно противоречивая, чему, между прочим, в немалой мере способствовал его характер — резкий, конфликтный, аффективный. Да, огнедышащей была натура. По одним оценкам того времени — блестящий врач-химик, по другим — не более чем алхимик, по третьим — шарлатан. Потом его образ даже отдали на откуп представителям различных эзотерических учений, а то и просто астрологам, магам. И неудивительно: его взгляды касались всего — алхимии и астрологии в том числе. Вот только как?..

А между тем. «Алхимия никогда не была чем-либо другим, как химией; смешивая ее постоянно с искусством приготовления золота... мы делаем величайшую несправедливость». На эту величайшую несправедливость указал в XIX веке Юстус Либих, знаменитый немецкий химик, кстати, открывший изомерию.

В общем, тут был тот самый невероятный случай, когда астрология и алхимия стали помощниками — некой теорией. И вот один из невероятных

же результатов: он начал лечить сифилис соединениями ртути, впервые! Лечить и вылечивать!..

...Он странствовал по Европе в течение девяти лет. Побывал и в России, где изучал болезни лошадей, коз и других домашних животных. Даже сопровождал татарского хана в его путешествии из Москвы в Константинополь.

...В Голландии и Дании участвовал в военных действиях как врач. Вместе с датскими войсками побывал в Польше и Швеции, где, в частности, исследовал причины несчастных случаев на рудниках, а также болезни горняков.

...В Базеле спас от ампутации правой ноги известного издателя Иоганна Флобениуса.

...Вылечил от подагры и заболевания почек Эразма Роттердамского.

...Никогда не молился и грозил, что вправит мозги самому Лютеру.

...Первый ятрохимик (от греческого *iatros* — врач).

...Сформулировал всем теперь известный принцип: «Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна только доза делает яд незаметным».

...Благодаря ему, химию включили в число учебных дисциплин на медицинских факультетах университетов Европы.

Звали этого гения Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм. Или, как он величал себя сам, Парацельс.



«Не раб никому!»

Выбранный им псевдоним Парацельс означает в дословном, точном переводе «рядом, около Цельса» — легендарного древнеримского врача Авла Корнелия Цельса, жившего в I веке до н.э. Однако наш герой имел в виду другое: «Превосходящий Цельса», именно так! Суперцельс, если точнее. Да, излишней скромностью он не страдал: то еще было самомнение! Но вот что необходимо отметить. Эта его самооценка оказалась совершенно адекватной — соответствующей степени таланта и, главное, результатам его кипучей деятельности. Всё так, но характер...

Парацельс родился в 1493 году в швейцарском городе Швице (по другим данным — в Айнзидерне) в семье врача Вильгельма фон Гогенгейма. Семья происходила из знатного швабского рода Бомбастов фон Гогенгеймов — так что высоко задирайте нос и не стесняйтесь в оценках окружающих были свойствами чуть ли не врожденными.

Он получил хорошее по тем временам образование в университете итальянского города Феррары, где ему было присвоено звание врача, однако остался глубоко не удовлетворен полученными знаниями и тем, как ему надлежало врачевать. Он иронизировал, язвил и посмеивался над теми своими товарищами по выпуску, кто считал себя уже вполне пригодным для врачебной деятельности. «Все только начинается!» — утверждал будущий Парацельс и отвечивал резкие, почти оскорбительные фразы в адрес местных врачей и университетской профессуры.

Все только начинается, а потому врачевать еще рано — надо познавать и учиться. И после окончания университета он сделался, по его же выражению, «странствующим школяром в мировом университете Бога». Девять лет странствий по странам Европы. Наблюдения, записи, исследования. Пристальный взгляд. Повышенное, обостренное внимание ко всему, что может дать новые знания. И не важ-

но, от кого эти знания исходят — врачей или простолюдинов, у которых, кстати, Парацельс никогда не стеснялся учиться, несмотря на свое высокородство. Вот его мысли: «Врач далеко не все, что ему надлежит знать и уметь, узнает из университетов»; «Следует учиться также у старых бабок, крестьян, чернокнижников, цыган, у странствующего и бродячего людя, ибо они знают больше, чем все университеты».

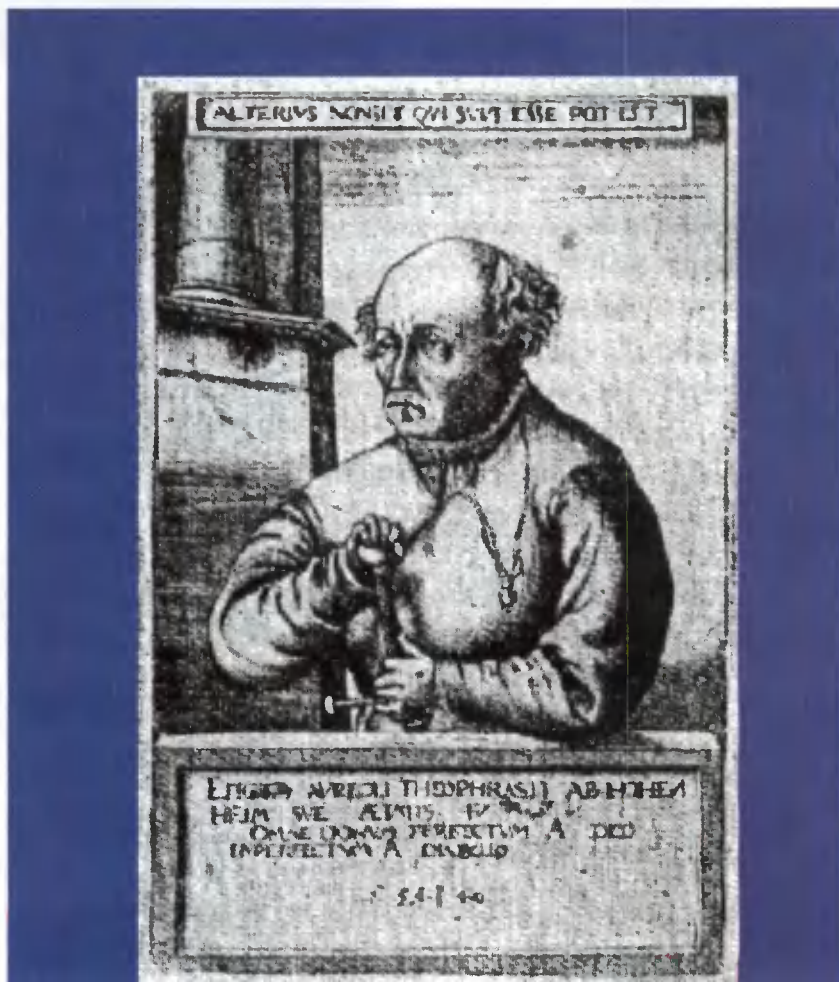
Он не признавал авторитетов («Не раб никому!» — его любимая фраза) и до всего желал дойти сам. Да, методом проб и ошибок, да, чисто эмпирически. Однако признаем: тогдашний уровень развития медицины, да и вообще общепедагогических представлений, оставался таковым, что о высоких и, главное, верных теориях можно было только мечтать. Впрочем, и мимо теорий Па-

рацельс не пройдет в скором времени тоже.

А пока — практика. Какая-то дьявольская интуиция, дьявольский нюх. Его уже считают то ли магом, то ли шарлатаном. А он посмеивается: в основе всего — знания и опыт, надо уметь сопоставлять и предвидеть... Последнее — уже не от опыта, а от Бога, от врожденной талантливости. Мета гения.

Итак, после длительных путешествий он вернулся в 1523 году на родину, имея репутацию знаменитого врача. Да, теперь он мог считать себя врачом, однако все равно не удовлетворен: следует учиться еще и еще, а кроме того, учить других. Кругом — неучи и схоласты, в университетах — скука, догматика, никаких сдвигов, всё как при Гиппократе.

И вот в 1526 году по рекомендации Эразма Роттердамского, которого,



напомним, Парацельс буквально спас от подагры и почечнокаменной болезни, его назначают сразу на две должности: профессора кафедры естественной истории и медицины Базельского университета и городского врача. То есть теория и практика в одном лице.

Вот тут он и развернулся. Точнее, развернулся его вулканический характер. Свою преподавательскую деятельность Парацельс начал — с чего бы вы думали? — ну конечно, с развенчания авторитетов. Гиппократ, Гален, Авиценна — да все это, как говорят немцы, *plusquamperfekt* — давно прошедшее! Особенно доставалось древнеримскому Галену: ну кто спорит, что анатомия и физиология — это важно для диагностики и лечения? Но ежели к сему не приложить наблюдение и опыт, то вся эта «галеновщина» — чистая догма, и всё! И, как бы подтверждая свою правоту, прилюдно-символически сжигал сочинения тех студентов, в которых профессор находил неугодные его воззрения мысли. Сей эпатаж не мог не вызвать неудовольствия остальной профессуры, к радости нерадивых студентов, конечно.

Отметим главное: профессор Парацельс не только ругал, но и предлагал новое. Говоря современным языком, в его характере и образе мыслей уживалось как деструктивное, так и конструктивное. Ну, к примеру, разве не конструктивно читать лекции здесь, в Базеле, не на мертвой и не всем понятной латыни, как делали до сих пор, а на родном немецком? Вот он и читал именно на немецком. Это многих не устраивало: против правил, опять всё не так!

Реформатор медицины

Очередным «не так» Парацельса стало и новое преподавание медицины.

Опять же досталось Галену — его методам лечения болезней, основанным исключительно на применении растительных соков. Нет, считал и вкладывал в головы студентов Пара-

цельс, *все процессы, происходящие в организме, — суть химические процессы*, и потому при лечении болезней наиболее действенны медикаменты, приготовленные именно химическим путем. Вот так, в пик господствующей в те времена схоластики, и возникло принципиально новое направление — на стыке медицины и химии: ятрохимия. И основателем этого направления стал Парацельс.

Он первым начал применять при лечении заболеваний сурьмяные, мышьяковистые, ртутные препараты, а также серу, медный купорос, свинцовый сахар и некоторые другие минеральные вещества. Принципиальная основа такого применения — строгое дозирование химических препаратов. Помните: «Все есть яд... Одна только доза делает яд незаметным».

Он лечил и экспериментировал — изучал лечебные эффекты различных химических элементов и их соединений, в частности солей. Выделял лекарства из растений и применял их в виде настоек, экстрактов, эликсиров. И где опытным путем, а где сугубо

интуитивно добивался невиданных по тем временам результатов: действительно излечивал самые тяжелые заболевания. Это принесло ему всеевропейскую славу «чудесного лекаря», но одновременно с этим вызывало зависть многочисленных недругов. Постоянные упреки в безбожии, ереси, колдовстве... А что до сообществ врачей и ученых-химиков второй половины XVI века, то там ятрохимические идеи Парацельса вызвали самые ожесточенные споры, но тем не менее, как уже упоминалось, именно благодаря Парацельсу химию вскоре включили как обязательный предмет для преподавания медицины в университетах Европы. Победа!

Ну а чем закончился базельский этап жизни Парацельса, когда он профессорствовал в тамошнем университете, а заодно был городским врачом? Закончился сей этап очень скоро и, как можно догадаться, учитывая характер нашего героя, грандиозным скандалом. В один прекрасный день он устроил в Базеле ревизию аптек — должность главного врача



города это позволяла. Так вот, лекарства, которые местные аптекари изготавливали и продавали населению, Парацельс называл «вонючей похлебкой», наложил штрафные санкции и многие аптеки позакрывал. Естественно, это вызвало гнев «отцов города», причем гнев такого масштаба, что Парацельсу пришлось оставить свои должности и тайно покинуть город Базель.

Да, дипломатом он не был. А к тому же...

Еретик-теоретик

Кстати, это обвинение в безбожии и ереси... Станным он был безбожником, если вообще относился к такому, а вот еретиком был точно.

Ученик Парацельса Иоганн Опоринус (впоследствии профессор и книгоиздатель) так свидетельствовал об отношении своего учителя к церкви: «Я никогда не видел, чтобы он молился или обращался к евангелическому учению; напротив, Парацельс не только пренебрегал им, но и не раз грозился, что вправит мозги Лютеру и Папе, как он это сделал относительно Галена и Гиппократов. Он утверждал, что никто еще не понял истинного смысла Священного писания — как Ветхого Завета, так и Нового... что трактуют только внешнюю оболочку, не проникая в суть».

Вот такой еретик. И тем не менее.

Теории Парацельса указывают на то, что он настойчиво стремился к некоему синтезу искусства врачевания и философско-религиозных систем христианства и даже язычества. К примеру, его учение о трех началах. Тут явно прослеживается догмат христианского учения о триединой сущности Бога. И тут же — химия: «Для того чтобы эти три различные субстанции, а именно: дух, душа и тело, были правильно поняты, необходимо знать, что они обозначают не что иное, как эти же три начала — Меркурий, Сульфур и Соль, из которых образовались все семь металлов (к тому периоду времени их было известно именно столько. — **Авт.**). Меркурий и есть спирт (spiritus — «дух»), Сульфур — душа (anima) и Соль — тело (corpus)».

Заметим справедливости ради, что теорию о трех началах — «*Tria prima*» — впервые сформулировал алхимик Василий Валентин. Первоначально она распространялась только на металлы. Так вот, Парацельс расширил сферу приложения учения о трех началах и на живые организмы. Все состоит из соединений трех начал: Меркурия — ртути, Сульфура —

серы и Соли. Причем каждое из этих начал — не конкретное химическое вещество, а алхимический принцип: Меркурий олицетворяет принцип металлов, Сульфур — неметаллов, Соль — сложных веществ. Наивно, скажете вы? А между тем именно такое Парацельсово подразделение химических веществ на простые (металлы и неметаллы) и сложные (кислоты, соли и основания в современном понимании) в дальнейшем вошло в теорию химии. Ни много ни мало.

Выше мы указывали, что Парацельс был тонким эмпириком и великим интуитивистом. Несомненно. Однако с годами подо все это оказалась как бы подложена строгая астролого-алхимическая теория. Его теория.

Ярый критикан, он тем не менее вполне разделял воззрения древних о сродстве планет и металлов. Согласно этим взглядам, семь известных в то время планет Солнечной системы соответствуют семи же известным с античных времен металлам. Сообразуясь с такой установкой, Парацельс искал и затем испытывал неорганические вещества, чтобы использовать их в лечении больных. Кроме минералов, он собирал еще, например, паутину и плесень из могильных склепов и росу в полночь. И такие поиски иногда приносили потрясающие результаты. Может быть, каким-то чудом ему удалось выделить из плесени то активное начало, которое когда-то назовут пенициллином? А что до лечения (и вылечивания!) сифилиса соединениями ртути, то тут теоретическая посылка Парацельса была следующей: венерические болезни связаны, понятно, с планетой любви — Венерой, а Венера, по астрологическому представлению, пребывает в гармоничном взаимодействии с планетой Меркурий, ну а Меркурий — это, как нам уже ясно, ртуть. Все просто.

Все просто было бы у нас с вами еще лет двадцать назад, когда всех ученых в нашей стране запросто делили на материалистов и идеалистов, а их учения на реакционные и рево-

люционные. Теперь же вполне можно сказать, что Парацельс был тем и другим одновременно — материалистом и идеалистом в едином обличии, а его блестящая практическая деятельность основывалась вовсе не на чем-то мистическом (тут — дань времени; много-то в ту эпоху было не дано!), а на предощущении или даже понимании, пусть стихийном, внутренней логики естественных процессов. Именно это последнее качество, но уже не на стихийном уровне через три столетия позволило Ч.Дарвину по завершению путешествия на «Бигле» понять, что же такое на самом деле эволюция. Увидел — осмыслил — победил.

Парацельс победил тоже. Хотя, заметим, в XVI веке, еще далеко не свободном от мистицизма и мракобесия, побеждать было сложнее.

Его не стало 24 сентября 1541 года. Скончался в зальцбургской больнице на сорок восьмом году жизни.

В 1812 году врачи произвели обследование черепа Парацельса. Почему это было сделано, до конца не ясно, но некие подозрения, видимо, существовали. И они подтвердились: в левой височной кости обнаружили трещину. Заключение сводилось к следующему: такая трещина могла возникнуть только в результате, цитируем, «повреждения головы у живого человека» — иными словами, черепно-мозговой травмы, которая и послужила причиной внезапной смерти.

Кем и при каких обстоятельствах была нанесена эта травма, неизвестно. Из множества версий остаются две наиболее вероятные: случайная пьяная драка, спровоцированная сложным, буйным характером нашего героя, или умышленное убийство по заказу кого-то из его многочисленных врагов.

Так или иначе, а своему принципу он остался верен до конца. **«Alterius non sit qui suus esse potest!»** — **«Кто принадлежит самому себе, тот не раб никому!»** А Цельса он превзошел, это точно.



ПОРТРЕТЫ

Разные разности

Выпуск подготовили

С. Комаров,
О. Лазарева,
С. Лозовская,
О. Тельпуховская

Впервые перекладывать с места на место предметы, которые почти в десять миллиардов раз меньше человека, научились инженеры из компании IBM. В 1990 году они выложили из атомов ксенона, как из камешков, название своей фирмы. Потом физики наловчились захватывать одиночные атомы в квантовые ловушки при низкой температуре. И вот новое достижение: ученые из Оксфордской национальной лаборатории (США) поймали один-единственный атом европия в нанокристалл, который и сам-то состоит всего из нескольких десятков атомов.

На узника можно воздействовать разными способами при комнатной температуре и изучать методами обычной спектроскопии, не разрушая квантовую ловушку. Лучом лазера, например, можно возбудить пойманный атом до четырех разных уровней. Таким образом, нанокристаллическая ловушка уже не только объект фундаментального исследования и изящная конструкция, но и практически полезная вещь. Из нее можно сделать оптическую память, которая будет оперировать не с двумя, а с четырьмя битами информации. Это путь к принципиально новой вычислительной технике («Journal of Physical Chemistry», В, 2000, июль; агентство «Newswise»).



Чтобы вода в радиаторах не замерзала, водители добавляют в нее антифриз. Насекомым зимой тоже приходится защищать себя от промерзания, ведь они остывают до температуры окружающей среды. Для этого синтезируются белки-антифризы, которые обволакивают зародыши кристаллов льда и не дают им разрастаться. Химические свойства воды при этом остаются неизменными, и клеточные процессы не нарушаются.

Больше всего в защите от мороза нуждаются сухопутные животные и растения холодных широт. Однако впервые белки-антифризы нашли не в них, а в рыбах из арктических и антарктических морей, где вода замерзает около двух градусов ниже нуля. Видимо, изучать больших экзотических съедобных рыб было интереснее и проще, чем маленьких местных букашек.

Позже ученые принялись и за насекомых и нашли наиболее действенный из всех известных белков-антифризов в листовертке. Структуру молекулы недавно расшифровали канадские ученые из Университета в Онтарио под руководством П. Дэвиса («Nature», 2000, т. 406, с. 322). Они же определили, как устроен белок-антифриз из тканей жука хруща мучного (его личинки живут в муке и крупе и называются мучными червями). Оба белка оказались похожими.

У всех этих исследований есть практическое применение: с помощью генно-инженерных методов можно попытаться сделать растения нечувствительными к холоду. Ученые уже пробовали ввести в помидоры ген рыбных белков-антифризов, но у них ничего не вышло. Возможно, гены насекомых лучше подойдут для этой цели.



Всем известно, что с возрастом качество сна изменяется. При этом изменяется и уровень гормонов. Как это происходит, изучали сотрудники Чикагского университета под руководством И. Ван Котера.

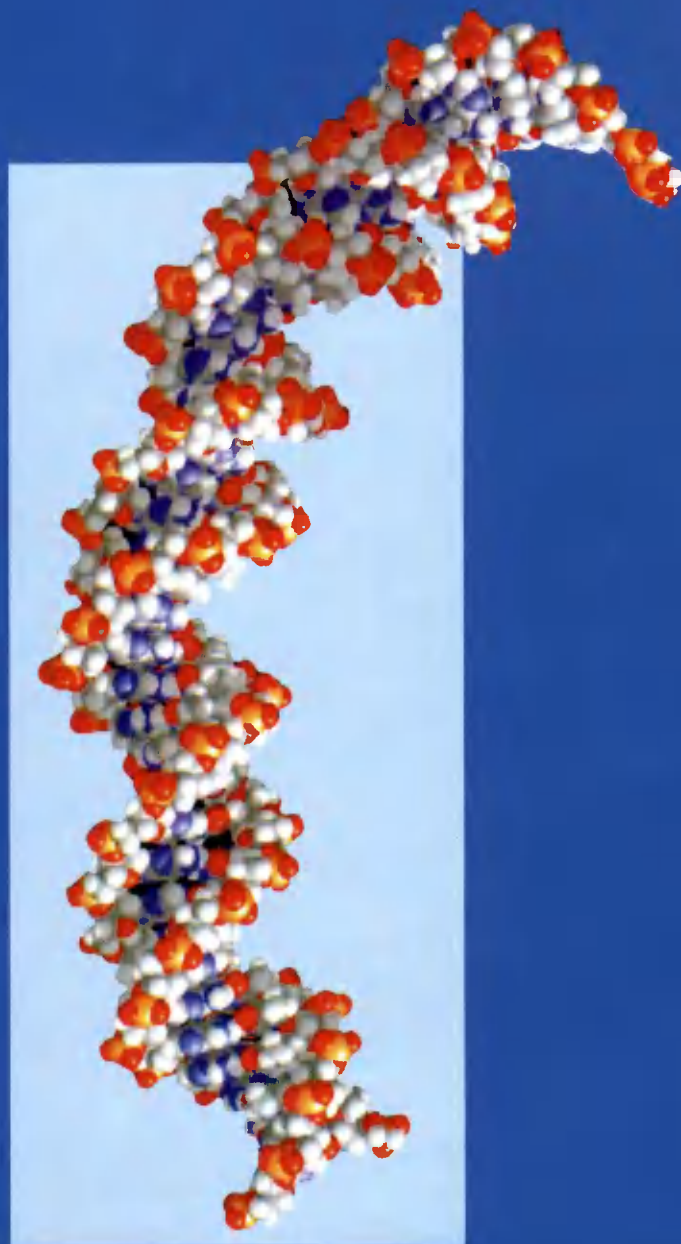
Они установили, что изменения сна начинаются между 25 и 45 годами, намного раньше, чем это было принято считать. В это время доля глубокого сна снижается от 20% у 20-летних юношей до 5% у 35-летних мужчин, хотя общая его продолжительность не изменяется. К 45 годам у большинства мужчин глубокий сон почти не приходит. Вероятно, из-за этого у них очень мало гормона роста, что приводит к ожирению, потере мышечной массы и снижению физической активности.

Ван Котер полагает, что начинать вводить гормон роста следует мужчинам среднего возраста, а не пожилым, как это делают сейчас, ведь к 65 годам организм уже адаптируется к отсутствию гормона, и его введение может вызвать побочные эффекты. Возможно также, удастся подобрать лекарства, чтобы увеличить долю глубокого сна и секрецию гормона роста.

Вторая стадия нарушения сна наблюдается после 50 лет. С каждым прожитым десятилетием продолжительность сна уменьшается почти на полчаса и почти наполовину сокращается стадия быстрого сна, во время которой обычно приходят сновидения. Это связано с повышенным уровнем гормона кортизола, считают ученые.

Самый высокий уровень кортизола регистрируют утром, в течение дня он постепенно снижается и к вечеру достигает минимума. Люди, у которых к вечеру концентрация кортизола снижается недостаточно, не способны расслабиться, с трудом засыпают и почти не видят снов. Из-за этого они быстрее устают и находятся в постоянном стрессе (пресс-релиз «The University of Chicago Hospitals & Health System», «JAMA», 2000, 16 августа).

Полимеразная цепная реакция



ДНК—Технология

115478 Москва
Каширское шоссе д.24, к.2
Тел.(095) 116-49-02, 117-78-22
www.dna-technology.ru
mail@dna-technology.ru

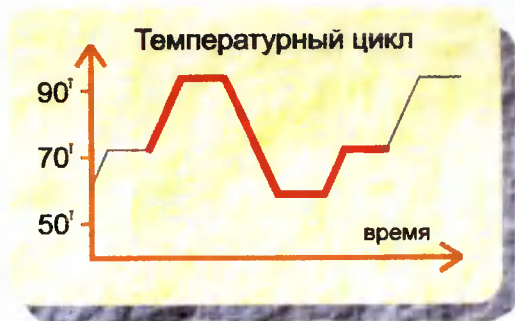
Амплификаторы — приборы для проведения ПЦР.

Амплификатор — программируемый термостат (точнее, термоциклер), который обеспечивает оптимальные условия для трех стадий ПЦР.

1. Денатурация двухцепочечных молекул идет при температуре 92–95°C.
2. Для отжига праймеров необходима более низкая температура, обычно 55–70°C. (Точное значение зависит от длины и нуклеотидного состава праймеров.)
3. Синтез ДНК. При температуре 72°C полимеразы наращивают ДНК со скоростью примерно 100 нуклеотидов в секунду.

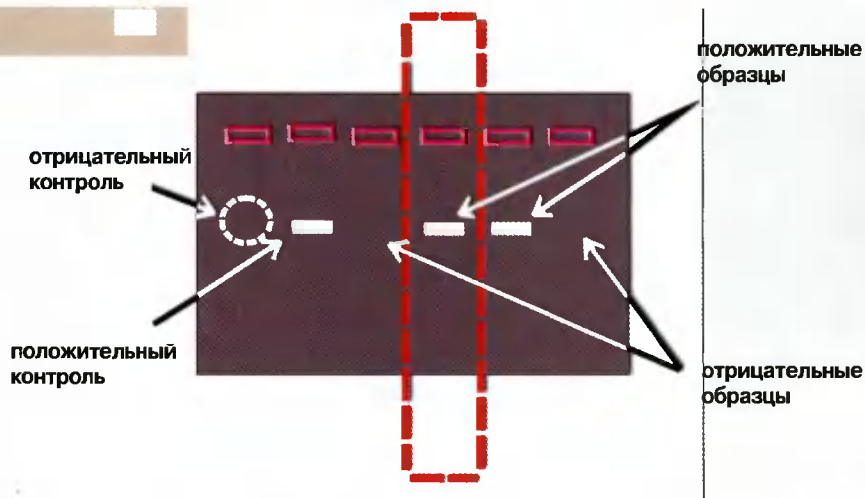
Taq-полимераза

В первых вариантах методики ПЦР для реакции использовали фрагмент Кленова — активную часть ДНК-полимеразы кишечной палочки. Но фрагмент Кленова приходилось добавлять после каждой денатурации, так как при нагреве он терял активность. Сегодня амплификацию проводят с помощью Taq-полимеразы. Этот фермент получают из бактерии *Thermus aquaticus*, обитающей в гейзерах: 72°C — ее физиологический оптимум, как для человека 36,6°C. Taq-Полимеразе не страшен даже сильный нагрев: при 95°C она сохраняет активность в течение 40 минут. Генноинженерными методами созданы ферменты, еще более устойчивые к высоким температурам.



Анализ результатов ПЦР

Когда реакция закончена, исследователю важно не только понять, что наработан некий фрагмент ДНК, но и убедиться, что это именно нужный фрагмент. Один из распространенных методов анализа результатов ПЦР — электрофорез в геле. Так как молекулы ДНК содержат отрицательно заряженные фосфатные группы, они движутся к положительно заряженному электроду; маленькие молекулы легче проникают сквозь гель и поэтому движутся быстрее. Таким образом, электрофорез показывает и наличие, и размер продукта реакции. Другие методы анализа, например гибридизация, секвенирование, позволяют получить информацию о нуклеотидной последовательности фрагмента ДНК. Многочисленные модификации «метода ПЦР» различаются, как правило, именно на этапе анализа результатов.



Фрагменты ДНК на дорожках электрофореза. Положительный контроль — проба, содержащая нужный фрагмент ДНК, отрицательный — проба, заведомо его не содержащая.

Источники ошибок

Контаминация — плата за высокую чувствительность

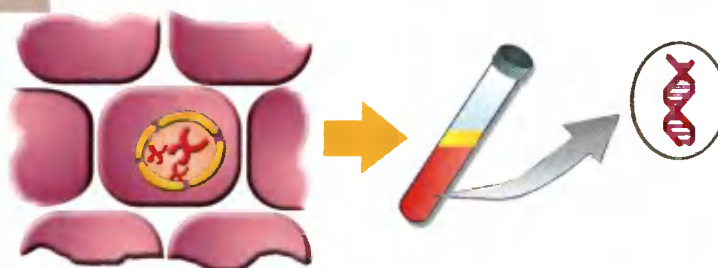
Методы анализа, основанные на ПЦР, весьма эффективны, но требуют внимательности и точного соблюдения всех рекомендаций вплоть до мелочей. При неаккуратной работе с ПЦР часто возникают сложности.

Постоянный источник проблем при ПЦР — контаминация (лат. «заражение, загрязнение»). Именно потому, что ПЦР — необыкновенно чувствительный метод, единственная посторонняя молекула, которая имеет общий участок с искомым фрагментом, может свести на нет все усилия.

Строго говоря, ПЦР — не метод анализа, а биохимическая реакция. То, что обычно называют «методом ПЦР», на самом деле состоит из трех этапов: подготовка пробы, собственно ПЦР — реакция синтеза фрагментов ДНК, и анализ результатов.

Подготовка пробы

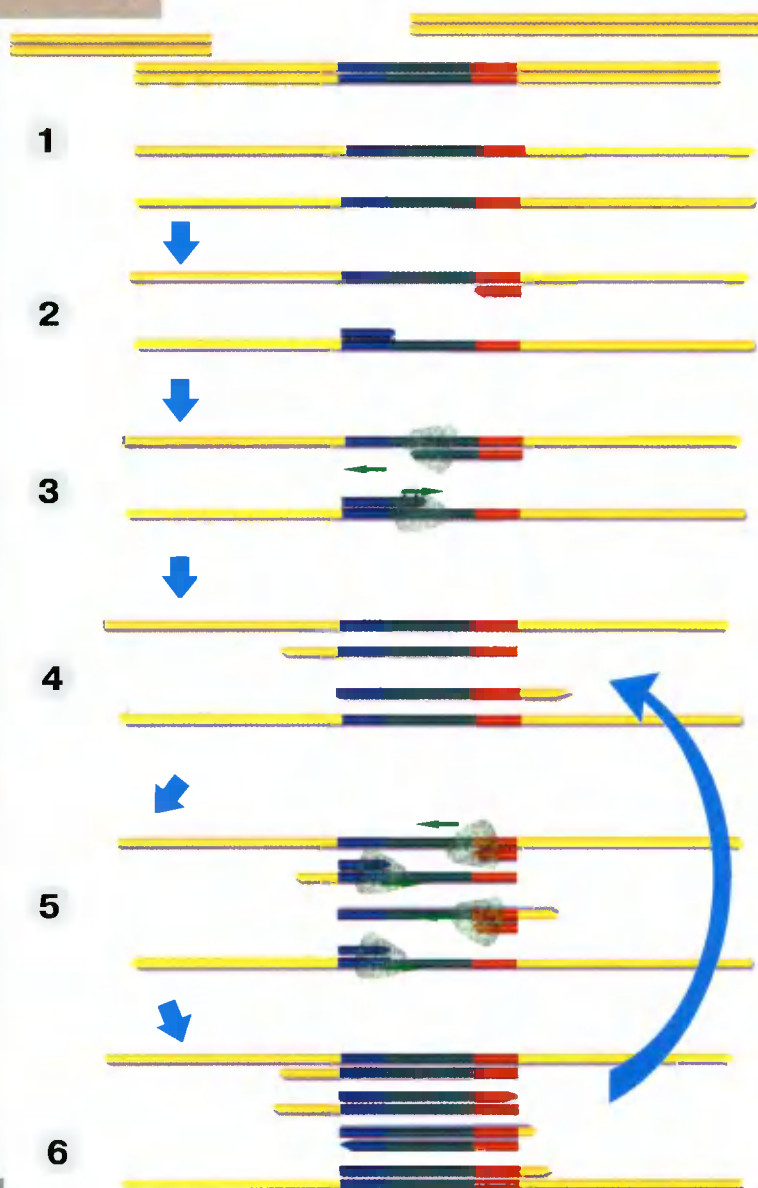
Методики выделения ДНК из разных объектов — вирусных частиц, растительных и животных клеток, ископаемых останков — могут сильно различаться, но основная задача при подготовке пробы во всех случаях одна: перевести молекулы ДНК из биоматериала в раствор. Кроме того, необходимо удалить или инактивировать ингибиторы реакции.



Полимеразная цепная реакция

1. Образец, содержащий смесь ДНК, подвергается денатурации — «расплавлению» двухцепочечных молекул.
2. Идет отжиг праймеров на одноцепочечную ДНК. (Термин «отжиг» (англ. «annealing») взят из металлургии: на этой стадии температуру раствора снижают.) Праймеры находят комплементарные последовательности в одноцепочечной ДНК и нековалентно взаимодействуют с ними, образуя короткие двухцепочечные участки.
3. Если искомого участка ДНК в образце нет, отжига, естественно, не будет и реакция не пойдет.
4. Фермент ДНК-полимераза достраивает праймеры — происходит элонгация.
5. ДНК опять подвергается денатурации.
6. На одноцепочечные молекулы (и на те, которые были в образце с самого начала, и на синтезированные в предыдущем цикле) отжигаются новые праймеры.
7. Полимераза достраивает праймеры.
8. Возвращение к пункту 4, повторение цикла.

Легко видеть, что число молекул ДНК в каждом цикле удваивается. Циклы можно повторять до тех пор, пока не кончатся праймеры и дНТФ или пока полимераза не потеряет активность.



Краткая история метода ПЦР

1983

Сотрудник американской фирмы «Cetus» Кэри Мюллис изобрел метод амплификации в пробирке определенных участков ДНК в процессе повторяющихся температурных циклов.

1985

Амплифицирован участок гена бета-глобина (первое практическое применение метода).

1989

Журнал «Science» называет полимеразу «молекулой года».

1993

Кэри Мюллис получил Нобелевскую премию по химии.

В последнее десятилетие ПЦР все более активно используется в научных исследованиях и в медицине. Производство реактивов и оборудования нарастает лавинообразно. У этого метода есть множество модификаций, и постоянно появляются новые области его применения.

**С помощью
полимеразной
цепной реакции
(polymerase chain reaction)**

**можно «отыскать
иголку в стоге сена»:
быстро обнаружить
определенный участок ДНК
в образце, содержащем
смесь молекул ДНК,
и сделать множество
точных копий
этого участка**

Преимущества ПЦР

**Универсальность
Чувствительность
Специфичность
Быстрота получения
результата**

Области применения ПЦР

Словарик

дНТФ (dNTP) — дезоксирибонуклеотид-трифосфаты, исходные вещества для синтеза ДНК; дНТФ бывают четырех видов, в зависимости от того, какое азотистое основание содержат — аденин, гуанин, тимин или цитозин (А, Т, Г, Ц).

Тaq-полимераза — фермент, который строит ДНК из дНТФ; в отличие от многих других ферментов не теряет активности даже при 95°C.

Амплификация — то же, что полимеразная цепная реакция: получение большого количества одинаковых фрагментов ДНК.

Праймеры (затравки) — короткие искусственно синтезированные фрагменты ДНК, комплементарные началу и концу участка ДНК, который нужно амплифицировать. Праймер необходим, чтобы Тaq-полимераза могла начать работу.

Денатурация — «расплавление» двухцепочечной молекулы ДНК, получение двух одноцепочечных молекул.

Отжиг — присоединение праймеров к комплементарным участкам одноцепочечной ДНК.

Элонгация — синтез нового фрагмента ДНК.



Медицина

Диагностика инфекционных, онкологических, генетических заболеваний.

Главные преимущества диагностических тест-систем на основе ПЦР:

высокая чувствительность, специфичность и быстрота получения результата.

Метод позволяет обнаружить единственную бактерию в пробе (точнее, единственную копию ее ДНК). Тест-системы разработаны для сотен болезнетворных бактерий, вирусов и грибов. Среди них возбудители коклюша, дифтерии, туберкулеза, венерических заболеваний, язвенной болезни, вирусы гепатита и многие другие. Сегодня метод ПЦР применяется во всех современных диагностических центрах.

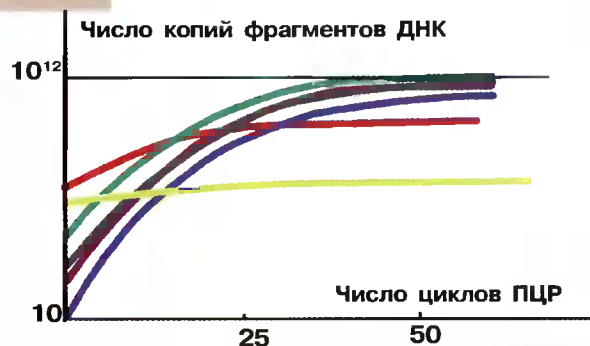
Трансплантация органов и тканей.

Определять тканевую совместимость удобно генетическими методами. Быстрота ПЦР и его высокая специфичность предоставляют здесь совершенно уникальные возможности.

Диагностика патогенов в пище.

Трудность количественного определения — практически неустранимый недостаток традиционного ПЦР

В теории количество фрагментов ДНК, которые образуются при амплификации, должно нарастать в геометрической прогрессии, однако к концу реакции, когда уменьшается концентрация праймеров и дНТФ, эффективность амплификации снижается. Концентрация продукта не нарастает, а выходит на плато. Конечная концентрация слабо зависит от того, сколько копий ДНК содержалось в образце, — гораздо сильнее на нее может влиять, например, качество материала, отсутствие или присутствие ингибитора в пробе.

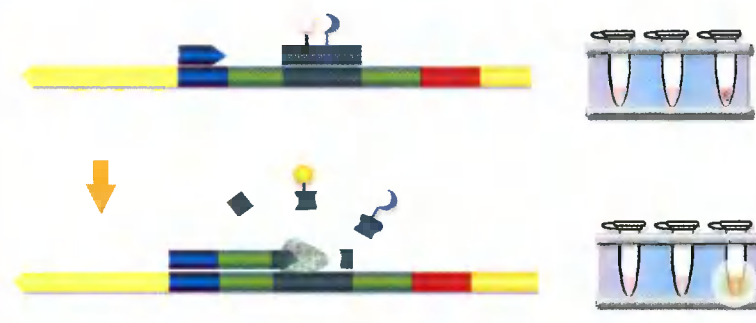


Перспективы развития ПЦР

В последние пять лет все более популярной становится новая модификация ПЦР. Ее разработчики использовали сочетание двух феноменов. Один — из области молекулярной биологии: Taq-полимераза умеет не только синтезировать нить ДНК на матрице другой нити, но и расщеплять двухцепочечные участки, которые встретятся ей на пути. Другой, хорошо известный, факт — из области физики: существуют молекулы, флуоресцирующие при облучении, и молекулы, которые тушат флуоресценцию.

1. На денатурированную молекулу ДНК вместе с праймерами отжигается зонд, комплементарный внутренней части фрагмента. К зонду ковалентно пришиты две молекулы: одна из них («репортер») способна флуоресцировать, а другая («тушитель», или «quencher») гасит флуоресценцию «репортера».

2. Taq-полимераза продвигается по одноцепочечной матрице, доходит до зонда и «съедает» его — расщепляет на короткие фрагменты. При этом флуоресцирующая молекула и «тушитель» оказываются разделенными в пространстве и флуоресценция больше не гасится. Регистрируя свечение, исследователь узнает, идет ли полимеразная реакция.



Модификация ПЦР, в которой использован феномен переноса энергии.

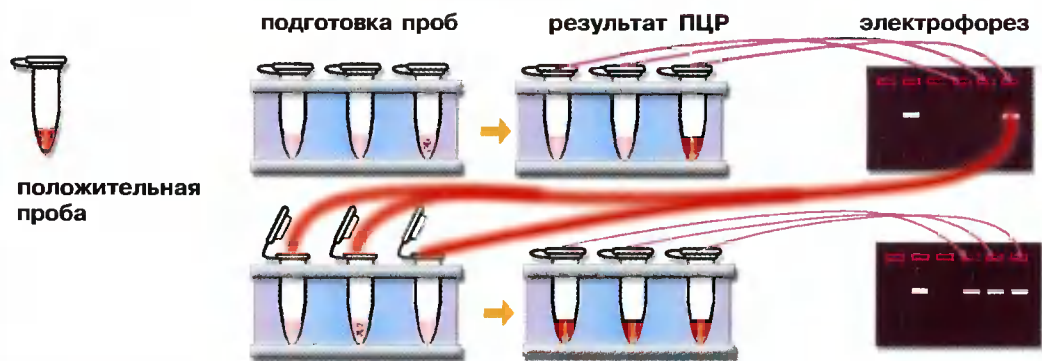
ДНК-Технология

Таким образом, нет больше необходимости проводить электрофорез: **информацию о составе пробы можно получить, не открывая пробирку**, а это значительно ускоряет получение результата и снижает опасность контаминации. Кроме того, гораздо менее вероятен ложный положительный результат, причиной которого бывает неспецифическая амплификация: зонд станет взаимодействовать только с «правильным» фрагментом.

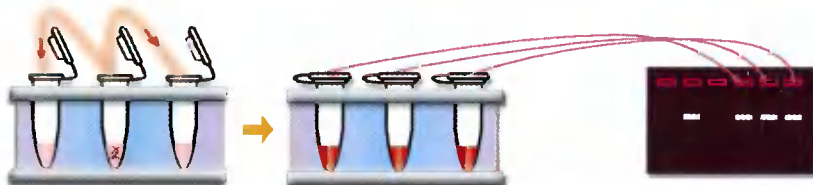
Если регистрировать не присутствие или отсутствие флуоресценции, а изменение ее интенсивности во время реакции, **метод становится количественным**.

Так как регистрация флуоресценции идет прямо во время реакции, этот вариант метода называют «**ПЦР в реальном времени**» — **real time PCR**. Признанный лидер в этой области — фирма «Perkin-Elmer». Выпускаемый этой фирмой прибор ABI 7700 позволяет совместить ПЦР с количественным определением ДНК и РНК. Основным недостатком ПЦР в реальном времени — высокая стоимость приборов, поскольку амплификатор должен быть снабжен источником излучения, возбуждающего флуоресценцию, и устройством для ее регистрации. Тем не менее специалисты полагают, что за этим методом будущее.

В клинике, где постоянно ведется диагностика инфекционных заболеваний, продукты амплификации ДНК из ранее исследованных образцов могут попасть в другие, в которых еще не проводили реакцию. Привнесенные молекулы многократно скопируются в ходе ПЦР, и это станет причиной ложно-положительных результатов.



Другая распространенная причина ошибок — кросс-контаминация. При неаккуратной пробоподготовке ДНК из одной пробирки может попасть в другие.



При работе с ДНК ископаемых животных образец иногда загрязняют фрагменты ДНК современных видов (начиная с насекомых, летающих в лаборатории, и заканчивая самим исследователем).



Неспецифическая амплификация

Часто проблемы возникают из-за неудачного выбора участка ДНК для амплификации, а также из-за плохого подбора праймеров. Праймеры не должны отжигаться друг на друга или сами на себя — это снизит эффективность реакции. Кроме того, выбор праймеров определяется конкретной целью. Например, когда исследователи работают с одним биологическим видом, участки ДНК, комплементарные праймерам, должны присутствовать у всех представителей этого вида (то есть лежать вне области индивидуальной изменчивости) и отсутствовать у других видов. И наоборот, если мы исследуем полиморфизм гена у разных видов, праймеры следует выбирать в областях, общих для всех изучаемых видов. Неудачный выбор праймеров может стать причиной как ложно-положительных, так и ложно-отрицательных результатов.

*Когда в образце встречаются участки ДНК, по своей нуклеотидной последовательности похожие на «мишени» праймеров, может идти **неспецифическая амплификация** — кроме фрагмента, нужного исследователю, синтезируются и другие.*

Поскольку электрофорез показывает только размер (но не строение) молекул ДНК, неспецифическая амплификация может стать причиной ложного положительного результата. Чтобы исключить возможность ошибки, иногда приходится дополнять электрофорез другими методами анализа, например гибридизацией. Неспецифическую амплификацию снижает метод «горячего старта». Пока реакционная смесь не нагрета до температуры отжига праймеры могут «прилипнуть» на ошибочный участок так же эффективно, как на правильный. Этого не произойдет, если праймеры изолировать от ДНК до начала реакции (например, слоем парафина, который расплавится при нагреве) или предотвратить элонгацию до первой денатурации (например, «упаковав» полимеразу в антитела).



Идентификация личности

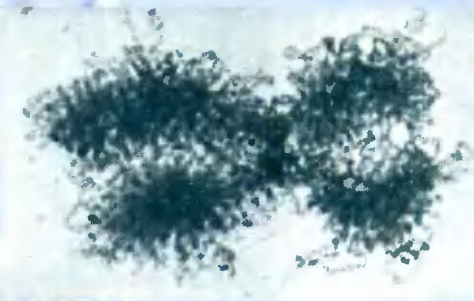
Судебная медицина,
криминалистика

Установление отцовства



Палеонтология, археология

При помощи ПЦР стало возможно исследовать фрагменты ДНК ископаемых животных и растений. Методы палеогенетики дают сведения о миграциях вымерших видов и групп, позволяют устанавливать эволюционные связи между видами. Например, изучение генома неандертальца показало, что этот вид не был прямым предком современного человека.



Молекулярная биология, молекулярная генетика

ПЦР применяют везде, где требуется, по выражению создателя метода Кэри Мюллиса, «извлечь из контекста» короткий участок ДНК, затерянный в огромном разнообразии нуклеотидных «текстов». Этот метод позволяет найти отличие всего в одну «букву» между двумя копиями гена. Кроме того, с помощью ПЦР легко получить большое число копий ДНК, не прибегая к биотехнологическим методам. Без ПЦР были бы немыслимы такие крупномасштабные исследовательские программы, как, например, «Геном человека».



Недавно профессор из Колорадского университета П.Конти сравнил несколько звезд с недовольными упитанными младенцами, орущими на всю галактику из своих колыбелек. Звезды эти он открыл вместе с Р.Блумом из Чили и А.Доминели из Бразилии. Астрофизики изучали гигантские облака Млечного Пути. В семи из них обнаружили звезды типа «О» — самые тяжелые в нашей галактике; каждая из них массивнее Солнца в десятки и сотни раз. Они же и самые горячие: температура их поверхности достигает пятидесяти тысяч градусов по Цельсию, благодаря чему их можно наблюдать в инфракрасном диапазоне.

Из восьмого облака, W49, звезды «О»-типа не подавали инфракрасных сигналов, хотя радиотелескопы отмечали их присутствие. Ученые решили, что эти звезды окутаны таким толстым слоем пыли и газа, что даже инфракрасные телескопы не в состоянии почувствовать их мощное тепло. Эти небесные тела нельзя увидеть и в оптические телескопы.

В центре W49 находится около двадцати «О»-звезд. Они самые молодые в Млечном Пути, им не более миллиона лет. «Вы смотрите на колыбельки, слышите крик, но не видите детей. W49 — это детская», — говорит про них Конти. А по краям облака раскидано почти восемьдесят более взрослых звезд, видимых в инфракрасном диапазоне (Space.com).

Британцы в который раз опередили весь мир. На этот раз — в популяризации достижений науки среди граждан. В конце сентября в газетные киоски поступил компакт-диск с записанным на него рабочим вариантом генома человека. Этот диск сделал Т.Хаббард — руководитель группы анализа человеческого генома в Сэнгеровском научном центре (Кембридж). На диске есть карта 24 хромосом, на которой разными цветами отмечены все известные гены. Можно также прочитать, если хватит упорства, все три миллиарда букв, обозначающих основания в молекуле ДНК («ZDNet UK», 2000, 19 сентября).

Великобритания — родина молекулярной биологии и лидер в применении биотехнологий, теперь делает новый рывок на пути к прогрессу. Юные эрудиты смогут зубрить на пари названия тысяч человеческих генов, модельеры и ювелиры придумают наряды и украшения с изящными изображениями хромосом, а домохозяйки будут списывать свои недуги не на сомнительные магнитные бури, а на дефекты во вполне конкретных генах. Наверное, и британские гуси теперь закричат «ГА-ГА-ГА» со смыслом: это будет означать олигоуклеотид с тремя основаниями гуанина и тремя — аденина.

Уже несколько лет энтузиасты компьютерного обучения говорят о том, что текст на экране компьютера намного интереснее, чем на бумаге, а потому стимулирует процесс обучения. Ученые из Университета Огайо решили проверить, так ли это. Треть добровольцев читала статьи в журнале и отвечала на вопросы на бумаге. Другая треть ознакомилась с теми же статьями на экране компьютера и затем отвечала на вопросы на бумаге. Остальные читали текст на экране и отвечали на вопросы через компьютер. Электронные версии были в точности такие же, как печатные, и включали те же самые картинки.

В результате знание темы улучшилось у всех студентов. Однако те, кто читал статьи на экране, сочли материал более трудным для понимания, причем независимо от уровня владения компьютером. Печатный текст показался студентам более легким, интересным, убедительным и удобным для восприятия (агентство «Newswise»).

К.Мерфи, одна из авторов исследования, доложила результаты на конференции Американской психологической ассоциации. Она считает, что не следует усложнять детям процесс обучения и торопиться вводить компьютеры в школы. Правда, остается без ответа вопрос: может быть, младшим школьникам, в отличие от студентов, навыки чтения бумажных текстов не мешают более успешно общаться с компьютером?

Летчику нужно постоянно следить за показаниями множества приборов и отмечать важную информацию. Автопилот, например, предупреждает о предстоящем маневре. Если не заметить его сообщение, недалеко и до аварии. Инженеры из Университета штата Огайо (США) подумали, что можно передавать сигналы пилоту не в виде картинок, а с помощью вибрации небольшого датчика, прикрепленного к руке. Такую форму передачи информации пилот воспринимает быстрее и реже допускает ошибки.

Чтобы задействовать еще один канал передачи информации, ученые взяли прибор компании «Audiological Engineering Corporation» для людей с дефектами зрения и слуха. Он похож на часы и может вибрировать при получении сигнала.

Участников эксперимента разбили на три группы и посадили за тренажеры. Одним запретили смотреть на приборы, велел ориентироваться только по вибрациям прибора на руке. Вторая группа могла использовать как вибрации, так и свои глаза. Третья, контрольная, следила лишь за показаниями приборов.

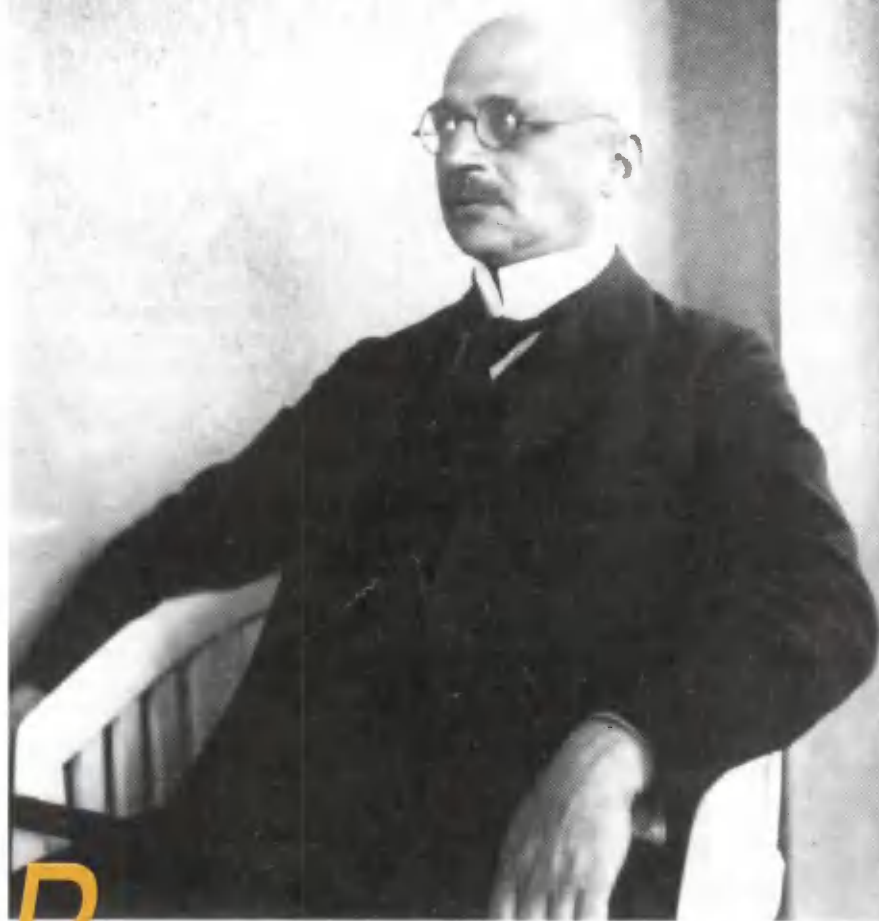
Оказалось, что вибрирующий датчик очень помогает пилотам — в первых двух группах ошибок почти не было, а в контрольной пилоты реагировали на маневр автопилота лишь в 83% случаев. И реакция у первых оказалась быстрее: на событие они реагировали спустя четыре секунды, а в контроле — спустя пять.

К сожалению, новый канал связи небезупречен: если рука пилота занята выполнением маневра, он иногда не замечает вибрации. Есть и другая опасность — спутать вибрацию прибора и тренажера. Исследователи считают, что этот принцип можно использовать не только в самолете, но и в других местах, например на ядерной станции или космическом корабле (агентство «Newswise»).



Фриц Габер — ЖИЗНЬ В ХИМИИ

Роальд Хоффман



Выдающийся химик, профессор Корнеллского университета (Итака, США), Нобелевский лауреат Роальд Хоффман, чья научная деятельность хорошо знакома нашим читателям, известен еще и как автор поэтических сборников, а также книг и статей, посвященных проблемам искусства, истории и философии науки. В 1990 году Р.Хоффман прочитал в Колумбийском университете цикл почетных лекций имени Дж.Пеграма, из записи которых и родилась книга «Одинаковый и разный мир», ставшая мировым бестселлером. Она представляет собой увлекательную мозаику из коротких эссе по различным проблемам химии. Сейчас издательство «Мир» готовит к публикации русский перевод этой книги.

Один из разделов книги посвящен судьбе великого физикохимика Фрица Габера. Обычно его имя связывают с созданием хи-

**Фриц Габер
в последние
годы жизни**

мического оружия, поэтому о Габере писали очень сдержанно и мало. Однако в последние годы положение изменилось, и за рубежом появилось несколько серьезных исследований его жизни и творчества. Возможно, это связано с некоторым оживлением интереса к проблемам химического оружия (кстати, в апреле этого года исполнилось 85 лет со дня его первого масштабного применения).

С другой стороны, Фрица Габера вспомнили в связи с 90-летием знаменитого синтеза Габера-Боша, рождение которого (редкий случай!) зафиксировано с точностью до дня (03.08.1909). Последствия использования этого процесса получения аммиака поистине грандиозны. Достаточно вспомнить, что его внедрение нарушило все стратегические планы Первой мировой войны: союзники были уверены, что германская военная машина рухнет через несколько месяцев после того, как будет введена блокада и прекратится поставка в Германию чилийской селитры. Этот процесс используют до сих пор для производства удобрений, благодаря чему население планеты уже превышает 6 миллиардов человек. Статья в журнале «Nature», посвященная 90-летию синтеза Габера-Боша, называлась эффектно и точно: «Детонатор демографического взрыва».

Фриц Габер был совершенно незаурядной личностью, сочетавшей в себе, казалось бы, несовместимые черты: любовь к науке и неумное честолюбие, личное обаяние и цинизм, практическую расчетливость и мужество. Он принимал самое живое участие в общественной и интеллектуальной жизни Германии, был высокообразованным человеком, прекрасным собеседником и другом. Несмотря на идеологические разногласия, его связывала многолетняя дружба с А.Эйнштейном (Габер даже был посредником в улаживании семейных проблем Эйнштейна при разводе).

Судьба щедро одарила Габера не только талантом. Он обладал поистине железной силой воли, которая проявлялась и в работе, и в личной жизни: через день после гибели жены он уже вернулся на фронт (Клара Габер застрелилась из его личного пистолета после безуспешных попыток уговорить мужа отказаться от работы над боевыми газами). Все это не спасло его от ударов (или возмездия?) судьбы. Один из биографов писал: «Высшим проявлением противоречивости и трагичности жизни и творчества Габера стало то, что в годы Второй мировой войны нацисты использовали в Освенциме и других концлагерях именно газ циклон Б, разработанный в начале 30-х годов в институте Габера».



**Фриц Габер
и Альберт Эйнштейн**

**Немецкие солдаты
выпускают
из баллонов боевой
отравляющий газ**



МИРОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР

Творчество химика вдохновляется не только чувством любознательности к устройству молекулярного мира, но и конкретными задачами, которые нужно решать в интересах общества. Конечно, химику нужна материальная поддержка общества, в обмен на которую он готов предложить результаты, полученные им в поисках «истины». Но химик предпочел бы держаться подальше от общественных проблем, поскольку в интересующем его мире веществ и реакций он всегда сам найдет красивые и захватывающе сложные научные задачи.

Разумеется, реальные отношения химика с обществом намного сложнее, и как бы он ни стремился быть независимым одиноким мыслителем и исследователем, реальная жизнь и общественные коллизии рано или поздно настигают его. Ярким примером такого противостояния может служить жизнь одного из величайших физикохимиков Фрица Габера.

Габер родился в 1868 году в Силезии, входившей тогда в состав Германии. Отец Габера, процветающий коммерсант, еще в молодости принял христианство, что было довольно распространенным явлением в среде образованных, мобильных и ассимилированных евреев Европы начала прошлого века. Для академической

карьеры самого Фрица Габера в Германии той поры обращения в христианство уже не требовалось (например, не был крещен один из крупнейших химиков-органиков прошлого века Рихард Вильштеттер, как, впрочем, и Альберт Эйнштейн). Однако Фриц Габер не только был окрещен, но и продолжал носить маску новообращенного почти до конца своей жизни.

Мать Габера умерла через несколько дней после его рождения, а отношения с отцом в молодости часто выливались в острые конфликты, причем некоторые из них были связаны с разногласиями относительно коммерческой ценности синтетических красителей, производство которых играло огромную роль в развитии германской промышленности тонкого органического синтеза.

Возможно, именно этот юношеский опыт в коммерческих операциях развился в Габере редкий талант — умение сочетать чистую и прикладную науку. Один из его учеников, Карл Фридрих Бонхоффер, писал позднее: «Он был свободен от академической узости взглядов, и в его работе технология и чистая наука всегда оказывались в прекрасном соотношении. В качестве научного руководителя он использовал свой интеллект для по-

иска возможностей практического применения научных исследований».

Среди учителей Габера не было великих ученых, и его карьера не началась, как это часто бывает, с блестящего успеха (например, с открытия закона природы или выдающейся реакции синтеза). Габер почти всегда работал в одиночку, занимаясь самыми разнообразными проблемами органической и физической химии. В течение всей жизни его отличала не только исключительная работоспособность, но и постоянная восприимчивость к новому. Фриц Штерн, глубокий знаток истории и интеллектуальной жизни Германии того периода, позднее напишет о Габере: «Жизнь Габера совпала с драматическим периодом немецкой истории. Его юность пришлась на годы общей экзальтации и подъема, вызванных объединением Германии. В дальнейшем эти же чувства придали Германскому Рейху милитаристские и авторитарные черты, о которых сожалел сам Бисмарк. Было бы глупо проводить прямые параллели между становлением и развитием всего германского государства и личности одного человека, Фрица Габера, однако нельзя не заметить, что блестящие достижения в обоих случаях были связаны с преодолением чувства не-

полноценности, которые испытывали многие немцы в ту эпоху. Большинство из них компенсировало неудовлетворенность жизнью упорным и непрерывным трудом».

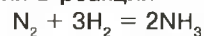
Крупнейшим достижением в жизни Габера стало открытие синтеза аммиака. Успех пришел к нему благодаря глубокому пониманию условий и ограничений, связанных с химическим равновесием, что само по себе поразительно, так как Габер в физической химии был всего лишь самоучкой. Ход исследований и их конечный блестящий финал были во многом обусловлены личными качествами Габера, его восхищающей всех настойчивостью в достижении цели. Вот какую полусутопливую историю записал со слов самого Габера Моррис Гопан: «Однажды теплым летним днем Габер бродил по Швейцарским Альпам и после утомительного восьмичасового перехода в поисках воды попал в уединенную горную долину. Когда, наконец, измученный жаждой Габер обнаружил источник, он сразу окунулся в него головой, даже не обратив внимания на то, что рядом пьет воду бык. А когда мы оторвались от воды, рассказывал Габер, я вдруг обнаружил, что мы обменялись головами. С того знаменательного дня я, преуспевающий

и известный профессор Фриц Габер, так и живу с головой и характером быка».

История синтеза аммиака началась с неудач и разгоревшихся научных дискуссий, однако все это только возбуждало исследовательский азарт Габера. В 1904 году два венских пред-

пературы оказались слишком высокими, а выход аммиака низким. Это обескуражило спонсоров, в результате чего финансовая поддержка была прекращена, и проект оказался на грани провала.

Габер переживал не только из-за неудачных результатов. Еще более унижительным стало то, что Вальтер Нёрнст, патриарх немецкой термодинамики, усомнился в полученных Габером равновесных соотношениях для смеси N_2 , H_2 и NH_3 . Нёрнст сам разрабатывал промышленный процесс синтеза аммиака при повышенных давлениях. Теоретически он не хуже Габера понимал механизм реакции, требуемой для эффективного синтеза, однако получаемые им значения констант равновесия в реакции



соответствовали меньшему содержанию аммиака при равновесии, чем в опытах Габера. Разница была достаточно заметной и могла похоронить надежды на коммерческое использование метода.

Габер и до этого сталкивался с Нёрнстом и поэтому воспринял результаты его экспериментов, проведенных



принимателя, брата Маргулис, обратились к Габеру с предложением придумать технологию промышленного производства аммиака. Габер и его сотрудники поначалу попытались получить из азота нитриды металлов, надеясь в дальнейшем использовать их в реакции с водородом, однако требуемые для такого процесса тем-

Несмертельное оружие

и политическая корректность

Сам термин «несмертельное оружие» вызывает некоторое раздражение своей внутренней противоречивостью, поскольку понятия война—оружие—смерть прочно ассоциируются в нашем сознании друг с другом. Однако такой термин существует. Дело в том, что облик войны за последние десятилетия стал другим. Пока политики и фантасты пугали нас



при высоких температурах, как личный вызов. Совместно с Робертом Ле Россиньоном он не только тщательно повторил и проверил эксперименты Нёрнста, но и обнаружил в них ошибку. Этой дискуссии было суждено сыграть важную роль в истории синтеза аммиака, так как она направила энергию Габера на исследование роли давления в изучаемой реакции. Он обратил внимание на то, что правая часть уравнения реакции содержит лишь две молекулы, в то время как левая — четыре. В этих условиях увеличение давления смещает реакцию в сторону меньшего объема, то есть к образованию меньшего числа молекул. Это позволяет получать больший выход аммиака, однако требует значительного повышения давления, на которое не были рассчитаны химические реакторы и их традиционные материалы (стекло и металл) начала века. Габери и его сотрудникам (включая опытного специалиста по обработке металлов Фридриха Кирхенбауэра) удалось придумать новую конструкцию реакторов и методику достижения требуемых высоких давлений, а также найти осмиевые и урановые катализаторы, которые позволяли проводить реакцию при низких температурах.

По-видимому, ни один лабораторный процесс, предназначенный для промышленного использования, не разрабатывался в столь строгой академической манере. Габери повезло

и в том, что внедрением процесса в фирме BASF (эта фирма до сих пор остается одной из крупнейших химических компаний мира) занимался талантливый и изобретательный инженер Карл Бош, которому удалось найти более дешевый катализатор и создать на основе лабораторных разработок высокоэффективную установку для промышленного синтеза. Процесс Габера–Боша с незначительными модификациями используется и сегодня, обеспечивая производство большей части синтезируемого в мире аммиака, количество которого доходит до $1,6 \cdot 10^7$ тонн в год.

Мне представляется бесспорным, что эта работа Габера была и остается великим благодеянием для всего человечества, так как аммиак применяют главным образом в производстве удобрений (как, впрочем, почти все продукты крупнотоннажного химического производства). Наш век стал временем невиданного роста народонаселения планеты, и только интенсивное применение химических удобрений в современном сельском хозяйстве позволяет прокормить постоянно растущее число едоков (я говорю о ситуации в целом, голод и недоедание в отдельных странах не меняют общей картины). С одного акра земли американские фермеры получают сегодня 150 бушелей кукурузы, что примерно в 6 раз выше уровня урожайности 1800 года. Разумеется, всегда найдутся охотники

поговорить об «органическом» сельском хозяйстве, однако, как мне кажется, именно открытие Габера и получаемые его методом искусственные удобрения дали возможность накормить сотни миллионов людей.

Процесс Габера–Боша появился именно тогда, когда Германия больше всего в нем нуждалась, поскольку с началом Первой мировой войны она оказалась отрезанной от традиционных поставок удобрений из Южной Америки. Кроме того, аммиак входит в состав большинства боеприпасов в виде нитрата аммония (напомню, что именно это удобрение было использовано террористами в 1993 году для организации взрыва во Всемирном торговом центре в Нью-Йорке). Существуют, разумеется, и другие способы получения азотсодержащих соединений (например, их можно получать перегонкой угля или так называемым цианамидным методом), однако предложенный Габери синтез принципиально решил проблему «получения хлеба из воздуха». Одновременно этот же процесс оказался исключительно важным для военной промышленности.

В годы Первой мировой войны Габери и возглавляемый им научный кол-



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

перспективами полного уничтожения жизни на планете в результате атомного апокалипсиса, война сама, подобно живому существу, изменилась и приобрела новые черты. Легко заметить, что в мире происходит мало открытых военных конфликтов, связанных с объявлением войны и образованием воюющих блоков государств. Прежние войны с вежливым предупреждением «Иду на вы!» уступили место тлеющим конфликтам, гражданским войнам, подрывной деятельности и партизанским действиям. Для таких ситуаций в США и Англии уже давно используют стандартную аббревиатуру MOOTW (Military Operations Other Than War). Операции ООН по поддержанию мира, борьба с международным терроризмом и многое другое все чаще требуют от генералов и политиков применения новых средств, не связанных с убий-

ством людей и уничтожением имущества.

Еще в 1997 году Министерство обороны и Корпус морской пехоты США начали выполнять программу JNWLWP (Joint Non-Lethal Weapons Program), которая включает в себя разработку «систем оружия, специально сконструированных и используемых с целью нейтрализации персонала и техники противника с минимизацией угрозы жизни людей, сохранности материальных ценностей и состояния окружающей среды». Оружие такого типа интересно с точки зрения науки и техники, но мы хотим, хотя бы кратко, познакомить читателей с химическими аспектами этой программы.

Список химических веществ, используемых для указанной цели, весьма обширен, поэтому речь пойдет лишь о некоторых конкретных разработках. Например, интересные

результаты получены при использовании специальных «патронов», которые после выстрела из обычного оружия раскрываются и превращаются в прочную «паутину» (рис. 1). Такую систему разработала и выпускает фирма «Фостер-Миллер» (штат Массачусетс, США), ее уже используют более чем в 30 различных полицейских организациях по всему миру. Паутина, которую делают из кевлара (волокно фирмы «Дюпон»), будет оснащена дистанционно управляемым электрическим разрядником и обработана слезоточивыми препаратами, адгезивами и химическими маркерами. Особое внимание уделяют сверхпрочным сетям, способным останавливать быстрые и мощные движущиеся объекты, например пропеллеры, рули управления и т.п.

Конечно, военные исследователи не могли не вспомнить о распыляемых препаратах

вроде хорошо известного слезоточивого газа. Этот сравнительно безопасный вид химического оружия имеет давнюю традицию (кажется, еще ацтеки, воюя с испанскими конкистадорами, при удачном направлении ветра бросали в огонь семена острого перца и окуривали противника клубами едкого дыма). Однако в программе JNWLWP большое внимание уделено разработке обширной «матрицы запахов» — неприятных, привлекающих (аттрактивных), а также сигнализирующих о мнимой или реальной опасности (например, об утечке газа и т.п.). Впрочем, не исключено, что все эти специфические запросы останутся в планах, а основное внимание будет направлено на совершенствование уже испытанных сильнодействующих пахучих веществ типа сероводорода, бутилмеркаптана C_4H_9SH и новых видов слезоточивых газов.

лектив посвятили свой талант и изобретательность развитию «химического» оружия (я нарочно заключаю в кавычки слово «химический», чтобы еще раз подчеркнуть абсурдность любых попыток точного определения — ведь порохи, металлы и взрывчатка с полным правом относятся к химикатам!). Гагская Конвенция запретила применять «яды и отравляющее оружие» в военных действиях, однако Л.Ф.Габер (сын Фрица Габера), написавший исчерпывающее исследование о применении химического оружия в Первой мировой войне, замечает по этому поводу: «Говоря о боевых газах и отравляющих веществах, следует, прежде всего, отметить, что лишь небольшое число военных руководителей и специалистов серьезно задумывались о возможности их применения и лишь считанные единицы (люди, склонные к новшествам по складу ума) были готовы экспериментировать с какими-либо боевыми химическими соединениями. При этом изучаемые соединения (за исключением фосгена) не были ядовитыми веществами. Запасы боевых газов или снарядов с соответствующей начинкой не делали вообще, если не считать весьма ограниченного числа гранат и патронов со слезоточивым газом, изготавливаемых во Франции. Все предшествующие исследования в этой области следует отнести к научным курьезам. Ни одна из сторон, вступивших в войну, не имела в августе 1914 года ни знаний, ни каких-либо идей или теорий относительно практического использования химического оружия».

Однако очень скоро такие знания понадобились. Вклад Габера состоял в разработке концепции создания газового облака, в выборе соответствующих реагентов (хлор и некоторые другие вещества), а также в постоянном совершенствовании химического оружия. Высшее германское командование обнаружило в Габере, как писал один его биограф, «блестящие способности и исключительный организаторский талант, а также, по видимому, некоторую неразборчивость в средствах». Вопрос о законности использования ядовитых газов Габер оставил целиком на совести высшего командования.

Одно из описаний первого широкомасштабного применения боевых газов на позициях у реки Ипр (утро 22 апреля 1915 года) полно драматизма: «На участке фронта шириной 7 километров одновременно было открыто почти 6000 баллонов с газом. Выделение 150 тонн хлора примерно за 10 минут представляло собой внушительное зрелище. Линии траншей располагались очень близко друг к другу, а в одном месте расстояние между ними не превышало 50 метров. Газовое облако медленно двинулось и поползло на противника со скоростью около 0,5 метра в секунду. Сперва облако было белым (из-за концентрации влаги из окружающего воздуха), но затем, разрастаясь в размерах, приобрело желто-зеленый цвет. Нагреваясь от поверхности земли, хлорное облако быстро поднялось на высоту 10–30 метров, и, хотя из-за диффузии концентрация газа и эффективность его воздействия умень-

шились, сама картина подъема газового облака усилила психологический шок. Через несколько минут английские и французские солдаты по всей линии газовой атаки были поглощены облаком и начали задыхаться, давась от кашля. Те, кто не задохнулся сразу, пытались убежать, корчась и сгибаясь от спазм, но облако настигало их. Фронт рухнул».

На этой войне, как и на всех предыдущих, людей убивали разными способами, однако на сей раз был использован совершенно новый метод убийства. Его нельзя, конечно, назвать исключительно «немецким» методом хотя бы по той причине, что применяемая химия была достаточно простой, а хорошие специалисты и развитая химическая промышленность существовали по обе стороны фронта. Противники Германии тоже широко применяли в боевых действиях хлор, фосген, горчичный газ и хлорпикрин. При этом отравляющие газы убивали не всегда, гораздо большее число пораженных солдат становилось инвалидами (зачастую очень тяжелыми). По оценке Л.Ф.Габера, смертность среди пораженных газами составила около 6,6%.

Люди рационального склада обычно оправдывали и продолжают оправдывать применение химических боевых отравляющих веществ примерно следующими рассуждениями: «А разве смерть от других видов оружия приятнее или легче? Чем, собственно, отравляющий газ хуже шрапнели?» Ответ заключается в свидетельствах людей, переживших газовую атаку. Отравляющие газы разрушают что-то



Но от веществ, регулирующих поведение, можно легко перейти к веществам, контролирующим сознание. Еще в 50–60 годы военные специалисты в США, Англии и других странах экспериментировали с психоделическими препаратами, такими, как ЛСД (диэтиламид лизергиновой кислоты, $C_{20}H_{25}N_3O$), ВЗ (бензилат 3-хинуклидинила) и т.п. Позднее эти исследовательские программы были официально закрыты из-за непредсказуемости эффекта и моральных со-

ображений. Однако в рамках «Программы контроля бунтов и волнений» (Riot Control Program) эти работы продолжают. Сейчас военные специалисты основное внимание уделяют некоторым конкретным седативам, в частности опиоидам типа фентанила ($C_{22}H_{28}N_2O$) или эффективного успокоительного препарата медетомидина ($C_{13}H_{16}N_2$) и их производных. Перспективным считается диметилсульфоксид ($CH_3)_2SO$, который при распылении в воздухе легко абсор-

**После обстрела
жгутами застывающей
пены «террорист»
обездвижен**

**Кинограмма выстрел
пулей, которая
разворачивается
в прочную сетку**



важное в психике человека, их применение грубо разрывает некую естественную психологическую связь между дыханием и жизнью.

Полное число жертв газовых атак среди непосредственных участников военных действий было относительно невелико и, по весьма добросовестной статистической оценке Л.Ф.Габера, составляло от 3 до 3,5% потерь. Это легко объяснить тем, что погодные условия (ветер, дождь, жара) обычно значительно понижают эффективность применения химического оружия, и это обстоятельство, вплоть до настоящего времени, препятствует сколь-нибудь серьезному его использованию в боевых условиях. Однако необходимо признать, что применение боевых отравляющих веществ стало незаживающей раной общественного сознания во многих странах.

Мне кажется, что Фриц Габер, будучи прекрасным специалистом по катализу, мог всерьез полагать, что отравляющие газы (а возможно, даже лично он, Фриц Габер) могут стать своеобразным «катализатором», способным воздействовать на развитие боевых действий на фронте и покончить с безысходной ситуацией траншейной, позиционной войны, в которой обе воюющие стороны буквально истекали кровью. Однако применение газов не изменило хода событий, и Германия проиграла войну. К числу жертв химического оружия вполне можно отнести и жену Габера Клару, химика по специальности. Она безуспешно умоляла его прекратить работы по созданию отравляющих

газов, а затем покончила жизнь самоубийством.

После Первой мировой войны на Германию была наложена огромная контрибуция (примерно 33 миллиарда долларов), большую часть которой следовало выплатить золотом. Фриц Габер был к этому моменту лауреатом Нобелевской премии (которую ему присудили в 1918 году за синтез аммиака) и оставался признанным лидером германской химической промышленности. Он обратил внимание на возможность экстракции золота из морской воды. Общий послевоенный долг Германии был эквивалентен 50 тысячам тонн золота, а по оценкам австралийского химика Арчибалда Ливерсиджа, воды Мирового океана должны были содержать от 30 до 65 миллиграмм золота на тонну, то есть общее содержание золота в морской воде могло составлять от 75 до 100 миллиардов тонн. Из этих расчетов следовало, что для выплаты всего долга хватило бы даже того золота, которое содержится в Северном море.

Габер провел серию экспериментов с «синтетической морской водой», осаждая ионы золота ацетатом свин-

ца и сульфидом аммония, и пришел к выводу, что добыча золота из морской воды экономически будет оправдана, даже если его содержание составляет около 5 миллиграмм на тонну. Затем он проверил имеющиеся в литературе данные по концентрации золота в морских водах и сумел переоборудовать (в условиях строжайшей секретности) один из кораблей компании «Америкэн-Гамбург Лайн» под плавучую лабораторию и смонтировать на нем установку для экстракции.

Габер глубоко увлекся этой проблемой, лежащей между наукой и искусством, но его ждало большое разочарование. Один из его биографов напишет позднее: «Габер изучил обширные районы морской акватории в районе Исландии, Гренландии и Северного моря и обнаружил, что содержание золота в морской воде довольно сильно зависит от географического положения. Например, воды Северного моря содержали примерно в 10 раз больше золота, чем воды Северной и Южной Атлантики. Изучив более 100 проб вблизи побережья Калифорнии, богатой золотыми

бируется организмом человека через кожу. Исследуется возможность воздействия химических препаратов на рецепторы мозга, что потребовало, кстати, разработки новых, достаточно сложных методов компьютерного моделирования.

Основная юридическая проблема состоит в том, что применение всех этих препаратов буквально «балансирует» на нюансах Конвенции о запрещении химического оружия, которая, с одной стороны,

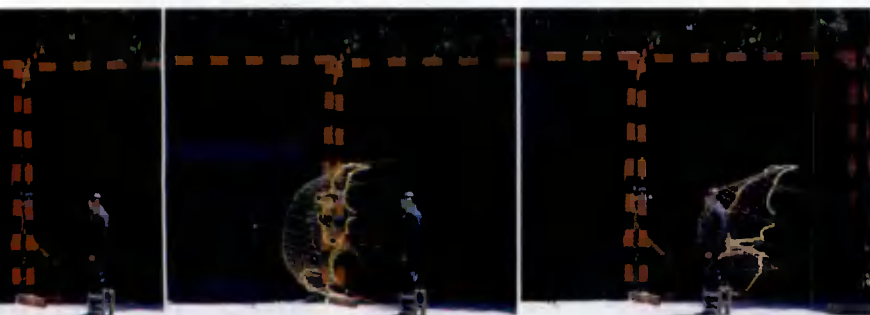
«запрещает», но, с другой стороны, «позволяет применять химические вещества, выводящие из строя без нанесения вреда, для восстановления законности и порядка, включая подавление бунтов». Так что в недалеком будущем мы сможем увидеть (а точнее, уже начинаем видеть) на экранах телевизоров солдат, которые мгновенно возводят вокруг толпы ограду из тут же застывающей пены, а затем успокаивают людей импульсами лазеров, пахучими вещества-

ми и какой-нибудь специально подобранной музыкой.

Еще одно перспективное направление исследований связано с использованием «химической пены» (примеча-

тельно, что ее начали применять еще в ранних системах защиты ядерных установок от террористов). Такая пена образуется при «выстреле» смеси под давлением из контей-

**Стрельба
сеткой
в действии**



МИРОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР



МИРОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР

россыпями, он обнаружил, что содержание золота значительно меняется даже в зависимости от режима морских приливов и отливов. Более того, он выявил несовершенство используемых методов регистрации и понял, что аппаратура, рассчитанная на достаточно высокое содержание золота, непригодна для работы при низких концентрациях. Постепенно Габер пришел к выводу, что Ливерсидж просто ошибся в своих расчетах, причем ошибки были связаны с двумя ключевыми моментами: содержание золота в морской воде никогда не превышало $0,001 \text{ мг/м}^3$, и это золото в основном находилось во взвешенном, а не в растворенном состоянии».

Здесь мы сталкиваемся с еще одной проблемой, неразрывно связанной с химическими исследованиями, — проблемой подозрительности и доверия. Габер доверился оценкам и экспериментальным результатам, полученным ранее Ливерсиджем и другим известным химиком Эдуардом Зонштадтом. В одной из работ, посвященных добыче золота из морской воды, по этому поводу говорится: «Габер начал сомневаться и в результатах Зонштадта (который, как выяснилось, пользовался недостаточно чистыми исходными реагентами и поэтому в своей статье 1892 года предложил весьма завышенные оценки), и в данных Ливерсиджа, у которого он обнаружил технические ошибки в методике. К сожалению, по словам самого Га-

нера, однако сейчас уже имеются и ружья, которые могут выстреливать ленты или жгуты липкой пены на расстояние до 30 метров по мелким целям (рис. 2). В состав пены входит около 2% бутадиена (в качестве эластомера), 28% нефтяного масла (ингибитор горения), 19% ароматического смол, 1% органического ПАВ и 30% хлорфтороуглерода (HCIFC) или хлорфтороуглерода (CIFC) (в качестве растворителя и поробразователя). Кроме того, для инициирования реакции при-

меняют двуокись углерода. В настоящее время особое внимание разработчики уделяют замене хлорфтороуглеродов, применение которых вредит окружающей среде (озоновому слою). Липкая пена при правильном использовании может надолго вывести из строя самые различные устройства, оружие и приборы, а также служит прекрасным материалом для создания препятствий, барьеров или баррикад.

Вообще говоря, использование более гуманных

бера, Ливерсидж получал свои результаты, используя недостаточно надежные методы». Таким образом, попытка Габера стать современным алхимиком обернулась тяжелым поражением.

В начале 1933 года к власти в Германии пришел Гитлер, и антисемитизм стал государственной идеологией. Уже в апреле этого года был издан декрет об изгнании евреев с государственной службы. Для Габера это означало полное крушение жизненных устоев — он, который никогда не был евреем в действительности, был превращен в еврея законодательным актом. Габер как бы олицетворял собой одну ветвь развития германского еврейства (к ней можно отнести тех евреев, которые не только полностью слились с германской культурой, но и разделяли ультрапатриотические немецкие настроения). Представителем другой ветви можно считать Альберта Эйнштейна — немца, относящегося к своей родине с постоянным подозрением. Габер был совершенно подавлен и морально сокрушен таким поворотом событий. Особенно угнетало его молчание коллег и предательство общественной элиты. Эйнштейн сочувственно писал ему из эмиграции: «Я могу представить себе Ваш внутренний конфликт, который можно сравнить с отказом от теории, разработке которой человек посвятил всю свою жизнь. Подобная проблема не возникает передо мной, поскольку я никогда не верил в это ни в малейшей степени».

Габер мог оставаться на своей должности (так как указанный закон не касался ветеранов войны), однако его принуждали уволить с работы коллег-евреев. В ответ на это требование он подал заявление об отставке на имя нацистского министра науки, искусства и образования. Вот выдержка из этого заявления: «Мое решение просить об отставке вытекает из противоречия между научной традицией, в которой я жил до сих пор, и точкой зрения, которую разделяете Вы, господин министр, и чиновники Вашего министерства как сто-

ронники существующего ныне великого национального движения. В соответствии с моими убеждениями при отборе сотрудников для научного учреждения я всегда принимал во внимание только профессиональные и личные характеристики претендентов независимо от их расовой принадлежности. Вы не можете ожидать, чтобы человек в возрасте шестидесяти пяти лет изменил принципам, которыми он руководствовался в течение тридцати девяти лет своей университетской деятельности. Вы должны понять, что честь и достоинство, с которыми этот человек служил своей германской родине всю жизнь, в данный момент вынуждают его подать это прошение об отставке».

Министр заявил, что он рад избавиться от еврея Габера, после чего маска была сброшена, и уже в августе 1933 года Габер писал Эйнштейну: «Я никогда не был настолько евреем, как сейчас». Он переехал в Швейцарию, откуда планировал перебраться в Англию (страну своих бывших врагов) или даже обосноваться в Палестине, однако, в сущности, он был уже сломленным и конченным человеком. Этот великий немецкий химик умер 29 января 1934 года в Швейцарии, рядом с границей Германии, но бесконечно далекий от нее духовно. Не прошло и десяти лет, как еще один продукт химической промышленности, еще один вид ядовитого газа был использован в концентрационных лагерях для убийства миллионов соплеменников Габера.

Перевод с английского кандидата физико-математических наук

А.В.Хачоян

средств всегда предпочтительнее, даже если речь идет о войне, однако нельзя забывать, что «путь в ад вымощен благими намерениями». Кроме того, при толковании термина «химическое оружие» недолго увязнуть в «юридическом болоте». Разумеется, только будущее покажет, станут ли разработки несмертельного оружия очередным витком гонки вооружений или приведут к некоторой более гуманной форме военного противостояния. Политическая корректность, которая

считается одной из важнейших добродетелей нашего времени, уже заставила ООН принять весьма противоречивый официальный термин «культура войны», к которому все вышеизложенное имеет самое прямое отношение. Но слова и термины зачастую начинают жить собственной, независимой жизнью, которая придает им новый, совершенно неожиданный, а иногда и обескураживающий смысл.

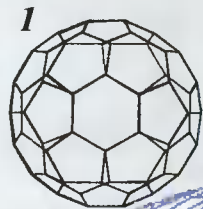
По материалам журнала «Chemistry in Britain»

Ф

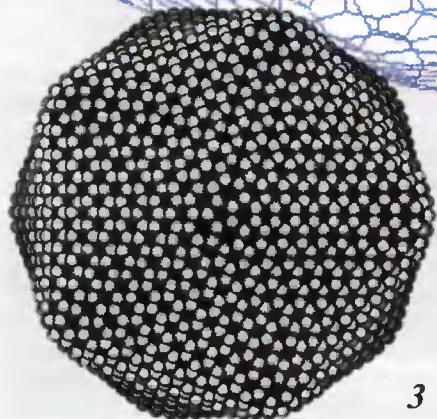
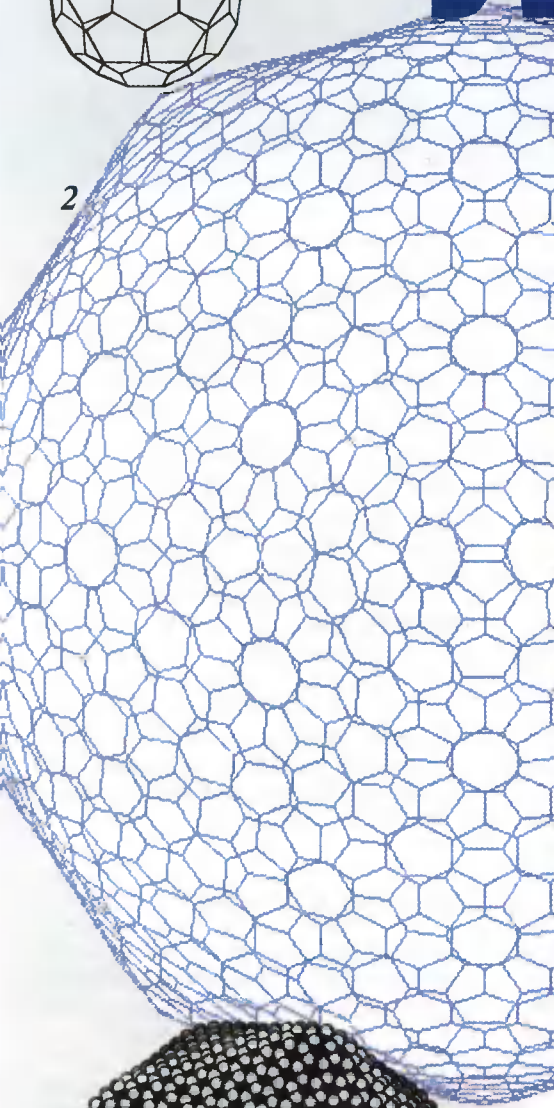
уллерен — 2000



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



2



Люди спокон веку были равнодушны к круглым числам. Даже один ноль в конце календарной даты завораживает нас. А уж если нолей два или тем более три (как в нынешнем, 2000 году), то это вообще нечто особенное.

Впрочем, что касается календарных дат, то ноли в их конце не имеют никакого особого смысла, потому что у разных народов за начало летоисчисления принимают разные даты. Если у христиан сегодня на дворе год 2000-й, то мусульмане живут еще в 1422 году, индейцы майя — уже в 5118-м, а православные евреи — в 5760-м...

В химии, однако, число «2000» имеет вполне реальный смысл, связанный с фуллереном C_{2000} . Его молекулы похожи на конструкцию, придуманную архитектором Бакминстером Фуллером.

Молекулу бакминстерфуллерева (сокращенно — фуллерева) составляют 20 шестиугольников и 12 пятиугольников, построенных из 60 атомов углерода (рис. 1). За открытие этого вещества, сделанное в 1985 году, трое ученых (Р.Смолли, Р.Керл и Г.Крото) были удостоены Нобелевской премии 1996 года. За пятнадцать с небольшим лет фуллерену и его аналогам было посвящено свыше 10 тысяч научных статей, в том числе десятков монографий и несколько сот патентов. А теперь фуллерен C_{60} можно купить по цене примерно доллар за миллиграмм.

Помимо C_{60} были получены фуллерены C_{70} , C_{74} и другие, молекулы которых также состоят из разного числа шестиугольников, но всегда 12 пятиугольников. Самиугольники в структуре фуллеренов пока не обнаружены, хотя теоретически они могут существовать.

Доказано, что у фуллеренов, называемых идеальными, число атомов углерода может быть равно либо $20n^2$, либо $60m^2$, где n и m — целые числа. В первом случае пятиугольники обращены друг к другу вершинами, и тогда фуллерены могут содержать 20, 80, 320, 500, 980, 1280, 2000, 2420, 3780 и т.д. атомов углерода. Во втором случае пятиугольники обращены друг к другу сторонами. Такие фуллерены могут содержать 60, 240, 540, 960, 1500, 2160, 2940 и т.д. атомов углерода.

Химики пытаются активировать эти инертные соединения — например, присоединить к ним водород. Тогда из фуллерева C_{60} получится углеводород $C_{60}H_{60}$, в котором атомы водорода можно обычными химическими приемами замещать на любые группировки атомов. Пока что удалось присоединить не более 36 водородных атомов, но и этого вполне достаточно для дальнейших превращений.

«Юбилейный» фуллерен состава C_{2000} еще не получен, но его молекула должна выглядеть очень красиво (рис. 2), а вещество с такой пустотелой молекулой должно быть очень легким. Если этот фуллерен насытить водородом, то получится углеводород $C_{2000}H_{2000}$ (рис. 3), а если половину атомов водорода заместить, скажем, хлором, то получится соединение состава $C_{2000}H_{1000}Cl_{1000}$.

А сколько изомеров может быть у этого вещества? Для определения их числа студент нашего факультета Миша Шигорин составил специальную программу, работающую в среде Linux, по которой машина Pentium-133 считала почти целую неделю (!) и выдала число с 601 значащей цифрой (см. вверху страницы).

Это число вполне достойно занять почетное место в Книге рекордов Гиннеса...

Доктор химических наук

М.Ю.Корнилов,

химический факультет Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА:

Зачем нам водород?

Водород по праву считают топливом будущего, ибо при его сгорании получается только вода. Представьте себе автомобиль, двигатель которого выбрасывает не вредные оксиды азота и угарный газ, а всего лишь безобидные пары воды. Это ли не решение большей части экологических проблем? Такие автомобили на водороде уже работали в 1980 году на Московской олимпиаде и обслуживали легкоатлетов на длинных дистанциях. Это были обычные «рафики» с обычными двигателями внутреннего сгорания, у которых, помимо баков с бензином, имелись емкости (дюары) с жидким водородом.

Однако это — уже прошлый век, и следующее столетие обещает нам совершенно фантастический автомобиль. Оказывается, еще в конце XIX века был известен способ получения электрической энергии непосредственно от реакции взаимодействия водорода с кислородом. Уже тогда знали, что если водород и кислород (кислород воздуха) разделить пропоницаемой электролитической мембраной, то реакция образования воды на этой мембране будет проходить без выделения тепла, но с выделением электричества. Сегодня топливные ячейки такого типа (Fuel Cells) настолько усовершенствованы, что именно от них получают бортовую энергию американские «космические челноки».

Теперь представьте себе автомобиль, оснащенный такими топливными ячейками, — электромобиль с компактным электродвигателем и баком для водорода. У такого авто никогда не застучит двигатель, у него не может быть проблем с заводкой, ему не нужна коробка передач (как она не нужна троллейбусу). У него нет выхлопной трубы, поскольку нет самого выхлопа, а потому он бесшумен, и единственное, что он выделяет вовне, — это дистиллированная вода, которую можно пить. У такого автомобиля кондиционер (или печка) могут работать независимо от двигателя, поскольку эти устройства автономны и питаются электричеством от тех же топливных ячеек.

И такой автомобиль уже создан. На его разработку фирма «Дженерал моторс» потратила свыше 50 млн. долларов. Пятиметровый в длину красавец GM Precept



на одной заправке водородом преодолевает свыше 800 км и, несмотря на свои габариты, имеет прекрасные динамические качества. Помимо всего прочего, автомобили такого типа потрясающе экономичны, КПД их двигателя достигает 85%, тогда как из современного бензинового движка нельзя выжать более 40%. Остальная энергия попросту выбрасывается в атмосферу в основном с выхлопом раскаленных газов (какое расточительство, не правда ли?).

Итак, водород как основной источник энергии чрезвычайно привлекателен, однако на Земле он существует в виде химических соединений и, прежде всего, той же воды. А чтобы получить водород из воды, необходимо затратить энергию на разрыв его химической связи с кислородом, то есть провести электролиз. Наши читатели хорошо знают, что электролиз — процесс весьма энергоемкий, и последующее сжигание водорода не восполняет энергию, потраченную на его получение. Выходит, что нечего огород городить: гораздо выгоднее использовать энергию напрямую. В самом деле, кто будет производить продукт, если заведомо известно, что затраты в 1,5–2 раза превысят выручку. Это обстоятельство и сдерживает развитие водородной энергетики. Что же получается? Водородная энергетика — это все-таки миф?! Но давайте немного повременим с приговором.

А между тем энергетические и экологические проблемы обостряются год от года, и сегодня жители России чувствуют это уже на собственной шкуре. Давайте посмотрим, чем мы сегодня располагаем. Нефть и газ близки к истощению. Сжигание угля и мазута провоцирует кислотные дожди и парниковый эффект. Энергия «мирного атома» таит

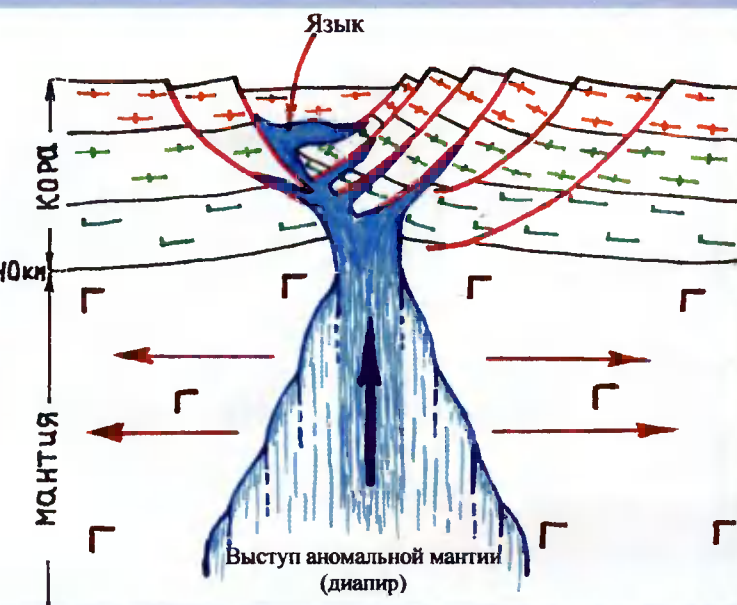
пора бурить скважины

в себе опасность, пусть и небольшую, радиационного загрязнения. Есть еще так называемые альтернативные (или возобновляемые) источники энергии: геотермальная, солнечная, а также энергия ветра и воды, но в будущем они будут играть только вспомогательную роль, поскольку не смогут обеспечить в полной мере потребности человечества.

Вот если бы нашелся принципиально новый способ получения водорода, который позволил бы сделать топливо будущего дешевле бензина... А еще лучше найти месторождение водорода, чтобы качать его из недр подобно тому, как мы качаем нефть и газ. «Фантастика!» — скажете вы. А между тем уже сегодня точно известны места на планете, где можно действительно качать водород из недр. Есть такое «месторождение» и в России — в Тункинской впадине, находящейся в Байкальской зоне рифтогенеза. Осталось только начать бурить...

Все дело в аномалии

Еще в 80-х годах доктор геолого-минералогических наук В. Ларин предложил извлекать водород из глубин Земли, и для многих геологов это выглядело надуманной сенсацией, не имеющей под собой никаких оснований. В самом деле, откуда быть водороду в каменной тверди планеты? Однако высокое академическое содействие, состоявшееся в Геологическом институте РАН в октябре 1989 года, после доклада В.Н.Ларина и его обсуждения единодушно постановило: «Рекомендовать сверхглубокое бурение (до 10–12 км) в области современного рифтогенеза, поскольку таковое в пределах рифтовых зон вплоть до настоящего времени не проводилось. Предложить в качестве объекта Тункинскую впадину, где <...> бурение



1
Глубинное
строение
рифтовой зоны
(поперечный
разрез)

может иметь исключительно большое значение для энергетики и экологии, так как позволит оценить и проверить научно обоснованную возможность обнаружения принципиально нового и экологически чистого энергоресурса (тепла и водорода), могущего составить конкуренцию традиционным энергетическим источникам... Для уточнения конкретного места бурения рекомендовать в сжатые сроки провести дополнительные геофизические исследования в Тункинской и Муя-Куандинской рифтогенных впадинах (гравиметрические, сейсмические, а также глубинное электромагнитное зондирование).

Но вернемся к фактам, которые убеждают. А факты таковы: в районе Тункинской впадины глубинное электромагнитное зондирование выявило на глубине 5–6 км обширную зону с аномально высокой электропроводностью, вещественная природа которой так и не была выяснена. Аналогичные зоны с аномальной проводимостью отмечаются во всех молодых рифтогенных структурах планеты, но на несколько больших глубинах, до 15–20 км. Геофизические исследования показали, что такие зоны снизу подпираются диапирами (выступами, рис. 1) аномальной мантии (с пониженными плотностью и скоростями сейсмических волн). Это глубинное аномальное вещество мантии Земли внедряется в виде языков в земную кору и подходит достаточно близко к поверхности.

Но в чем причина аномально высокой электропроводности? По мнению В.Н.Ларина, эти языки заполнены бескислородными соединениями и сплавами на основе кремния, магния и железа (в пропорции 3:2:1), которые имеют именно такой, полупроводниковый, характер проводимости. И если это предположение подтвердит-

ся бурением, то тогда мы действительно получим возможность качать из Земли «горячий водород», ведь кремний и магний при взаимодействии с водой выделяют водород и тепло. Для этого достаточно пробурить две скважины — по одной закачивать воду, а по другой — отводить нужный нам газ (рис. 2). Вот вам и месторождение водорода и тепла в придачу. Таким способом можно будет производить водород, не только затрачивая минимум энергии, но еще и получать ее попутно и в больших количествах.

Кстати, в Сибирском отделении АН СССР даже сделали предварительную технико-экономическую оценку такого «месторождения». Она показала, что если прогноз о наличии бескислородных сплавов на доступных глубинах подтвердится, то с 10 квадратных километров территории можно будет получать по 100–200 миллионов тонн условного топлива в год, и что в перспективе ожидаемый энергоноситель может оказаться конкурентоспособным на энергетическом рынке.

К сожалению, никакого бурения не начали, поскольку решение принимали в конце 1989 года, а что произошло потом, вы и сами прекрасно знаете. Тут уже было не до бурения. Впрочем, начать никогда не поздно, а в нынешних условиях энергетического кризиса так просто пора. Тем более что за последние 10 лет идея В.Н.Ларина не только не утратила силу, но и окрепла, поскольку базируется она на стройной и весьма убедительной новой теории строения Земли. Она-то и даст нам ответ на вопрос, откуда в недрах рифтогенных зон появились эти самые бескислородные интерметаллические соединения и сплавы.



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

Нас учили танцевать от печи, а самая большая печька — это домна

На самом деле, никто не знает, как устроена Земля, потому что никто еще не заглянул в ее сердцевину. Принято считать, что ядро Земли — железное, оболочка ядра — силикатная. Однако верность этой посылки, принятой априори в начале XX века, никогда не была доказана. Трудно, конечно, поверить, что самое фундаментальное положение в науках о Земле принято без должного фактического обоснования и по сию пору остается всего лишь умозрительной гипотезой, некогда рожденной натурфилософскими размышлениями. Вспомним, что одним из чудес начала века был доменный процесс. Посмотреть, как плавят металл в печи, приходила и аристократическая публика. Раскаленная масса металла в домне стекала вниз, а шлаки (силикаты и оксиды) всплывали. Это впечатляло и наводило на идею провести аналогию с процессами в недрах нашей планеты. Так доменная печь стала своего рода наглядной моделью строения Земли: ядро — железное, оболочка ядра — силикатная. И все «танцы» в науках о Земле начинаются именно от этой печи.

Возможно, эта идея не потеряла своей привлекательности и сегодня, но подобные аналогии вряд ли имеют доказательную силу. Отсутствие должного обоснования в науках о Земле побудило В.Ларина искать факты, говорящие либо «за», либо «против» более определенно. В результате на свет появилась новая теория строения Земли, которая объясняет глубинные причины всего спектра геологических явлений и, как положено хорошей теории, имеет предсказательную силу.

Факты, одни только факты и ничего, кроме фактов

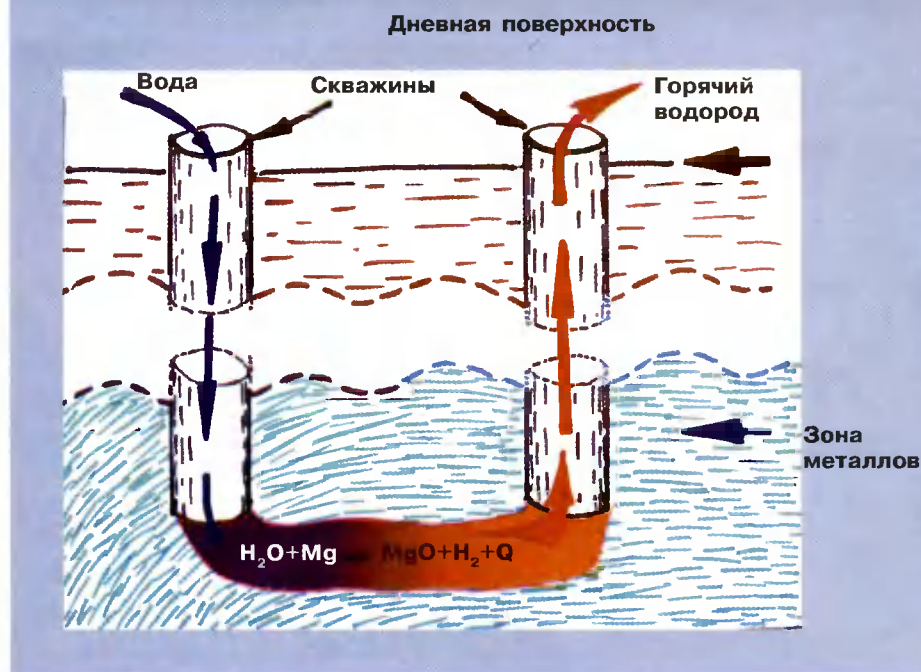
Состав Земли, как и составы других планет, были определены при формировании протопланетного диска. Но понимание именно этого процесса дается нам особенно трудно, если не сказать, что

2
Принципиальная
схема получения
«горячего водорода»

не дается вообще. Об этом свидетельствует само множество космогонических концепций, часто взаимоисключающих. И беда в том, что мы не можем подвергнуть их экспериментальной проверке, то есть тестированию на эмпирически установленных фактах. Но как же без этого?

Однако в этом море неопределенностей есть одно исключение, которое, похоже, можно проверить. Это великопная идея Фрэда Хойла (Fred Hoyle), блистательного астрофизика, нобелевского лауреата и писателя-фантаста, которую он высказал в конце 50-х годов XX века. На определенном этапе формирования Солнечной системы исходное рассеянное вещество благодаря силам гравитации собралось в более плотную туманность, небулу (синонимы — протосолнечное сгущение, или Прото-солнце), которая имела форму двояковыпуклой линзы и быстро вращалась. Край этого сгущения находился примерно там, где сейчас пролегает орбита Меркурия. По мнению Хойла, на стадии формирования протопланетного диска у протосолнечной небулы существовало мощное дипольное магнитное поле, а вещество небулы было частично ионизировано. В этом случае магнитные силовые линии исполняли роль каркаса в системе, как спицы в колесе, и поддерживали одинаковую угловую скорость во всех частях вращающейся небулы. Это и приводило к отделению (сбросу) протопланетного диска. Вспомните, как эффект тормозит свое быстрое вращение фигуристка на льду, позволяя рукам разлететься в стороны. Здесь, как и в случае небулы, механика одна и та же, и оба явления описываются одними и теми же формулами

Немного найдется идей в космогонических построениях, которые можно подвергнуть экспериментальной проверке. Но именно такова идея Хойла! Схема этого теста удивительно проста. При формировании протопланетного диска стекающее с протосолнечной небулы вещество должно было двигаться поперек магнитных силовых линий (рис. 3). Ионизированные, то есть заряженные, частицы не могут пересекать магнитные силовые линии, поэтому они захватываются магнитным полем и останавливаются в нем, в то время как нейтральные



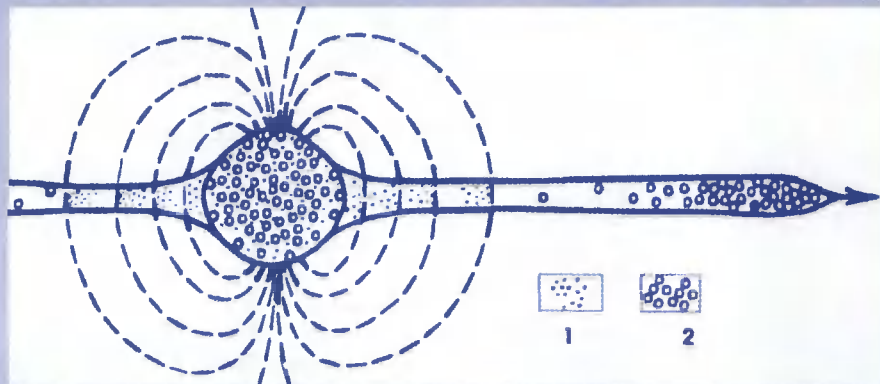
атомы свободно проходят через магнитное поле. Однако атомы различных химических элементов различаются и по склонности к ионизации. К примеру, атом цезия может потерять свой электрон от света свечи или керосиновой лампы, тогда как атом гелия может оставаться нейтральным и в непосредственной близости от звезды. Таким образом, если Хойл прав, то при формировании протопланетного диска элементы, которые ионизируются легко, должны быть остановлены в окосолнечном (околопротосолнечном) пространстве, где располагаются сейчас планеты земного типа, а в более удаленных зонах должны преобладать элементы, которые трудно ионизируются. Напомним, что способность того или иного элемента к ионизации оценивается либо энергией, которую необходимо затратить для отрыва от атома первого электрона, либо потенциалом ионизации первого электрона. В справочниках энергия ионизации приводится в электрон-вольтах, а потенциал ионизации — в вольтах.

У нас есть возможность проверить идею Хойла. Для этого необходимо провести ревизию данных о химических составах тел Солнечной системы. Само собой, для рассмотрения будем брать только надежные эмпирические, то есть аналитически установленные, результаты. Какими же данными мы сегодня располагаем? Во-первых, благодаря спектральному анализу нам известен состав фотосферы Солнца. Фотосфера отражает состав внешней зоны конвективного перемешивания, а в этой зоне заключено примерно 70% объема звезды. Во-вторых, на Земле нам доступен материал только ее внешней геосферы до глубины 200 км (обломки глубинных пород из кимберлитовых трубок взры-

ва). В-третьих, образцы, собранные на Луне, позволяют судить о составе ее внешней оболочки. И наконец, по коллекциям метеоритов нам хорошо известен пояс астероидов, который отстоит от Солнца в три раза дальше Земли. Данные по другим объектам Солнечной системы пока еще слишком фрагментарны.

Итак, мы знаем лишь кое-что о Земле и Луне, но достаточно полно представляем состав Солнца и удаленного от него (на три астрономические единицы) пояса астероидов. Проведем сопоставление этих составов в парах: Земля — Солнце, Земля — пояс астероидов и Земля — Луна. По оси ординат откладываем относительную распространенность элементов, по абсцисс — их первые потенциалы ионизации. Результаты представлены на рисунках 4, 5, 6. Посмотрите на них внимательно, они того стоят. И что же мы видим? Оказывается, в Солнечной системе распределение элементов действительно зависит от их потенциалов ионизации. Выходит, Хойл был все-таки прав.

Теперь можно представить, как протекал процесс магнитной сепарации элементов по их потенциалам ионизации, который и предопределил составы тел планетной системы. Вот идет формирование протопланетного диска, и вещество проходит через своего рода магнитный сепаратор. Ионизированные частицы (с низкими потенциалами ионизации) захватываются магнитным полем и остаются в окосолнечном (околопротосолнечном) пространстве, в зоне формирования Земли (рис. 4) и планет земного типа, тогда как элементы с высокими потенциалами ионизации проходят без задержки и оказываются в более удаленной от Солнца зоне. Поэтому относительное содержание, например, уг-



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

вых, состав Солнца за всю его историю существования в виде звезды сравнительно мало изменился: уменьшилось содержание водорода, добавилось гелия, частично выгорели в термоядерном синтезе литий и бериллий. Баланс остальных элементов остался практически неизменным. Следовательно, по составу современного Солнца можно судить о составе протовещества, некогда сброшенного с Протосолнца при формировании протопланетного диска. Вот таких, нам крупно повезло в том, что внешняя геосфера Земли, состав которой мы приняли к рассмотрению, сохранила различный отпечаток исходного состава планеты, в противном случае мы не смогли бы обнаружить закономерность, которая, однако, есть (рис. 4). По этому отпечатку мы можем провести (и достаточно определенно) тренд изначального положения элементов на графике, которое у них было бы до того, как включились земные геологические процессы, и элементы начали «погуливать» согласно своим геохимическим наклонностям.

Итак, мы знаем: 1) состав того вещества, которое проходило через магнитный сепаратор; 2) знаем тренд, который

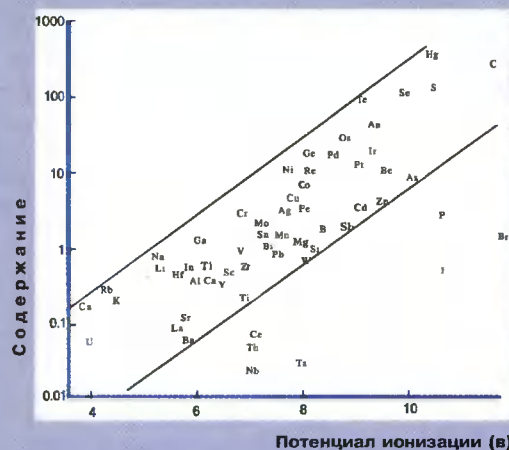
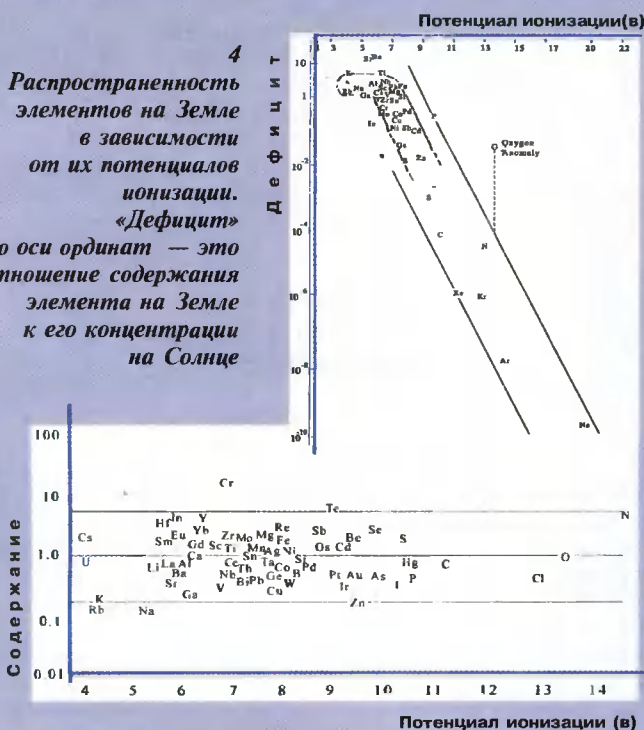
периода на Земле в тысячи раз меньше, чем на Солнце, его атомы, будучи преимущественно нейтральными, проскочили мимо зоны Земли. Пояс астероидов отстоит от Солнца в три раза дальше зоны формирования Земли. И сразу становится понятным, почему в метеоритах много (по земным меркам) того же углерода, а также серы, золота, платиноидов, ртути — у этих элементов высокие потенциалы ионизации, и они слабо задерживались магнитным сепаратором (рис. 5). Вместе с тем в метеоритах мало цезия, урана, калия, рубидия, которые легко ионизируются. Эти последние, в своей основной массе, не смогли проскочить сквозь магнитный сепаратор и

были остановлены в зоне планет земного типа. Наконец, Земля и Луна находятся на одном расстоянии от Солнца, и магнитный сепаратор сработал для них одинаковым образом (рис. 6). Далее будем выяснять, каким образом от этого может улучшиться наша жизнь на планете.

Состав Земли — новый взгляд

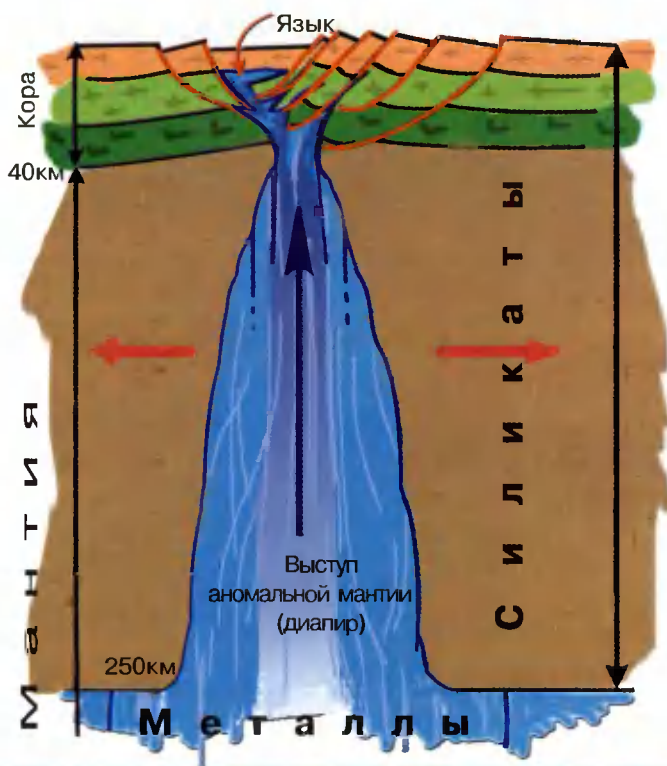
Теперь мы подошли к самому главному. Оказывается, мы можем определить исходный состав нашей планеты. И здесь нам помогут два обстоятельства. Во-пер-

4
Распространенность элементов на Земле в зависимости от их потенциалов ионизации. «Дефицит» по оси ординат — это отношение содержания элемента на Земле к его концентрации на Солнце



6
Распространенность элементов на Луне относительно Земли

5
Зависимость содержания элементов в поясе астероидов от их склонности к ионизации. Концентрации элементов в метеоритах нормированы по их концентрациям на Земле



8

«Зри в корень» — говорил Козьма Прутков.
По новой модели корни выступов аномальной мантии (рис. 1) уходят ниже силикатно-оксидной оболочки в бескислородную зону металлов

Таблица
Исходный состав протопланетного вещества
в зоне формирования Земли

Элемент	Атомн. %	Вес. %
Кремний	19,5	45
Магний	15,5	31
Железо	2,5	12
Кальций	0,9	3
Алюминий	1,0	2
Натрий	0,7	1,5
Кислород	0,6	1,0
Углерод	0,03–0,3	0,03–0,3
Сера	0,01–0,1	0,03–0,3
Азот	Менее 0,01	Менее 0,01
Водород	59	4,5

определял, в какой мере тот или иной элемент задерживался магнитным полем. Нам остается лишь взять ручку и выписать тот изначальный состав, из которого формировалась планета Земли, что мы и делаем (см. таблицу).

Несмотря на «приблизительно количественный» характер этих данных, они однозначно свидетельствуют против «главной догмы» в науках о Земле. Для планеты с железным ядром и силикатно-оксидной оболочкой требуется 30% (вес.) кислорода и 40% железа. Однако магнитная сепарация отмерила возможную концентрацию кислорода в массе Земли в пределах лишь одного-двух процентов, а железа — около 12% (такая концентрация железа обычно наблюдается в глубинных мантийных породах).

Однако не следует забывать, что протовещество, стекавшее некогда с Протосолнца, это, прежде всего, водород. Его нет на рис. 4, поскольку нет данных для Земли. Однако теперь мы знаем положение тренда, которое определено магнитной сепарацией. Это дает нам возможность определить, что исходная концентрация водорода в зоне формирования Земли была около 60% (в атомных количествах, см. таблицу). Вполне достаточно, чтобы при образовании планеты все остальные элементы оказались в виде водородных соединений (гидридов).

Таким образом, изначальный состав Земли был представлен гидридами, и при этом весовая доля водорода в общей массе планеты составляла всего лишь несколько процентов. Следует отметить, что данный вывод основан не на

какой-то умозрительной исходной посылке, а на эмпирически установленной зависимости распределения элементов в Солнечной системе от их потенциалов ионизации.

От исходного состава планеты оказалось не так уж трудно перейти к модели современной Земли (рис. 7). Разумеется, для этого пришлось собрать массу данных по поведению гидридов в условиях различных температур и давлений, а там, где необходимые сведения отсутствовали, пришлось поставить целенаправленные эксперименты, которые помогли выявить неизвестные ранее физические явления.

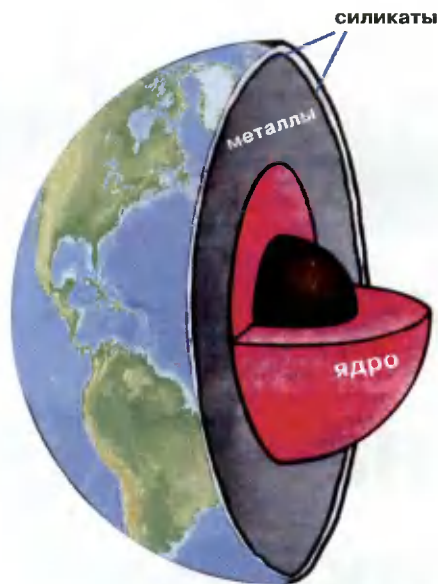
Согласно этой модели, силикатно-оксидная оболочка планеты прослеживается всего лишь до глубины 250–300 км, и это под континентами; под океанами она существенно тоньше. Ниже, вплоть до ядра, мантия сложена бескислородными соединениями и сплавами, состоящими в основном из кремния, магния и железа (с добавками Са, Al, Na и др.). Кислород из этой зоны вытеснен во внешнюю силикатно-оксидную оболочку. В ядре сохранился исходный состав планеты (см. таблицу), и если в самом центре Земли до сих пор есть гидриды, то во внешней зоне ядра водород присутствует в виде раствора.

Исследования показали хорошее согласие новой геохимической модели с современными данными по физике ядра и мантии, которые получены различными геофизическими методами. И порой наша интерпретация причин того или иного явления оказывается весьма неожиданной. Так, например, жидкое со-

стояние внешнего ядра традиционно принято считать следствием высоких температур в центре планеты (но почему тогда внутреннее ядро твердое?). По нашей модели, жидкое состояние внешней зоны ядра обусловлено присутствием в металлах водорода в растворенном виде. Это явление мы обнаружили в эксперименте. Металлы, содержащие растворенный водород, при увеличении давления сначала становятся пластичными, как пластилин, а затем начинают течь, как будто они расплавлены. И все это при комнатной температуре. Или еще пример. Геофизики установили три скачка в плотности в мантии на глубинах 400, 670 и 1050 км. По нашей модели, в этой зоне преобладающей (по объему) фазой должен быть кремний. И мы даже не удивились, когда у кремния были обнаружены именно три скачка в плотности (три полиморфных перехода) при соответствующих этим глубинам давлениях.

Так где же «месторождения» водорода?

Сегодня на Земле самый грандиозный геологический процесс — это рифтогенез. Общая протяженность зон рифтогенеза превышает 70 тысяч километров. В основном рифты локализованы в осевых частях океанов, но во многих местах выходят и на континенты. В этих зонах земная кора и подкорковые горизонты испытывают растяжение (раздвиг). Следовательно, в этих зонах силикатная



7 Новая геохимическая модель Земли



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

оболочка должна утончаться, а глубинные бескислородные железо-магний-кремниевые соединения и сплавы должны подниматься к поверхности планеты в виде гигантских выступов (рис. 8). Судя по геофизическим данным, в осевых частях океана (там, где расположены рифты) эти выступы обнаружены в 1,5–2 км от поверхности дна, а на континентах в зонах рифтогенеза они располагаются на глубине примерно 30–35 км. Однако иногда языки, отходящие от этих выступов, достигают уровня 5–6 км (снова рис. 1). В России такой учас-

ток обнаружен в Байкальской области рифтогенеза в пределах Тункинской впадины. А дальше мы уже знаем — надо бурить! Возможно, нас ждет открытие принципиально нового, экологически чистого источника энергии, неисчерпаемого в масштабах человеческих потребностей.

Помимо Тункинской впадины на планете много мест, где, по всей вероятности, можно будет организовать добычу «горячего водорода». Это и рейнский грабен в Европе, и рифтовая зона реки Иордан — Мертвого моря по границе Израиля и Иордании, и западные территории США и Канады, и рифтовые системы Восточной Африки, и др.

До сих пор для удовлетворения энергетического голода мы насильствовали природу. Планета по своей инициативе никогда не сжигала в громадных количествах уголь, нефть и газ, никогда не собирала уран до кучи, чтобы запалить атомный реактор. Биосфера планеты эволюционировала без всего этого и поэтому оказалась беззащитной от воздействия человеческого фактора. И совсем другое дело с получением «горячего водорода». Аналогичный процесс реализуется в природе в гигантских масштабах на протяжении по крайней мере десятков миллионов лет. Рифтовые зоны океанов газят водородом. В Исландии в рифтовой долине струи водорода местами вырываются со свистом. Демонстрацией этих явлений планета как бы подсказывает нам — «делай как я». Так давайте последуем этому совету!

Статья подготовлена по материалам,
предоставленным доктором
геолого-минералогических наук
В.Н.Лариным (dr-larin@mtu-net.ru)

Эта сноска предназначена для узкого круга специалистов, выражающих прохладное отношение к идее Хойла по той причине, что у молодых звезд нет внешнего магнитного поля, которое далеко простиралось бы от звезды. Но при чем здесь мощные дипольные магнитные поля у звезд, мы ведь говорим о небулярной стадии? Давайте разберемся. Расчеты показывают, что вторую половину всей своей массы небула получила за весьма короткий промежуток времени на завершающем этапе сбора рассеянной материи силами гравитации. Поэтому именно на данном этапе небула испытала резкий разогрев. Согласно $\Delta Q = P \times \Delta V$, выделение тепла (ΔQ) должно было происходить во внутренней зоне небулы, где максимальны давление (P) и уплотнение (ΔV). Тепло из внутренних зон должно было выноситься наружу конвективными струями. Вместе с тем на этом же коротком завершающем этапе с половиной массы пришло 2/3 момента количества движения (2/3 от суммарного значения), и небула раскрутилась. Соответственно резко выросли силы Кориолиса, и радиально направленные конвективные струи стали закручиваться в спирали. Теперь вспомним, что исходное вещество было частично ионизировано и поэтому собиралось в небулу вместе с магнитными силовыми линиями галактического поля. Таким образом, на этом этапе в небуле формировались многочисленные плазменные струи, которые при движении наружу закручивались в спирали и при этом перемещались в среде магнитных силовых линий, унаследованных от галактического поля. Естественно, что в этих спиральных витках должны были индуцироваться электрические токи. В результате небула как бы превращалась в гигантский соленоид с мощным внешним магнитным полем. Это магнитное поле и выполняло (по Хойлу) роль сцепки в системе, выдерживая одинаковую угловую скорость во всех частях небулы. При этом угловой момент перераспределяется согласно выражению $m\omega R^2$ (пропорционально радиусу в квадрате) в наиболее удаленную от центра краевую зону, которая сбрасывалась в виде протопланетного диска. С протопланетным диском уходил практически весь «момент», и небула резко замедляла скорость своего вращения, силы Кориолиса сходили на нет, исчезала спиральная составляющая в движении конвективных струй (соленоид распадался) и генерация дипольного магнитного поля прекращалась. Таким образом, собственное магнитное поле у небулы включалось лишь на краткое время и лишь для того, чтобы сбросить протопланетный диск. Ни до, ни после этапа формирования протопланетного диска у небулы не было дипольного магнитного поля, и быть не могло. (О, Силы Небесные! До чего же ловко Вы спроектировали это!)

Теперь относительно источника энергии. В нашем понимании первопричиной появления собственного магнитного поля явилось гравитационное стягивание материи в небулу, поскольку именно этот процесс обусловил разогрев внутренних зон и тем самым обеспечил энергичную тепловую конвекцию, которая в свою очередь... (и т.д. по сценарию, прописанному выше). Отсюда следует вывод — энергия, необходимая для создания собственного магнитного поля небулы, черпалась из энергии гравитационного коллапса туманности, и, соответственно, **собственное магнитное поле небулы могло быть исключительно мощным.**



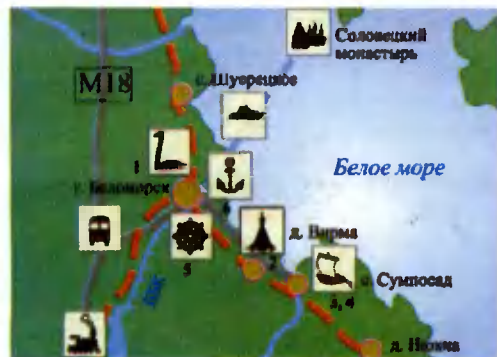
В.Артамонова

Начертания

на скалах

*Вот уж острова готовы,
Луды созданы на море,
Подняты опоры неба,
Названы края и земли,
Знаки выбиты на камне,
Начертания на скалах.*

Калевала



Самые древние руны «Калевалы», знаменитого карело-финского эпоса, этнографы и историки датируют первым тысячелетием нашей эры. Строчка за строчкой собирал этот литературный памятник в начале XIX века финский ученый и писатель Элиас Лённрот. Разыскивая полузабытые песни древних жителей северного края, он объездил всю Беломорскую Карелию: в Финляндии следов уникального произведения почти не сохранилось.

А Карелия сберегла не только «Калевалу», но и знаки, выбитые на скалах в те незапамятные времена, которые сами создатели эпоса относили, судя по всему, к эпохе сотворения мира. И если это так, не очень-то они и ошибались: в ту пору, когда на прибрежных скалах появились первые изображения, выбитые рукой человека, мир, в котором предстояло жить будущим песнопевцам, еще только формировался. Иными были очертания морских берегов, по-другому текли реки.

Последний ледник покинул территорию современной Карелии примерно 12 тысяч лет назад, но еще долго холодный заболоченный край оставался непригодным для жизни. И все же климат постепенно смягчался. На земли, богатые рыбой, птицей, лесным и морским зверьем, пришли племена охотников и рыболовов. Первые стоянки людей среднекаменного века (эпохи мезолита) на Кольском полуострове и прилегающих территориях археологи датируют примерно VII тысячелетием до н.э. Петроглифы, правда, появились здесь существенно позже. Наскальную летопись своей жизни оставили потомкам люди неолита, нового каменного века, который начался на территории Карелии где-то на рубеже IV–III тысячелетия до н.э.

Где искать следы былого

Петроглифами называют изображения, выбитые на камне, в отличие от писаниц, выполненных краской.

Встречаются такие гравировки по всему миру. Немало наскальных рисунков и на территории нашей страны: Урал, Сибирь, Алтай, Бурятия, район озера Байкал, — повсюду, где есть большие гладкие камни, омываемые водой, творил древний человек летопись своего бытия, увековечивая в ней — в прямом смысле слова! — первобытные представления об окружающем мире.

Но обычному туристу большинство этих сокровищ недоступны, слишком уж далеко они от проторенных путей. Самое реальное — познакомиться с петроглифами Карелии, высеченными на скалах восточного берега Онежского озера, или с наскальными рисунками низовьев реки Выг. До этих последних добраться проще всего, поскольку находятся они лишь в нескольких километрах от крупного города Беломорска, где есть и гостиница, и другие блага цивилизации. За 15–20 минут рейсовый автобус доставит желающих в деревню Выгостров, откуда до скопления петрогли-



МУЗЕИ

Залавруга.
Сцена охоты
на лосей по насту

фов, вошедшего в научный обиход под названием Бесовы Следки, — рукой подать. А от них и до Залавруги, еще одного крупного скопления наскальных гравировок, недалеко: прогуляться полтора-два километра по лесу в хорошую погоду — одно удовольствие.

Первооткрыватели и хранители

Ключи от небольшого павильона, построенного над Бесовыми Следками в конце 60-х годов, хранятся у бабушки Кати — Екатерины Ивановны Федотовой. Коренная жительница деревни Выгостров хорошо помнит времена, когда еще не было на реке Выг ни шлюзов, ни каскада гидроэлектростанций. Сейчас часть речного дна обнажилась, а до того, как перегородила Выг мощная плотина, на речной островок Шойрукшин ребятишки плавали на лодке. Крупная, почти в метр высотой, человеческая фигура с громадной ступней, «оставившей» на скале восемь таких же огромных следов, была им хорошо знакома. А вокруг нее — целый ковер изображений поменьше: лодки, олени, морские животные...

Именно от местных жителей и узнал о существовании наскальных рисунков А.М.Линевский, в ту пору студент Ленинградского географического института, который посетил деревню Выгостров в 1926 году, чтобы познакомиться с бытом поморов. Правда, народная память не сохранила почти ничего, связанного с изображениями.

Христианство всегда активно боролось с пережитками язычества и, похоже, преуспело в этом больше, чем хотелось бы ученым. Так, например, в XV веке монахи Муромского монастыря «обезвредили» изображение «Баса» с берегов Онежского озера, выбив поверх него православный крест. Не исключено, что именно с их легкой руки утвердилось за скалой, где располагается центральная группа онежских петроглифов, и за близлежащей деревней название Бесов Нос. А жители низовьев Выга именовали свои петроглифы Чертовыми Следками. В Бесо-

вы Следки их переименовал по аналогии с онежскими изображениями А.М.Линевский.

Но поморы никогда не избегали наскальных рисунков, хотя говорили о них редко. На изображения попросту не обращали внимания: нет ни легенд, ни суеверий, связанных с петроглифами. Может быть, только карелы, давние жители здешних краев, сохранили смутное ощущение того, что места в низовьях Выга были для их отдаленных предков священными, хотя этническая принадлежность творцов петроглифов не установлена окончательно. Екатерина Ивановна хорошо помнит, как ее мать, карелка, убеждала детей не бояться фашистов во время Великой Отечественной войны. «К нам они не дойдут, — говорила она. — Здесь — святые места». И ведь действительно не дошли! Линия фронта проходила от Беломорска километрах в пятидесяти. Бомбили Сегежу и Лоухи, а вот Беломорск, расположенный между ними, остался цел.

Магические письма

Впрочем, если и имели петроглифы, с точки зрения их творцов, какие-то магические свойства, то касались они по большей части охоты. От того, насколько успешным будет промысел, всецело зависела жизнь племени, ведь в условиях Севера производящая экономика на основе сельского хозяйства развиваться не могла.

Зато уж в основном своем занятии, охоте, люди каменного века, похоже, весьма преуспели. Исследователи не раз обращали внимание на то, что человеческие фигуры они изображали, как правило, очень схематично, в то



время как рисунки животных отличались гораздо большей реалистичностью. Целые научные труды посвятили специалисты анализу наскальных изображений, причем биологи порой без труда отличали гусей и уток от лебедей, оленей от лосей, а иногда им удавалось распознать на гравировках даже отдельные виды рыб. За редчайшим исключением на полотнах художников каменного века объекты охоты занимают центральное место, и только иногда появляется на них человек, преследующий дичь.

Вероятно, присутствие людей на изображениях просто не требовалось. Многие специалисты сходятся в том, что изначально скопления петроглифов были местами проведения магических ритуалов. На изображения охотились, как на настоящих животных: в них метали камни и стрелы. И внимательный осмотр петроглифов эту точку зрения как будто подтверждает: многие изображения имеют повреждения столь же древние, как и сами гравировки.

Действенной ли была первобытная магия? Очень может быть. Ведь такие ритуалы развивали меткость и наблюдательность, способствовали слаженности действий участников промысла. А был он, как правило, коллективным. Особенно хорошо видно это на изображениях сцен охоты на

морского зверя: белух (небольших китов, которые водятся в Белом море и поныне) загарпунивали сразу с нескольких лодок, причем число гребцов в каждой из них, если верить рисункам, могло быть и более двадцати.

Петроглифы о жизни их создателей

Не исключено, что со временем назначение наскальных рисунков менялось. И если петроглифы Бесова Носа или Бесовых Следков часто представляют собой довольно беспорядочное нагромождение одиночных изображений, покрытых шрамами, то скалы Залавруги — это целая повесть в картинках. Даже исследователи, склонные поэтизировать внутренний мир древнего человека и усматривающие в редких двух-трехфигурных композициях онежских петроглифов отражение мифов, — и те делают исключение для некоторых сцен Залавруги. Уж очень точно обозначены здесь многие бытовые детали! Наскальные полотна, которые специалисты датируют рубежом III — II тысячелетий до н.э., походят на летописное повествование.

Здесь преобладают фигуры людей, причем зачастую они выполнены с незаурядным мастерством. Открытие петроглифов Залавруги стало настоящей сенсацией для науки. Небольшую часть этих изображений обнаружил в начале 30-х годов член-корреспондент АН СССР В.И.Равдоникас, а самыми впечатляющими находками историки обязаны нынешнему директору Института языка, литературы и истории Карельского научного центра, доктору исторических наук Ю.А.Савватееву. Под слоем лишайников, речных наносов и останками первобытных стоянок более позднего времени он сумел угадать целые картинные галереи.

Сюжеты новых полотен оказались богаче тех, что были уже известны. Сцены охоты преобладают и здесь, но экипировка людей, преследующих дичь, существенно изменилась. Помимо традиционных шестов,



Когда-то подножие павильона Бесовы Следки омывали воды могучего Выга

Экскурсию по древнему святилищу проводит местная жительница — Екатерина Ивановна Федотова.

И пляшущий человечек, и охотник, преследующий оленя, ей давно знакомы



«Картинная галерея» Залавруги





МУЗЕИ

Сцены охоты на лесного зверя с луком и стрелами — отличительная особенность петроглифов Залавруги. Таких сюжетов нет ни на скалах Онежского озера, ни на Бесовых Следках

снабженных, по мнению некоторых исследователей, ременными петлями (еще в начале XX века такие приспособления кое-где использовали при загонной охоте на лосей по насту), встречаются фигуры людей, вступающих в единоборство с медведем, вооружившись копьями. Охотники теперь часто вооружены луками, и лесные звери, объекты охоты, в исполнении древних художников порою напоминают ежей: очень уж много стрел пущено в них меткой рукой.

На скалах Залавруги мы впервые сталкиваемся и с темой противоборства, вражды — таких сюжетов не увидишь ни на петроглифах Бесова Носа, ни на гравировках Бесовых Следков. Лыжники сражаются с мореходами, люди целятся друг в друга из луков, подкарауливают в засаде небольшие отряды.

Первобытное общество вступило в новую фазу своего развития. И хотя древние святилища все еще почитаемы, недалеко уже то время, когда о них позабудут, и новые племена, которые придут в эти края спустя несколько веков, будут жечь костры на священных скалах, не подозревая о существовании петроглифов.

Не вечны «вечные письма»

Прошло 5–6 тысяч лет с тех пор, как появились на берегах рек и озер Ка-

релии первые группы петроглифов. Для нас, людей, вступающих в XXI век, это почти вечность. Менялся климат, колебался уровень воды, приходили и уходили люди. Древние изображения то порастали лишайниками, то оказывались на дне водоемов, где их заносило песком и глиной. А между тем глубина выбивки петроглифов, как правило, очень невелика и достигает обычно только двух-трех миллиметров.

Многие рисунки разглядеть непросто. Екатерина Ивановна пытается нащупать их рукой, а археологи-первооткрыватели иногда даже облизывали скалы языком, пытаясь понять, не таит ли их гладкая на вид поверхность следы наскального творчества древнего человека. Потом, правда, они нашли способ лучше: скалу покрывали листами тонкой бумаги и натирали графитом, подобно тому, как дети копируют изображения на монетах.

Тяжелый труд увенчался успехом: более тысячи петроглифов удалось

найти и скопировать на скалах восточного берега Онежского озера, более двух тысяч изображений обнаружено в низовьях Выга. Исследователи знали, что надо спешить. В некоторых местах процессы выветривания уже сделали свое дело: поверхность скал стала пористой и хрупкой. От многих изображений сохранились только фрагменты, другие время уничтожило полностью.

На нынешних туристов Екатерина Ивановна не обижается: палатки ставят всегда в одном и том же месте, мусор за собой убирают. Да и немного их сейчас приезжает — несколько сотен в год. Люди в основном просвещенные, подлинники ценители, или же школьники с экскурсиями. Праздно любопытствующих почти нет. Однако в свое время наскальные изображения Бесова Носа и Бесовых Следков пострадали от посетителей изрядно. Рядом с рисунками эпохи неолита появилось немало автографов и даже



нецензурных слов, которые на долгие тысячелетия прославят нас как беспощадных варваров.

В 30-е годы ученые спохватились: «Спасать надо!» А как? Откололи кусок скалы с онежскими петроглифами, поместили в Эрмитаж. И сразу поняли: это не выход. Без природного окружения петроглифы словно погасли. Им нужны восходы и закаты, дождь и солнце. Некоторые из них видны только в определенное время суток, когда косые лучи солнца делают контрастными самые мелкие выбоины в камне. Другие проявляются только после сильного дождя, если ветер быстро осушит гладкие скалы, а в углублениях еще сохранится немного влаги.

Нам повезло. Дождь шел все время, пока мы пробирались к Залавруге по пересохшим руслам стариц. В рюкзаке были сапоги, но Екатерина Ивановна, встретившая нашу экскурсионную группу из двух человек на останке, бойко прыгала с камушка на камушек в матерчатых тапочках, и переобуться мы не посмели. Уже на месте нам продали билеты местного краеведческого музея, выдали проспекты. Екатерина Ивановна аккуратно отсчитала три рубля сдачи с де-

**Промысел
морского зверя —
излюбленный сюжет
беломорских
гравировок**



сятки, невзирая на протесты. В про-светах туч замелькало солнышко, над Залавругой поднялся легкий пар, и на-скальные рисунки ожили.

Нам удалось увидеть очень многое из того, что другие могут найти только в фундаментальных трудах, хранящихся в Исторической библиотеке. Черно-белые фотографии и схемы — это все-таки не совсем то. Их можно

анализировать, систематизировать и сопоставлять — занятие увлекательнейшее. Но понять, что двигало людьми, не жалевшими сил и времени на создание наскальных полотен, которые пережили многие века, можно только здесь, среди скал, в окружении соснового леса.

...С противоположной стороны на-встречу нам вышла небольшая груп-



В результате выветривания поверхность скал делается пористой и хрупкой. По ней расползаются пятна лишайников, что ускоряет эрозию в несколько раз.

па туристов. «Вы поосторожнее ходите, — предупреждает Екатерина Ивановна. — Не наступайте зря на рисунки!» — «Да-да, мы знаем», — откликается женщина. Она и вправду внимательно смотрит под ноги.

Мы тоже стараемся ходить поаккуратнее, а все-таки нет-нет да и поймаешь себя на том, что стоишь как раз посередине сложной композиции, из которой заметил поначалу только одну небольшую деталь. И поневоле вспоминается московское метро с глубокими выбоинами в гранитных ступенях. Нет, не уцелеть рисункам, если пройдут по ним тысячи ног!

Ученые приходят в ужас от равнодушия и бессердечности рыбаков, которые несколько раз разжигали свои костры прямо на скалах Залавруги. А между тем это неудивительно: как ни странно, местное население знает о петроглифах очень мало. Некоторые не видели их ни разу, не знают, где находятся наскальные рисунки, и могут набрести на гладкую площадку, удобную для привала, совершенно случайно.

Говорят, были здесь когда-то пояснительные таблички и деревянные настилы со смотровыми площадками, но исчезли при нынешней разрухе бесследно. А как они нужны! Треснула скала в павильоне Бесовых Следков, и с нынешнего года посетителей туда не водят из соображений безопасности. Знают ли об этом в высоких инстанциях, для которых забота о сохранении культурного наследия прошлого — профессиональный долг?



Наскальные рисунки и гудит не только время. Православный крест, выбитый в XV веке поверх изображения онежского Беса, — это только один пример, когда петроглифы пострадали от людей, не разделяющих мировоззрения древних жителей Карелии

«Как это сохранить? Как? — вопрошает Екатерина Ивановна и смотрит на нас с такой надеждой, словно верит, что мы сотворим чудо. — Они вон какую красоту нам оставили, а мы-то что ж, даже сберечь не умеем?..»

А между тем вопрос этот адресован непосредственно химикам. Мы научились сохранять скоропортящиеся продукты месяцами, герметично упаковывая их в полиэтиленовую пленку, закатываем в пластик документы. Неужели нельзя найти полимер, способный образовать на поверхности камня тончайшую пленку, которая предотвратила бы биогенную эрозию уникальных памятников и воспрепятствовала процессам выветривания? В

Швеции петроглифы пытались покрывать краской, но от этого опыта пришлось отказаться — нужен именно пластик, причем совершенно инертный в химическом отношении.

Экскурсия в далекое прошлое подходит к концу. У края леса Екатерина Ивановна останавливается, чтобы еще раз обвести взглядом место древнего святилища. «До свидания, Залавруга», — тихонько шепчет она и слегка наклоняет голову.

До свидания, Залавруга! Очень хочется посетить тебя вновь, и еще больше — сделать для тебя хоть что-нибудь. Под силу ли нам это?..





Шары кустов кедрового
стланника у останцов



рогулка по тундре

Доктор
биологических наук
М.Т.Мазуренко

*Скорее всего, все эти цветочки и листики
принадлежат одному экземпляру лузелеурии
простертой*



Путь к тундре

Тундра расположена не только на Крайнем Севере. Она есть и на вершине восточносибирских сопок. Туда-то мы и отправимся.

Добираться к горным плато Колымского нагорья, где обитают тундровые растения, можно разными способами. Мы полетим вертолетом из поселка Сеймчан. Здесь нас давно знают, встречают как старых друзей, однако все равно несколько дней приходится провести в томительном ожидании. Лишь после того, как чиновники выяснят, переведены ли деньги, как дела с «горючкой» и прочее, мы забрасываем вещи в вертолет. Через несколько секунд огромная река Колыма сужается, становится маленькой голубой лентой, дома поселка — спичечными коробками, а затем и вовсе исчезают из поля зрения.

Зеленые сопки идут одна за другой, прорезаясь долинами рек и речушек с протоками и старицами. Мы летим долго, больше часа. Наконец вертолетчик

зовет к себе в кабину: нужно уточнить место, удобное и для нас, и для посадки. Вертолет тяжело, словно жук, садится на брюхо. Но винт не останавливает вращения, и под его шквальным ветром мы вываливаем свой скарб. «Жук» бодает воздух и черной точкой исчезает на горизонте, оставляя нас наедине с горами.

Подъем в горы

Первый поход в горную тундру начинается утром. В обычной одежде туда не пройдешь — нужны плотные брезентовые брюки, штормовки и накомарники. Без репелентов в царстве комаров и мошки не выжить. Мы обильно мажемся диметилфталатом, удивляясь стойкости кожи: пластик шариковой ручки от этого снадобья становится мягким.

В горы идем по распадку, продираясь сквозь лежащие на земле ветви ольховника. Выставляет вперед изогнутые стволы и стволики гибкий кедровый стланник. Пахнет смолой, гудят

комары. Ползти вверх трудно. Ближе к вершине стланник мельчает, его кусты становятся не выше пояса, и появляется курумник — нагромождение скал.

Камни здесь лежат сплошным слоем, спускаясь с сопки затейливыми каскадами. Их серая поверхность разукрашена то фисташковыми, то оранжевыми кругами — «ведьмиными кольцами» плотно прилипших к камню лишайников. Эти камни продвигают нас к вершине.

Ветер разогнал комаров, но приходится утепляться, надевать свитера и штормовки. Наверху, несмотря на яркое солнце, дует пронзительный холодный ветер. Если в зените лета он так холоден и свеж, то каково же здесь зимой, при 50 градусах мороза с ледяной крошкой!

Ковер экстремальной жизни

У плотной залежи снега в большой ложбине расцветают альпийские ковры. Постепенно тающий снег подпихивает растения. Этот первый тундровый ковер, нивальная луговина, усеян цветами.

Розовеет маленькими звездочками луазелеурия простертая. Плотный жесткий коврик размером с большую суповую тарелку составлен сотнями, а то и тысячами маленьких светло-зеленых листьев, похожих на крошечные лодочки. Листья прижаты друг к другу, словно черепички игрушечной крыши. Если вырвать растение, то видно, что это настоящее дерево, со стволом, ветвями, только совсем маленькими (длиной в несколько сантиметров) и прикрытыми плотной листвой.

Рядом торчат фонтанчики соцветий филлодоце голубой. Ее цветки не больше вишни и похожи на китайские фонарики. Цвет же их никакой не голубой, а ярко-малиновый. Дело в том, что в гербарии высушенные цветки филлодоце становятся голубыми. Этот вид, широко распространенный в тундрах Европы и Америки, впервые был описан по гербарным образцам, и поэтому его назвали голубым, а не малиновым. Под соцветием стебель густо покрыт игольчатыми темно-зелеными листьями. Гибкие стебли то лежат, то приподнимаются и образуют покрытие, похожее на ковер.

Вместе с филлодоце обычно растет водяника, или, как ее называют северяне, шикша. В июне, когда и снег-то еще не успел сойти, на месте невзрачных, опыляемых ветром цветочков уже виднеются зеленые ягодки. В августе эти черные, похожие на клюкву, ягоды то и дело с треском лопаются под ногами. Водянику за черный цвет называют еще и вороникой. А водяника она потому, что ягоды у нее сочные, водя-

нистые, почти безвкусные и прекрасно утоляют жажду. Рядом с водяникой обязательно стелются, переплетаясь веточками, брусника, голубика и тощая березка. Но их мы еще не раз встретим и на вершинах сопков, и на плоских горных плато. Кстати, россыпи тундровых растений, та же брусника, шикша и голубика, встречаются на юге, например в Турции, на Шавшетском хребте, где они живут на высоте 3000 метров.

Стволик, закопавшийся на вершине

Наконец мы пришли на вершину сопки. Для Колымского нагорья типичны не островерхия вершины гор, а большие плоскогорья. Теперь остаток пути до самого спуска можно идти по ровным, словно отутюженным, плато. Иногда сквозь щебенку выступают останцы из гранита или известняка, между ними кое-где растут лиственницы. Их стволы возвышаются над поверхностью щебенки едва на один метр, а боковые ветви веером ложатся вокруг, образуя пушистые ярко-зеленые «юбки». Встречается и кедровый стланник. В отличие от предгорья здесь он растет не сплошными зарослями, а шаровидными приземистыми кустами с короткими ветками. И все-таки хозяева этих гор не деревья, не люди и не звери, а самые стойкие малютки растения горных тундр.

Эти удивительные крошки хорошо приспособились к жизни в неимоверно трудных условиях. Одни приняли вид ковриков и подушек, вторые спрятались в землю и мох, третьи подружились с лишайниками. Многие растеньица обзавелись плотной шубкой из листьев. Небольшие размеры позволили им спрятаться в более теплом приземном воздушном слое воздуха. Быстрое образование маленьких, но многочислен-



ЭКСПЕДИЦИИ

ных веточек, усеянных листочками, позволяет резко увеличить мощность фотосинтеза. В результате запас жизненных сил растения пополняется за очень короткий срок северного лета. Эти растения на высокогорных плато не угасают медленно и уныло, а, наоборот, активно осваивают жизненное пространство.

Вот, например, листопадный рододендрон камчатский. На первый взгляд кажется, что это травянистое растение. Там, где он растет, над щебенкой появляется травянистый ковер, по которому обильно разбросаны красные цветы. Они то объединяются в группы, то живут поодиночке. На самом деле, это не трава, а кустарничек, но такой маленький, что его деревянистый стебель едва виден над почвой. Зато под поверхностью почвы совсем иная картина.

Там лежит ствол рододендрона, от которого растут в разные стороны ветви, а от ветвей отходят тонкие беловатые столоны, похожие на нити. К этим стеблям-столонам маленькими прозрачными пленочками прилепились подземные листья. Без света они утратили свою форму и зеленый цвет. Столоны и стволы спасают рододендрон в зимнюю стужу, а летом они выходят на поверхность и покрываются листьями и яркими цветами.

Растению, живущему в экстремальных условиях, выгодно, когда у него ствол в земле. И не только у рододендрона камчатского тонкие стволы прячутся в поч-

ве. Еще один ярко-зеленый коврик — арктоус альпийский. Цветет он рано, едва пробьется сквозь жухлую, но неопавшую листву, которая закрывает от зимней стужи молодые побеги. Кисти цветков у него беловато-кремовые, похожие на изящные кувшинчики, в горлышко которых могут заползти только мелкие насекомые. Осенью же, с первыми заморозками, коврик преобразается. Причудливые орнаменты необычайно ярких, алых, подобных цветкам, листьев оттеняют низкие заросли то кремовых, то серых, а то и черных кру-

Малиновые цветы голубой филлодоце



Летний наряд рододендрона камчатского



Водяника.

Веточки растения стелются по земле и пускают корни. Часть из них отмирает, но некоторые остаются и со временем превращаются в стволы. Этому растению уже более трех сотен лет

Ива Хохрякова



жев кустистых лишайников.

У ивы клинолистной стволы толщиной в один-два пальца, а длиной не более 10 см плотно прижимаются к сухой щебенке. Вниз отрастает мощный, по меркам Севера, похожий на морковь корень, благодаря которому маленькое растение цепляется за сыпучий грунт и ветер его не выдувает. От стволика вверх, всего на 3–5 см, отрастают недолговечные стебельки, густо покрытые длинными листьями. Весной во время цветения на них появляются гигантские цветочные сережки, размер которых совсем не соответствует изящному стволу. Аналогично выглядит и ковер ивы Хохрякова, на котором длинные сережки возвышаются над веточками, покрытыми вечнозелеными листьями с пряным ароматом. Скачки приспособительной эволюции видоизменили побеги, но оставили прежними более консервативные цветки, которые должны вытянуться как можно выше и попасть под струю опыляющего их ветра.

Тарелки на мху

Подушки или расползающиеся в разные стороны ковры растительности — типичны для тундры. Но это не огромные, похожие на овец, растения среднеазиатских высокогорий, а небольшие подушечки, величиной с тарелку или кулак. Сходство с тарелкой усиливается тем, что подушечка втягивается в почву, прячась от мороза. Подушки-тарелки у смолевки ук-

рашены ярко-малиновыми цветами, у проломника — маленькими нежно-розовыми, а у лапчатки снежной — ярко-желтыми.

Отлично приспособилась к жизни в тундре диапенсия обратнойцевидная. Внешне она похожа на черепашку, величиной со спичечный коробок: круглый панцирь со спичечными ребрами, плотно прилегающими друг к другу листьями и несколько вдавлен по краям в почву. На верхушке панциря торчат цветоножки, венчающиеся крупными, по сравнению с растением-черепашкой, цветками, величиной с ноготь. Белые лепестки и ярко-желтые тычинки делают карликовую диапенсию хорошо заметной во

время цветения. После цветения завязи краснеют и издали смотрятся как цветы. Рядом с черепашкой-мамой встречаются маленькие круглые детки-черепашки, величиной с горошину. В сыпучий сухой грунт тундры извилистые корни постепенно втягивают плотную подушечку, защищая растение от холода. Этот карлик — самый маленький среди подушек.

Дриада, растущая на мху, может служить эмблемой Севера. Созданные ею ковры занимают на Севере огромные пространства. В них находят стол и дом тундряные куропатки, поэтому дриаду называют еще и куропаточьей травой.

Ее зеленовато-серые листья с резными краями плотно прижимаются к земле. С нижней стороны они густо опушены белосеребристыми волосками, препятствующими испарению. Над ними приподнимают головки цветы с белыми нежными лепестками, трепещущими при малейшем дуновении ветра.

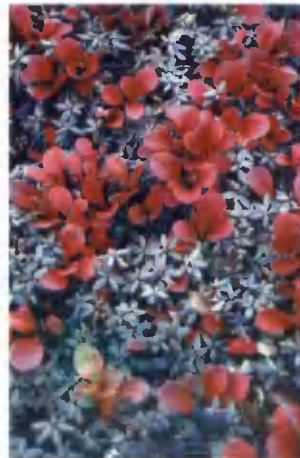
Рядом, на маленьких

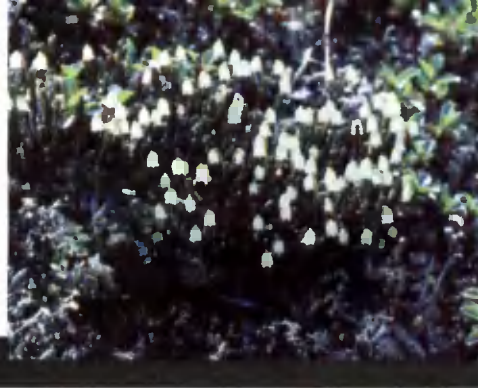
В тундре два времени года: зима и не зима.

Так цветет арктоус альпийский по окончании зимы.

На этой уникальной фотографии одновременно видны прошлогодние ягоды, пожухлые листья и новые цветы

А так выглядит тот же арктоус перед началом зимы. На концах веточек расположены не цветы. Это у него листья такие





Устройство
ковра
из дриады

Так выглядит
типичный
коврик
кассиопеи
издалека



ЭКСПЕДИЦИИ



болотцах, растут розовые, склоненные вниз колокольчики андромеды. Плотный лист отогнут в сторону и завернут на нижнюю сторону. Если потянуть за торчащий стебелек, лежащий в моховой подушке, за ним потянется белое корневище, которое пронизывает всю моховину. Это корневище дает все новые и новые отростки андромеды. Тут же прячет в мох плети побегов ива сетчатая, она высовывает наверх только листья, пронизанные сеточкой жилкок.

В мох забирается и кассиопея четырехгранная, чьи похожие на проволоку стебли снизу доверху плотно, как черепицей, закрыты маленькими листьями. На сухих местах разрастается в подушку кассиопея вересковая, которая мох не любит. Судьба этих двух видов очень не похожа. У них обоих стелющиеся по земле веточки растут, укореняются и переплетаются друг с другом. Но если у живущего на сухой щебенке растения получается одна подушка, то у растущего во влажном мху часть стволиков постоянно отмирает и из одного растения получается несколько. Это способствует захвату территории. Размножаясь таким способом, кассиопея четырехгранная расселилась почти по всей циркумполярной тундре, а вересковая заняла только Колымское нагорье.

И везде, где можно закрепиться, разрастаются разнообразные по цвету и форме лишайники. Порой они образуют настоящие симбиозы с высшими растениями, пример которого можно наблюдать у остролодки чукчей. Эта маленькая трава обычно растет на седловинах, там, где ветер особенно силен. Корень-морковка вытягивает розетку мохнатых сложных листьев, лежащих на грунте. А вокруг растения разрастаются черные кружева лишайников. Эти два организма приносят пользу друг другу: лишайник закрепляется на растении, которому от такого соседства становится теплее. Солнечные лучи при этом легко проникают сквозь лишайник к ли-



Герои тундры — мытники, которые
рискуют высоко подняться
над поверхностью почвы.
На фотографии мытник Одера

Остролодка чукчей
со своим сожителем-лишайником



стям.

Остролодка неспроста селится на самых продуваемых местах седловин. Через пару недель после цветения, в конце июля — начале августа, созревают плоды-коробочки. Размером они со сливу, то есть в два-три раза крупнее цветка. Плоды очень легкие, без труда отрываются от материнского растения и катятся под порывами ветра подобно перекати-полю, да так далеко, что перелетают с сопки на сопку, рассеивая мелкие черные семена, похожие на фасоль. Это не случайно: остролодка — бобовое растение.

Настоящие герои

В тундре не все растения стелются и закапываются, есть и прямостоячие. Это, например, мытники: красные, розовые или желтые. Самый красивый среди них и самый крупный — мытник Адамса. Над сухой щебенкой торчат высокие, до 30 см, розовые свечи. Они, подобно коконам, густо опушены белыми длинными волосками. В основании свечи расположена небольшая розетка листьев. После цветения розовый цвет пропадает, а свеча до самых холодов при каждом порыве ветра раскачивается и высевает из коричневых коробочек семена.

Путешествуя по плато, мы уже не обращаем внимания на березку тощую с круглыми, величиной с ноготь, листочками, голубику, бруснику или багульник. Мы охотимся за редкостями.

Через десять дней прилетает вертолет. Он привозит нас в поселок, где ждут друзья, цивилизация, баня. А затем новый поход в тундру. И так до осени. Далекий путь от тундры Колымского нагорья до Магадана. Домой мы доберемся только в сентябре, когда на Колыме ляжет снег и белым одеялом укроет мир самых-самых выносливых и стойких растений.



Соросовские олимпиады для школьников проводятся ежегодно по четырем предметам — математике, физике, биологии и химии. Мы начинаем публиковать некоторые задачи этих олимпиад с решениями и комментариями авторов. Номер задачи состоит из номера класса, номера тура и порядкового номера задачи на олимпиаде.

Задачи Соросовской олимпиады по биологии

9-1-4. а) Выберите из приведенного перечня животных, у которых самцы крупнее (в среднем) самок:

- 1) человеческая аскарида;
- 2) горилла;
- 3) гуппи;
- 4) обыкновенная кукушка;
- 5) лев;
- 6) лось;
- 7) луна-рыба;
- 8) морж;
- 9) павлин;
- 10) тетерев;
- 11) непарный шелкопряд.

б) Чем разным организмам может быть выгодно различие полов по размерам?

9-2-4. В ходе эволюции у жирафа увеличивалась длина шеи. Перечислите изменения в строении и работе органов, которые, по вашему мнению, сопутствовали этому процессу.

10-2-3. Весьма часто одноклеточные организмы и клетки многоклеточных организмов имеют на своей поверхности выросты. Перечислите функции, которые могут выполнять эти образования.

10-3-1. У многих животных среди совместно обитающих особей наблюдается жесткая иерархия — строго определенный порядок подчиненности и уступок одних особей другим. Каковы достоинства и недостатки этого свойства?

10-3-8. Предложите гипотезы о механизмах утомле-

ния мышцы — падения ее способности сокращаться в ответ на периодически получаемые раздражители. Как можно проверить ваши гипотезы?

11-2-6. Д-р Норд и д-р Зюйд из Зеландского университета (Нидерланды) изучали, какие гены ответственны за окраску шерсти у *Oryctolagus cuniculus* (т.е. у европейского дикого кролика). Д-р Норд выбрал в качестве объекта популяцию кроликов на острове Зеландия (Дания), а д-р Зюйд — популяцию кроликов в Новой Зеландии. И тот и другой обнаружили по 10 генов, влияющих на цвет шерсти. Однако картирование этих генов — выявление того, в какой хромосоме и на каком месте находится каждый из них, — дало странные результаты: на составленных д-ром Нордом и д-ром Зюйдом картах лишь пять отмеченных точек были общими. Почему? (Предложите как можно больше объяснений.)

11-3-4. Среди известных в настоящее время лекарств имеется великое множество препаратов, сбивающих температуру у больного. Каковы могут быть механизмы их жаропонижающего действия? Проанализируйте целесообразность использования различных снижающих температуру средств при разных заболеваниях.



Школьный клуб

Художник Е. Станикова



9-1-4. а) горилла, лев, лось, морж, павлин, тетерев. Основные идеи в п. б): различие размеров снижает конкуренцию за пищу, крупные самцы защищают самку, потомство, территорию, более крупные размеры самцов — следствие полового отбора (такие самцы чаще побеждают в «турнирах» и схватках за самку), крупные самки более плодовиты, крупные самки успешнее защищают свое потомство, мелким самкам легче прятаться от хищников, мелкие самцы паразитируют на самке или внутри нее, когда встреча полов затруднена (например, это свойственно некоторым глубоководным удильщикам).

Ясно, что в каждом конкретном случае «работает» лишь часть из этих факторов. Оценка идеи зависела от степени ее обоснованности. Например, если у одних животных потомство защищают самки, а у других — самцы, то надо объяснить, с чем это связано и почему данному виду дает преимущество защита потомства самцами.

9-2-4. Увеличение размера позвонков (но не их числа!). Увеличение мощности мускулатуры шеи. Удлинение пищевода, трахеи, ряда кровеносных сосудов. Изменения в строении передних конечностей и их костей (дополнительно оценивалось конкретное указание этих изменений). Большая нагрузка на передние конечности и связанные с этим изменения в мускулатуре. Изменение строения клапанов сосудов, объема сердца, толщины стенок левого желудочка, толщины артерий головы и ног. Увеличение мощности мускулатуры и костей грудной клетки. Увеличение мощности мускулатуры пищевода.

10-2-3. Выросты могут служить для решения следующих задач: передвижение (или себя относительно среды, или среды относительно себя), фагоцитоз, пиноцитоз, защита (например, стрекательные нити гидры), размножение (пили инфузорий), проведение импульсов по нервным клеткам, прикрепление к субстрату, образование межклеточных контактов, увеличение поверхности контакта клеток с внешней средой или друг с другом, передача питательных веществ от одних клеток к другим.

10-3-1. Сначала рассмотрим преимущества любой иерархии по сравнению с ее отсутствием.

1. Иерархия позволяет разместить на данной территории больше особей, так как подчиненным особям достается меньшая площадь.

2. Ритуалы предотвращают драки по каждому поводу, установленные на длительное время отношения экономят силы особей.

3. Иерархия сдерживает размножение, так как размножаются в основном доминанты. Это позволяет группе долгое время занимать одну и ту же территорию.

4. Наличие неразмножающихся особей позволяет осуществлять коллективные действия:

— совместную охоту;

— совместное выкармливание детенышей доминанта;

— совместную защиту потомства.

При этом молодые особи низкого статуса обучаются выполнять многие действия, которые могут пригодиться в дальнейшей жизни, а разделение функций приводит к более эффективному их исполнению стаей (стадом) в целом.

Следует отметить, что перечисленные выше свойства хотя и существенны, но не обязательно свойственны всем сообществам с иерархической структурой. Например, каждый, кто держит или держал дома кота, прекрасно знает, что наличие сложных иерархических отношений вовсе не препятствует размножению «начальственных» котов. А площадь кормовой базы, сэкономленная за счет создания стаи обезьян, часто становится нейтральной зоной между группами, куда могут изгоняться подрастающие самцы.

Главным недостатком иерархии, по-видимому, является необходимость затрат большого количества энергии на «социальную жизнь» — разного рода ритуальные контакты, в ходе которых контролируется статус особей в группе.

К тому же после гибели доминанта (при передаче иерархической структуры) в течение какого-то времени в группе происходят многочисленные конфликты, что невыгодно для нее в целом.

В случае жесткой иерархии с монопольным размножением доминанта к недостаткам следует отнести и обеднение генетического разнообразия популяции.

10-3-8. Выделим следующие группы причин.

1. Истощение запаса веществ-энергосносителей, необходимых для сокращения мышц, в ней самой или во всем организме. Энергосносители можно разделить на короткоживущие (АТФ, креатинфосфат и аргининфосфат) и долгоживущие (глюкоза, гликоген и др.). К дефицитам энер-

госносителей можно отнести и нехватку кислорода.

2. Накопление вредных метаболитов и изменение внутримышечной среды во всем организме (например, pH). Типичный случай — накопление молочной кислоты и закисление цитоплазмы мышечных клеток.

3. Кажущееся утомление в результате торможения моторных нейронов при работе мышцы на постоянно действующий раздражитель.

4. Другие причины; например, нарушение кровообращения, которое вызывает возникновение условий, относимых к группам 1,2.

Рассмотрим два более хитрых соображения.

5. Рефрактерность. С увеличением частоты нервных импульсов, подаваемых по аксону, мышца сначала сокращается все чаще и чаще, потом переходит в непрерывное «судорожное» сокращение, и, наконец, происходит расслабление мышцы вследствие неспособности реагировать на внешнее раздражение до восстановления потенциала на клеточной мембране.

6. Истощение запасов нейромедиатора в синапсах. Реально такая ситуация возможна только при искусственной стимуляции моторных нейронов.

Проверка гипотез может осуществляться:

1) на целом организме;

2) на изолированной мышце;

3) на мышце, отпрепарированной с участками нервных тканей, управляющих ее деятельностью.

Проверка сводится к измерению концентраций энергосносителей и метаболитов в мышце и выяснению связи интенсивности сокращений с этими концентрациями. При анализе утомления, обусловленного деятельностью нервной системы, необходимо выявить разницу в интенсивности сокращений при раздражении моторных нейронов (или других участков нервной системы) и непосредственно самой мышцы. Можно также попытаться снять утомление, вводя тем или иным способом в цитоплазму мышечных клеток энергосносители, или создать утомление, вводя метаболиты. Можно просто вводить вытяжку из утомленной мышцы в неутомленную или наоборот (при этом возникнут



различные трудности, связанные с необходимостью сохранения неизменного вида этой вытяжки).

11-2-6. Значительная часть школьников просто упоминала те или иные генетические или эволюционные факторы без анализа того, как эти факторы вызвали описанный в условии задачи эффект. Похоже, что многие участники олимпиады и не ставили перед собой такой цели, стремясь лишь продемонстрировать знание всевозможных терминов: «В результате ненаправленной наследственной мутационной изменчивости под действием естественного отбора и борьбы за существование...» Такого рода пассажи никаких баллов не приносили. Итак, незачетными являются «объяснения»:

- эволюция;
- естественный отбор;
- дивергенция;
- влияние условий обитания на гены;
- отличие природных условий (в некоторых работах подробно описывались климатические особенности Зеландии и Новой Зеландии — их, видимо, предлагалось считать причиной перемещения генов);
- генные мутации (появление новых аллелей не изменяет расстояния между локусами!);
- кроссинговер (обмен между гомологичными хромосомами не изменяет расстояния вдоль хромосом!).

Многие школьники не осознали, что речь идет о внутривидовой эволюции, причем скрещивание сравниваемых форм

дает вполне жизнеспособное потомство. Не засчитывалось и еще два вида объяснений:

- некорректно проведенные опыты по картированию (хотя допустить такой вариант можно, но вряд ли эту идею школьника стоит как-либо оценивать в одном ряду с его биологическими знаниями);
- недостаточное число животных в опыте (эта идея может быть исходной в каких-то объяснениях, но оцениваются лишь доведенные до конца рассуждения).

Перейдем теперь к разумным объяснениям.

1. Мутации, изменяющие положение генов (хромосомные мутации). Дополнительно оценивалось конкретное указание разных видов таких мутаций: инверсии, делеции, транслокации, дупликации.

2. Всего за окраску отвечает не менее пятнадцати генов, но ни тот, ни другой исследователь не открыли все эти гены. Из выявленных ими «десяток» совпало пять генов.

3. Если в популяции часть генов представлена лишь одной аллельной формой, то такие гены не могут быть выявлены путем скрещиваний. Причиной же различия может быть отсутствие разнообразия аллелей у исходных предков популяции («Эффект основателя», разумное объяснение для случая Новой Зеландии) или отбор (скорее всего, по «побочному» действию этих генов).

4. Популяции исходно различались по расположению генов вследствие «эффекта основателя».

5. Транслокация привела к тому, что одна из групп сцепления стала по расположению отвечающих за окраску генов отождествляться с другой.

6. Одна из карт составлена по данным о частотах кроссинговера, а другая — путем прямого гистохимического окрашивания выявленных активных генов.

7. Хотя гены, непосредственно обеспечивающие окраску, одинаковы, но популяции отличаются по генам-регуляторам или модификаторам. Действие этих генов может зависеть от природных условий, например, они могут включать ген, ответственный за синтез пигмента, лишь при определенной температуре.

Идея о том, что набор хромосом был изменен в результате скрещивания с другим видом, хотя и разумна, но вряд ли правомочна для указанного в задаче животного.

11-3-4. Причины повышения температуры человека выше нормы (повышение до нормы при переохлаждении в данной задаче не рассматривается) могут быть различны:

- перегревание;
- воспалительная реакция при аутоиммунном заболевании, в ответ на вторжение чужеродного агента, опухолевый рост или механическое повреждение;
- гормональный дисбаланс (например, при тиреотоксикозе);
- нарушение механизмов терморегуляции, регулируемых центральной нервной системой (гипофизарная недостаточность, «эмоциональная лихорадка» и др.);



«Мисс
Милли
Метр»

Многие единицы измерения физических величин названы (или назывались раньше) в честь ученых. Сокращенные названия этих единиц пишут с прописной буквы, например 5 А, 220 В. Взяв любой физический справочник, в таблице единиц измерений вы обнаружите единицы, названные в честь Дальтона,

Эйнштейна, Ангстрема, Ферми, Герца, Ньютона, Уатта, Паскаля, Торринелли, Джоуля, Цельсия, Фаренгейта, Реомюра, лорда Кельвина, Пуассона, Вольты, Ампера, Ома, Сименса, Фарадея, Кулона, Генри, Тесла, Гаусса, Эрстеда, Вебера, Савара, Беккереля, Кюри, Резерфорда, Гильберта, Дебая, Грзя, Зиверта, Максвелла, Непера, Рид-

берга, Рентгена и так далее. Можете ли вы назвать соответствующие единицы?

Галерея портретов ученых, по именам которых названы физические единицы, есть в научном музее голландского города Эйнховена. Портреты или фотографии снабжены краткими биографиями. Когда в 1975 году в музее побывали

— аллергическая реакция;
— последствия введения в организм так называемых пирогенов.

Исходя из этого, можно указать следующие группы лекарств по механизму действия.

1. Собственно жаропонижающие вещества:

— уменьшающие теплопродукцию (замедляющие окислительные процессы в тканях);
— увеличивающие теплоотдачу (активирующие потоотделение, расширяющие поверхностные капилляры, изменяющие их проницаемость);
— влияющие непосредственно на центры терморегуляции в гипоталамусе.

Сюда же относятся средства, не применяемые практически, но обладающие указанным действием:

— миорелаксанты (дрожь при ознобе — сокращение отдельных мышечных волокон, приводящее к росту теплопродукции);
— вещества, воздействующие на терморецепторы, которые, в свою очередь, заставляют иначе функционировать центры терморегуляции;
— снижающие частоту сердечных сокращений (она часто, хотя не всегда, связана с температурой тела).

Лекарства, обладающие такой и только такой активностью, встречаются и используются нечасто, но при очень высоких температурах тела (выше 40 градусов), когда перегрев сам по себе опасен для жизни, имеет смысл их применить.

2. Не будет ошибкой написать об антибиотиках, сыворотках, интерферонах: устраняя причину воспалительной реакции, мы можем существенно снизить время лихорадки, что будет напоминать в некоторых случаях эффект жаропонижающего лекарства. Сюда же относятся препараты, «очищающие кровь» (и не только ее) от аллергенов и токсинов: например, активированный уголь.

3. Противовоспалительные средства (в частности, хорошо известные аспирин, амидопирин), которые являются одновременно болеутоляющими и жаропонижающими. Они мешают воспалительной реакции следующими способами:

— подавление синтеза простагландинов на разных этапах;
— задержка миграции лейкоцитов в область воспаления;
— нарушение синтеза веществ, необходимых для энергетического обеспечения воспаления;
— увеличение хромосомных aberrаций в лимфоидных клетках и др.
Засчитывались и описания других механизмов, если они имеют отношение к жаропонижающему эффекту.

4. Иммунодепрессанты, как можно догадаться из названия, подавляют иммунную систему или отдельные ее элементы: препятствуют образованию комплексов антиген-антитело и разрушают «уже готовые», угнетают жизнедеятельность и деление лимфоидных клеток (всех или отдельных клонов) и т.д.

В каких случаях какие лекарства применять? Довольно очевидны и не очень интересны аргументы, связанные с индивидуальной лекарственной непереносимостью или несочетаемостью разных медикаментов.

При выборе лечения надо понять:

1. Надо ли в данном случае снижать температуру?

Про случай очень высокой температуры мы уже говорили. Впрочем, иногда температура сама по себе — фактор лечения. Пиротерапия излечивающе действует на больной орган или поражает возбудителя (например, при сифилисе). Если же снижение температуры есть следствие подавления воспалительной реакции, то при скоротечных инфекциях этим увлекаться не следует. Яркий пример — брюшной тиф, при котором снижение температуры лекарствами усугубляет течение болезни и дает осложнения. А если речь идет об аутоиммунном заболевании (ревматизм, системная красная волчанка и др.), то воспалительная реакция вызывает серьезное поражение тканей. В таких ситуациях воспаление надо подавить и лечить заболевание другими методами.

2. Каким способом в данном случае снижать температуру? Ответ фактически уже дан в вышеперечисленных соображениях.

Предложения по конкретным заболеваниям оценивались, исходя из степени их разумности и понимания механизмов действия лекарств.



ко лет при дворе в Париже. Пользовалась большим успехом благодаря своей красоте, однако после падения Наполеона потеряла свое влияние. Скончалась в нищете в Ментоне.

Хотя у историков и возникли подозрения, они все же, возвратившись в США, решили разузнать что-либо о Милли Метр. Дж. Уоттс незадолго до этой поездки написал статью о роли женщин в химии до 1900 года. Он знал, что единственной женщиной, давшей название единице измерения, была Кюри. Поэтому невозможно было просто взять и выбросить из головы информацию из уважаемого музея. Однако никакой информации не обнаружилось, и в итоге они написали в музей. Ответ не заставил себя ждать.

Портрет принесли в 1966 году дизайнер музея Джеймс Гарднер. Он решил, что на выставке, посвященной важным и серьезным вещам, должно быть что-нибудь такое, что заставило бы посетителей улыбнуться. Кто именно изображен на портрете, в точности неизвестно; возможно, это прачка Катерина Хюбшер, которая стала известна благодаря пьесе французского драматурга Викторьена Сарду (1831—1908) «Мадам Сан-Жен».

В действительности слово «метр» происходит от греческого *metron* — измерять. Вначале метр был определен как одна десятиллионная часть четверти земного меридиана, проходящего через Париж. Потом — как длина эталона, изготовленного из сплава платины и иридия. Затем как 1 650 773,73 длины волны в вакууме излучения, отвечаю-

щему одной из спектральных линий атома криптона-86. Сейчас метр определен как длина пути, которую свет проходит в вакууме за 1/299 792 458 секунды. А «мили» происходит от латинского *mille* — тысяча и в настоящее время означает одну тысячную часть какой-либо физической единицы. От этого же слова происходит и единица длины миля (примерно 1600 м). Эта единица возникла в Древнем Риме и называлась *mille passuum*; тот же корень можно найти в слове «па» (в танце) — от французского *pas* — шаг (читается «па»). *Mille passuum* — тысяча шагов: это была тысяча двойных шагов римского легионера в походе. Существует еще и морская миля, которая равна 1852 м; но из этого не следует, что на воде римские легионеры имели более широкий шаг.

И.А.ЛЕЕНСОН



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

Из угла — на самом бешеном драйве, какой только можно изобразить на дрянной шестиструнной «ленинградке», — песенка, что-то новенькое, кстати, я еще не слышал.

«Сны под ногами, сны под ногами, мы — это сны под ногами богов!..»

Тоже вариант. Чаше надо выбираться, чаше. Лиц стало чуть ли не вполтора больше. Присмотримся-ка: нам по имиджу положено всех знать. Да и любопытные экземплярики попасться могут. Я, в конце концов, профессионал.

— Женька, мажор хренов! Гони десятку — мы до киоска!

Я лениво, но без пренебрежения, оборачиваюсь на голос:

— Возьми в куртке...

Песня-песенка кончается, бардесса сует нос в стакан и с деланным изумлением обнаруживает, что он пуст. Кто-то из статистов мгновенно и услужливо подливает ей из своего. Она величественно кивает, но я ловлю ее смеющийся взгляд.

Ого! А девочка-то — умница, похоже. Тэк-с... Кругленькая, небольшая, очень живая. Руки забавные: полные ладошки и сильные тонкие пальцы... Ну и что мы скажем про даму данную?.. Психотип, скорее всего, «ланселот», хотя, как вариант, — «вертер», тут порой бывает сходная повадка. Соционика — лженаука, ха-ха!..

— Тэсси, спой еще.

Девочка охотно берется за струны... Да, скорее «ланселот»...

Из темноты коридора появляется Пахом, Пахомушка, паладин несуществующих идеалов, ярый противник копания в чужих мозгах. Он пошатывается чуть, хотя явно не пьян. Изображает? Сейчас узнаем.

Пахом ломко падает на колени у кресла, цапает чей-то стакан, картинно запрокидывает голову, отхлебывая.

— Женька, молчи. Молчи и слушай. — Тихий голос, надломленный. Плохо ему, маленькому... — Я больше не могу без нее. Сколько запросишь — плевать, но сделай, чтобы она стала моей. — С большой ненавистью смотрит снизу вверх: — Видишь, я пришел к тебе. Ты победил, ты был прав, ты все знаешь лучше, чем я. Мне плевать. Я не могу без нее.

Жаль. Он хорошо держался. Что ж, работа есть работа.

— Тысяча. И неделя.

Тысяча — недорого, но, во-первых, с клиента надо брать столько, сколько он может заплатить, а во-вторых, работа будет несложной. Я неплохо знаю обоих.

— Сволочь, — шепчет он. Он ненавидит меня, но ничего не может сделать. Все как обычно. Ничего, переживем.

— Сделаешь?

— Я профессионал.

Лев Лобарев

Корректор, к вам посетитель.

Я лениво тянусь к дистанционке и включаю камеру. В кабине лифта — молодой человек в невероятно дорогом костюме и с «дипломатом» в руке. Ух ты! Зачем такому услуги Корректора? Нестандартно! Такие мальчишки, как правило, не претендуют на большее, чем то, что можно купить за деньги... А разве мои услуги — это не то, что можно купить за деньги?

— Здравствуйте.

— Здравствуйте.

Улыбаюсь. Корректор — это еще и от слова «корректный».

— Мне нужна ваша помощь.

— Конечно. Я вас слушаю.

Он открывает «дипломат»:

— Медицинское заключение, астропрогноз, комплект документов и отчетов по ситуации, которая сложилась сейчас. Нужно, чтобы человек приобрел некоторый набор дополнительных качеств, которых у него на данный момент нет.

Он хорошо подготовился. Я уже почти хочу с ним работать. Я тоже ценю корректность...

— Отношение к Уголовному кодексу?

— Не коррелирует.



ПРОФЕССИ

Ишь, какие слова знает!.. Крайне забавный молодой человек. Не-стан-дарт-но.

— Какие качества? Вкратце.

В отличие от большинства моих заказчиков, этот сможет действительно вкратце. Он прищуривается, сосредотачиваясь:

— На данный момент клиент отличается несколько большей, чем мне хотелось бы, доверчивостью и некоторой дешевой сентиментальностью. Фактически мне нужно, чтобы из щенка, не нюхавшего жизни, он превратился в опытного, спокойного, расчетливого,... скажем, политика. Конечно, со временем это произошло бы и так, но времени у меня нет.

— Возраст?

— Двадцать один год.

— Срок?

— Четыре недели.

— Хорошо. Оплата?

— Тройная от того, что вы обычно берете за экстраполяцию.

Он еще и ориентируется в вопросе. Ну-ну.

— Фото клиента.

— Не нужно. Клиент — я.

Оп-па!..

Что ж. По крайней мере, с ним будет приятно работать. В конце концов, я профессионал.

У писателя самая лучшая книга — всегда впереди. У Корректора самое лучшее — это самый странный заказ. Не самый сложный, а именно

самый странный. Когда человек понимает, что его сознание — его личность — можно гранить, как кристалл, и от этого он станет только красивей, то он проявляет потрясающую изобретательность в выборе форм. Это привлекает моей работе интереса. Можно сказать, что наиболее забавные огранки я собираю. Коллекционирую. Клиенты об этом, конечно, не подозревают.

Для них я просто профессионал.

Телефон? Точно, телефон.
— Милый, это я.
— Привет, родная.
— Ты сейчас занят?

— Ну что ты, для тебя я всегда свободен.

— Ты знаешь... Только не сердись. Мне нужна твоя помощь.

Ну, конечно! Что ж, она держалась дольше прочих.

— Все, что угодно, хорошая моя.

— Я хочу тебя разлюбить.

На миг я забываю обо всем.



ФАНТАСТИКА

— Почему?!

Она — слышу по голосу — тихо улыбается.

— Мы все равно не станем жить вместе. Ты никогда не подпустишь меня к себе. А я страшно устала чувствовать себя половинкой неизвестно чего. Я хочу тебя разлюбить. Пожалуйста! Я хочу жить. -Пауза.— Я заплачу тебе.

Не надо! Пусть это будет моим прощальным подарком.

— Хорошо. Я сделаю для тебя скидку...

Вот так. С другой стороны, этого можно было ожидать. Ладно. В конце концов, я — профессионал.

Корректор, к вам посетитель. Щелкаю дистанционкой. Оп-с... А это уже более чем забавно. В лифте, прижимая к себе

сумочку, стоит девочка-бардесса из Виталькиной компании. Как ее?.. Тэсси. Ну-ну.

— Здравствуй, Женя.

— Здравствуй.

Чуть холоднее, чем обычно: мне надо, чтобы она забыла, что мы знакомы. Впрочем, она, похоже, это сообразила и сама. Лишь в глазах опять зажглись искорки смеха.

— Корректор, мне нужна ваша помощь.

Переигрывает. Могла бы и не сбиваться на «вы». Ну ладно.

— Конечно.

— Есть один человек... Я хочу, чтобы он изменился. Вы сможете это сделать?

— Конечно, Тэсси. Говори.

— Понимаете, он сейчас какой-то неживой. Холодный, ровный. Всегда контролирует ситуацию, все просчитывает. А я хочу, чтобы он стал... живым. — Ну и терминология у нее!.. — Скажите, это реально?

Конечно, реально: легкая разбалансировка системы, дискредитация поведенческих наработок, активация пары-тройки комплексов.

— Да, это реально.

На стол ложится плотный конверт и перетянутая резинкой стопка банкнот.

— Когда нужен результат?

— Я не знаю... Месяца вам хватит?

— Десять дней. Может быть, две недели.

— Хорошо...

Дверь за ней закрывается. Я разрываю конверт и достаю фотографию.

Я смотрю на нее и медленно встаю.

Подхожу к зеркалу.

Смотрю на свое отражение. На фотографию. На свое отражение. На фотографию. На свое отражение. И вдруг отражение начинает неудержимо хохотать.

Да уж, это будет моя лучшая книга. Ведь я, в конце концов, профессионал.

ОНАЛ

**СЫРЬЕ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА
КОСМЕТИКИ**

**ПАВ, ОТДУШКИ, КОНСЕРВАНТЫ
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ**



Markell
ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА

lectat
chemie
VOPELIUS

**КОНСУЛЬТАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЦЕПТУРАМ
ПРЯМЫЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ**

936 2636/41, 966 0709

**ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ
ПОСТАВКИ ПОД ЗАКАЗ
СО СКЛАДА В МОСКВЕ**

745 0074, 306 0659

ДАЛХИМ **STREM**
Эксклюзивный агент Strem Chemicals (USA) в России

Поставки импортных реактивов по заказам и со склада
Собственное производство реактивов
в лабораторных условиях и реакторах

МОС*:	Металлоцены Ti, Zr, Hf, Mg, Sr, Ba, V, Nb, Ta, Mn, Fe, Co, Ni и лантаноидов, мостиковые цены, алкилметаллы (включая бутиллитий и реактивы Гриньяра), производные дипивалоилметана
Фосфор-ОС*:	Триалкил- и триарилфосфины, моно- и диалкилхлорфосфины, дифенилхлорфосфин, дифенилфосфин
Лиганды для МОС*:	Дициклопентадиен, пентаметилциклопентадиен, дипивалоилметан
Растворители*:	Диметоксизтан, тетрагидрофуран, гексаны, ди-н-бутиловый эфир

*Приведенные примеры не ограничивают список классов и соединений

А также катализаторы и оптически активные катализаторы, хлориды редкоземельных металлов, фтор-ОС, алкил- и арилгалогениды, гидриды металлов (включая литийалюминийгидрид), реактивы электронной чистоты, летучие соединения для МОСVD&CVD и многое другое.

Тел.: (8312) 753-772; факс: (8312) 750-799;
e-mail: dalch@kis.ru, www.dalchem.nnov.ru
ООО «ДАЛХИМ», 603000, Нижний Новгород, А/Я 634

SYNOR ООО «СИНОР» —
официальный дилер
корпорации «SIGMA – ALDRICH»

предлагает различные химические материалы, реактивы, приборы и лабораторное оборудование, которые производят и поставляют компании:

SIGMA

Реактивы для естественно-научных исследований

ALDRICH

Органические и неорганические реактивы для химического синтеза и микроэлектроники

Fluka

Специализированные реактивы для аналитических и исследовательских целей

SUPELCO

Хроматографические продукты для анализа и очистки

Redel-de-Haën

Лабораторные реактивы для исследовательских и аналитических целей

Вы можете заказать каталог любой из этих компаний или обратиться к нам по телефонам

в Нижнем Новгороде:
(8312)

41-47-46;

41-36-74;

41-76-96 (тел./факс)

в Москве:
(095)

975-33-21;

975-40-27

представительство
«ТехКэр Системс, Инк.»

ГХ ОТ НР

азовый хроматограф

ASKARD
EWLETT

У любого специалиста, хоть немного проработавшего в лаборатории, возникает устойчивая ассоциация «газовый хроматограф» (ГХ) — «Hewlett Packard» (НР). Хроматографы этой фирмы у нас знают давно: первый прибор в СССР был закуплен для экспертно-криминалистической службы МВД в 1969 году. В лабораториях институтов и предприятий до сих пор работают сотни стареньких, заслуженных газовых хроматографов НР, на которых сделана масса интересных исследований и важных анализов.

Такая репутация приборов НР соответствует положению фирмы в хроматографическом мире — «Hewlett Packard» действительно самый крупный разработчик и производитель газовых хроматографов: первые ГХ с маркой НР были выпущены в 1965 году, а сегодня компания занимает первое место в мире по объему продаж, удерживая 36% мирового рынка. На долю остальных производителей (их более двадцати) остается 64%. Причина успеха в том, что с самого начала НР активно финансировала научно-технические разработки в этой области — почти каждый год появлялся новый прибор. Наряду с текущими усовершенствованиями фирма НР сделала ряд ключевых открытий в хроматографическом приборостроении, выдвинувших компанию на передовые позиции.

Так, в 1969 году НР разработала первое приспособление — автосамплер — для автоматического ввода пробы в прибор. Это была революция — хроматограф стал работать круглосуточно, по заданной программе без оператора. В 1979 году НР первая сделала капиллярные

колонки из плавленного кварца (SiO_2), что также было настоящим прорывом в газовой хроматографии. До этого колонки делали из стекла (они отличались исключительной хрупкостью) или металла (при высоких температурах в колонке металл катализировал реакции распада). Новые кварцевые колонки были прочные, инертные, вместе с тем тонкие и гибкие, поскольку снаружи их покрывали лаком. Поскольку свойства колонок стали одинаковыми, это упростило разработку методик и их воспроизведение на других хроматографах. Для ввода пробы НР разработала под эти колонки специальный инжектор, что позволило воспроизводить результаты анализов и сделать приборы частью технологического контроля на многих предприятиях фармацевтической, нефтехимической и пищевой промышленности. При этом ГХ 5890, на котором внедрились все новые разработки, признали **индустриальным стандартом**. Ученые НР не обошли вниманием и высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) — новый детектор использовал диодную матрицу, а потому позволял определять разделенные вещества одновременно по нескольким длинам волн и идентифицировать их по спектру поглощения. Следующим эпохальным событием было создание в 1989 году уникального блока — атомно-эмиссионного элементного детектора, который обнаруживал в разделенной смеси все элементы, кроме гелия.

За 35 лет НР выпустила много хороших хроматографов, но некоторые модели были особенно удачными. Российские аналитики лучше всего знают ГХ 5730 и 5740. Их выпускали до 1984 года, пока не появился ГХ 5890, который моментально стал ли-

дером продаж во всем мире. ГХ 5890 в разных модификациях выпускали более десяти лет и сняли с производства только в 1996 году. Впрочем, после этого, по просьбам трудящихся, фирма сделала его удешевленную модификацию 4890, которую можно купить и сегодня.

И наконец, о самых последних моделях, выпускаемых фирмой (напомним, что в прошлом году НР разделилась и аналитическими приборами теперь занимается «Agilent Technologies» — см. «Химию и жизнь», 2000, № 1). В 1995 году появился **ГХ 6890**, в который впервые был встроен модуль, автоматически управляющий потоками газов. То есть теперь не надо, периодически сверяясь с манометром, крутить ручки, увеличивая или уменьшая поток газоносителя в хроматографической колонке. Новый хроматограф, ориентированный в основном на научные исследования, позволяет работать в режиме постоянного потока, что улучшает хроматографическое разделение и уменьшает время анализа пробы. В 1998 году появился более простой и компактный **ГХ 6850**. Он значительно дешевле, чем 6890, поскольку предназначен для рутинных серийных анализов, но вместе с тем обладает всеми преимуществами газовых хроматографов последнего поколения. Существует еще портативная, **переносная модель ГХ** для анализа газов вне лаборатории — в поле или в шахте, — который весит всего 10 кг и работает от аккумулятора. Несмотря на то что моделей всего три (не считая переносной), они имеют большое число вариаций, поскольку комплектуются по желанию заказчика. Каждый прибор, который поставляет дистрибьютор «Agilent Technologies», получается абсолютно индивидуальной американской сборки и сделан для выполнения конкретной задачи.

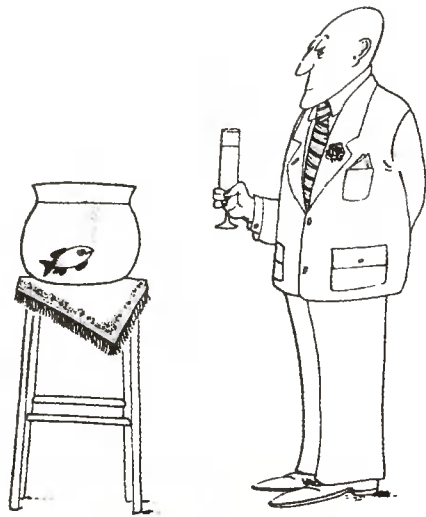
В 2001 году «Agilent Technologies» выступит с новой инициативой. Все пользователи ГХ серии 5890 смогут получить уникальный кредит на приобретение нового прибора, если они примут декларацию больше не использовать свой старенький ГХ 5890 (сам прибор можно оставить себе на память).



По всем интересующим вопросам
обращаться к официальному дистрибьютору

Agilent Technologies — фирме Interlab

101472 Москва, Вадковский пер., 1.
Тел. (095) 973 2033/2034/2035. Факс 755 7761.
E-mail: interlab@apg.ru <http://www.apg.ru>



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Прозревшие рыбы

Группа американских исследователей обнаружила, что пересадка хрусталика может привести к тому, что у незрячих пещерных рыб вместо обычных недоразвитых глазных яблок будут развиваться нормальные глаза с радужкой и зрачком.

Ученые исследовали небольшую рыбку *Astyanax mexicanus*, которая живет в Северо-Восточной Мексике. У этой рыбки есть две разновидности: слепая, обитающая в пещерах, и зрячая, живущая на поверхности воды в небольших речках. Эмбрионов пещерных рыб природа наделила зачатками глаз. Однако развивающийся хрусталик вскоре начинает дегенерировать, поэтому у взрослых рыб остается лишь сморщенный зачаток глаза, закрытый кожной складкой.

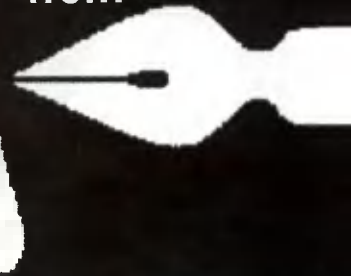
Ткани, из которых должен был развиваться хрусталик, исследователи пересадили из эмбриона зрячей рыбы в глазную ямку эмбриона пещерной. Операцию проводили только на одном глазу, а второй оставляли для контроля. Два месяца спустя на оперированной стороне развился крупный глаз с хорошо различимым зрачком, роговицей и радужкой. Кроме того, в сетчатке этого глаза обнаружили красные фоторецепторные клетки, которые практически не встречаются в дегенерировавших глазах пещерных рыб. Таким образом, хрусталик стимулировал развитие тканей глаза, которые были утеряны в процессе эволюции миллионы лет назад.

Затем ученые провели обратный эксперимент: пересадили ткани будущего хрусталика из глаза пещерной рыбы в глазную ямку зрячей. Оказалось, что в этом случае у зрячей рыбы появляется такой же дегенерировавший, неполноценный глаз, как и у ее пещерных сородичей. По мнению Уильяма Джеффери из Мэрилендского университета, изменение хрусталика — основная причина дегенерации глаза у пещерных рыб («Science», июль, 2000, № 289).

Подобные исследования могут помочь при разработке новых способов лечения слепоты. Тем не менее ученые пока не знают, какие еще факторы участвуют в развитии глаза, и собираются провести дополнительные эксперименты. Предварительные данные показали, что хрусталик — это основа сигнального механизма, который каким-то образом заставляет глаз развиваться.

О.Лазарева

Пишут, что...



...в октябре 1999 г. среднесписочная численность работников в химической и нефтехимической отраслях России составила 802,4 тыс. человек, или 6,7% от всех занятых в промышленности («Вестник химического производства», 2000, № 1, с.28)...

...для обеспечения себя продовольствием человечество должно к 2020 г. увеличить производство зерна, клубней и овощей минимум на 40%, мяса — на 63% («Физиология растений», 2000, № 3, с.43)...

...за дни и недели до землетрясения в почвенных газах обычно в несколько раз повышается концентрация радиоактивного радона («Химическая физика», 2000, № 6, с.72)...

...по данным ЮНЕСКО, за последнее столетие от наводнений погибли около 10 млн. человек, а от землетрясений и ураганов — примерно 2 млн. («Водные ресурсы», 2000, № 3, с.261)...

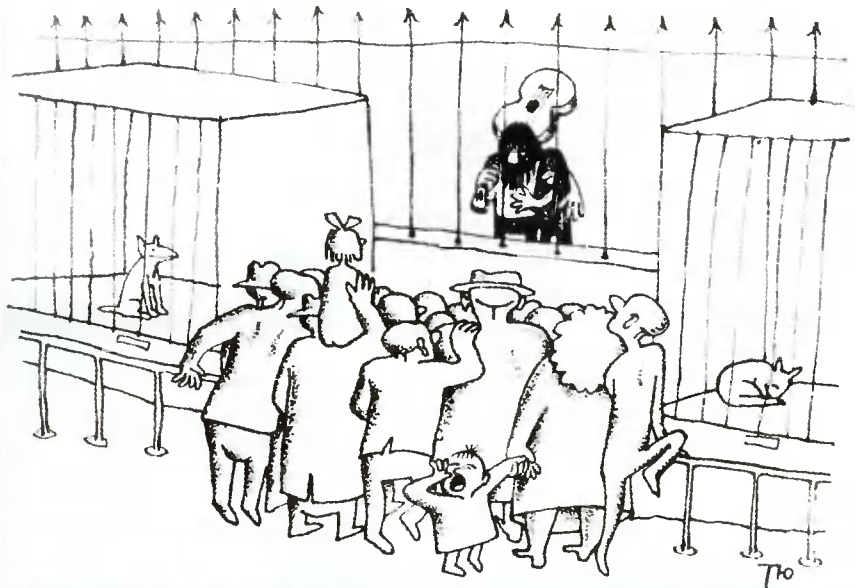
...среди московских парков наиболее загрязненную тяжелыми металлами почву имеют Сокольники, далее идут Воробьевы горы, Измайлово и Кунцево («Почвоведение», 2000, № 6, с.758)...

...на территории России около 2,5 млн. рек, 2 млн. пресных и соленых озер, более 30 тыс. водохранилищ и гидроузлов («Водоснабжение и санитарная техника», 2000, № 5, с.2)...

...уже к 2001 году размеры Международной космической станции станут такими, что в ночном небе она по яркости будет уступать лишь Луне, Венере и Сатурну («Независимая газета», 5.8.2000)...

...из клинически зарегистрированных беременностей 15% заканчиваются спонтанными абортными и выкидышами, причем не менее половины из них обусловлены генетическими причинами («Архив патологии», 2000, № 3, с.6)...

...заболеваниями наружных и внутренних половых органов как мужчин, так и женщин должны заниматься одни и те же врачи-андрологи («Андрология и генитальная хирургия», 2000, № 1, с.116)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Шимпанзе-кулинары

Долгое время использование орудий труда считалось прерогативой человека. Сегодня ученые признают, что и животные способны к подобной деятельности. Безусловное первенство в этом принадлежит обезьянам. Так, шимпанзе при добычании пищи нередко используют различные приспособления: например, засовывают длинный прутик в термитник, а потом вынимают его и слизывают сидящих на нем насекомых или разбивают камнями кокосовые орехи. Правда, эта деятельность направлена только на добычу пищи, а не на ее приготовление.

Однако недавно испанские зоологи обнаружили у шимпанзе кулинарные способности. Они наблюдали за шимпанзе Линдой, которая жила в зоопарке Мадридского университета. Прежние хозяева вырвали у бедной обезьянки все зубы, чтобы она не кусалась, и Линда научилась готовить себе особую пищу. Она брала яблоко и терла его об острый угол вольера, а затем слизывала яблочную мякоть и сок. Необычное поведение Линды заметили другие обезьяны и начали его копировать. Вскоре эту технологию обработки пищи переняли все взрослые животные, кроме доминантного самца и его супруги. Шимпанзе-гурманы стали измельчать яблоки, морковь, лимоны и апельсины. При этом менялась не только структура, но и вкусовые качества пищи. На обработку каждого фрукта шимпанзе тратили разное количество времени («New Scientist magazine», август, 2000).

Остается неясным, поступают ли так шимпанзе в родных лесах или же подобное поведение — результат жизни в неволе? Самюэль Фернандес-Карриба, специалист по приматам, считает, что на воле животные не могут позволить себе тратить время на обработку пищи, а в зоопарке свободного времени у них много и вполне можно заняться кулинарией. Так что в стремлении вкусно поесть человек не одинок.

Н.Маркина

...после распада СССР на территории Украины остались 6475 танков (России — 10 333), 7153 бронетранспортера (России — 16 389), 3392 артиллерийские установки (7719), 1431 самолет (4164), 285 вертолетов (1035) («Экономика Украины», 2000, № 6, с.71)...

...первыми областями применения фуллеренов могут стать фармацевтическая промышленность, производство алмазов и катализаторов, но для этого их стоимость должна быть снижена еще на порядок («Журнал технической физики», 2000, № 5, с.1)...

...по объему потребления продукции из пластмасс на душу населения Россия отстает от США в 20 раз («Пластические массы», 2000, № 5, с.3)...

...микробные симбионты человека представляют собой чувствительный индикатор его соматического состояния, испытываемого им стресса и даже настроения («Микробиология», 2000, № 3, с.323)...

...Дания планирует к 2030 г. половину потребляемой электроэнергии получать за счет ветрогенераторов («Энергетика и электрификация», 2000, № 5, с.4)...

...в индустриально развитых странах от рака умирают до 25% населения, тогда как в развивающихся — лишь 5% («Онкология», 2000, № 2, с.4)...

...более 90% описанных случаев появления НЛО объясняются запусками ракет и высотных баллонов («Вестник РАН», 2000, № 6, с.514)...

...создана среда, в которой свет движется быстрее, чем в вакууме («Nature», 2000, т.406, с.277)...

...генетические различия между людьми одной расы превышают средние генетические различия между расами («Успехи современной биологии», 2000, № 3, с.237)...

...в существование микромира, как и Бога, мы верим лишь по их проявлениям, а непосредственно ни того, ни другого никто не наблюдал («Вопросы философии», 2000, № 5, с.72)...



А.В.БАРАНОВОЙ, Москва: *Водяника, она же вороника или шикша, — арктическая ягода, но растет и на торфяниках Подмосковья; вкусовые качества ягод оставляют желать лучшего, зато, говорят, водяника снимает головную боль и утомление.*

М.Н.МОРОЗОВОЙ, Обнинск: *Чтобы застиранное хлопчатобумажное белье стало побелее, можно замочить вещи в теплом растворе уксуса, чайная ложка на литр; действует не так эффективно, как покупной отбеливатель, зато методика экологически чистая.*

П.Ф.КАЛИНИНУ, Иваново: *Как ни удивительно, механизм действия лекарства ремантадина на вирусы до сих пор не изучен в подробностях; а статьи про грипп мы обязательно будем публиковать — тема животрепещущая...*

Р.В.МАТУСОВСКОЙ, Калуга: *То, что ветвистые, похожие на кораллы грибы из семейства рогатиковых съедобны, — чистая правда, но определять, какой гриб растет в вашем лесу, лучше не с помощью популярной книжки, а по определителю.*

Л.Н.ТУРОВУ, Керчь: *Если высоко (со стеблем) срезать виноградную кисть и поставить в бутылку с водой и древесным углем, виноград остается свежим до трех месяцев; рецепт не проверяли — не случилось под рукой свежесрезанного винограда...*

В.Д.АНАНЬЕВОЙ, Москва: *Для художественной резьбы используют кости крупного рогатого скота (трубчатые части, а не головки), хорошо вываренные и отбеленные раствором перекиси водорода (2—3 таблетки гидроперита на 200 миллилитров горячей воды; кости следует держать в растворе около суток); готовое изделие иногда окрашивают чаем или другими растительными отварами.*

П.Н.ФЕДОРОВУ, Зеленоград: *Быстро сделать стекло матовым можно, дважды покрасив его смесью порошка мела с силикатным клеем (примерно столовая ложка порошка на 200 мл клея).*

Д.В., Тверь: *Химический способ борьбы с гололедом для отдельно взятого автомобилиста — полить опасный участок дороги соляркой, но «зеленые» вас могут за это осудить; опытные люди говорят, что цепи на покрышках автомобиля можно заменить женскими колготками, намотанными на рабочую поверхность, причем на одно колесо идет примерно восемь пар колготок: хуже, чем цепи, но лучше, чем ничего...*

ВСЕМ НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Если вы не успели подписаться на «Химию и жизнь», можете это сделать в редакции, получится дешевле.*

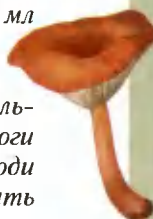
Грибы как грибы



В редакцию поступила рукопись «Грибы как грибы» норвежских авторов Ингвиль Брок и Бена Юнсена в переводе О.А.Комаровой. Рукопись показалась нам необычной, поскольку авторы не зовут читателя в лес искать грибы и изучать их на природе, не приглашают на кухню, чтобы приготовить грибное блюдо, или на фабрику, чтобы увидеть их промышленную переработку. Авторы рассказывают о грибах как о неотъемлемой части человеческой цивилизации.

«Мы начали копаться в литературе о грибах и неожиданно обнаружили, что изучаем историю грибов и культуры. Грибы связаны с едой и праздниками, болезнью и смертью, сексом, преступностью и наркотиками, войной и религией, оккультными науками, магией и современной медициной. В Древнем Риме грибы были деликатесом и орудием убийства. В эпоху Ренессанса трюфели поедали в огромном количестве как средство, повышающее потенцию. В Гватемале и Мексике грибы, вызывающие галлюцинации, использовали в ритуальных целях, а в Сибири они заменяли спиртное».

Читайте в «Химии и жизнь» 2001 года фрагменты из рукописи «Грибы как грибы».



«Ведьмины метлы»

Да просто в туче воробьев
дворник Степанов

В небе висит.

Значит, пришла весна!

А.Иващенко, Г.Васильев.

Дворник Степанов

Как известно, уважающая себя ведьма летает на метле, по виду очень напоминающей ту, которой и поныне машут дворники, сметая в кучу окурки и обертки от мороженого. Да только не любой инвентарь годится для зкскурсий по ночному небу! В старину люди считали, что свои метлы ведьмы не собирают из прутиков, а выращивают особым способом.

Не случилось ли вам встретить березу, украшенную аж десятком расстрепанных вороньих гнезд (фото 1)? Но разве даже такие компанейские птицы, как вороны, потерпят, чтобы в двух метрах от их головы пищали чужие птенцы? Правильно, густые скопления сухих веток в зеленой листве никакого отношения к птицам не имеют. Эти образования, по виду самые настоящие веники, растут прямо на березе. Это и есть «ведьмины метлы» (фото 2).

В литературе имеются сведения о том, что они могут достигать трех метров в диаметре, но такие случаи все-таки единичны. Ведь даже человеку, далекому от ботаники, понятно, что дерево, украшенное «ведьми-



1

ными метлами», болеет и не протянет долго, если болезнь будет стремительно прогрессировать.

Вызывает заболевание паразитический гриб, относящийся к семейству тафриновых. Из хорошо известных нам организмов ближайшими родственниками тафриновых грибов

являются дрожжи. Подобно им, тафриновые грибы не образуют плодовых тел, и догадаться о том, что в ранки на коре проникли споры и под ней разрастается мицелий, можно только по необычным побегам, цветкам или плодам дерева. Махровые цветки черемухи, курчавые листья на персиковых деревьях, огромные пустые плоды сливы, непригодные в пищу, — результат деятельности тафриновых грибов.

Все они — паразиты, причем высокоспецифичные. Неспециалист с трудом отличает березу пушистую от березы бородавчатой, а вот для тафриновых грибов это не проблема: на первой может поселиться только *Taphrina betulina*, а на второй живет только *Taphrina turgida*, хотя и в том и в другом случае на дереве появляется «ведьмина метла».

А вырастает она потому, что клетки грибного мицелия выделяют вещества, обладающие гормональной активностью, или же вещества, которые стимулируют синтез фитогормонов в самом растении-хозяине. Под воздействием этих веществ клетки пораженного участка начинают активно делиться, дифференцировка их нарушается, и вот уже пошел в рост целый пучок тоненьких сильно разветвленных побегов с рахитичными листочками, которые распускаются по весне раньше, чем листья на здоровых ветках, но и отмирают тоже значительно раньше.

Болезнь «ведьминых метел» поражает не только березы, подобная неприятность случается и с плодовыми деревьями, такими, как вишня и слива.

Ну и как же, спрашивается, с нею бороться? Отпиливать заболевшие ветки и жечь их. Самоизлечения не произойдет: мицелий у тафриновых грибов — зимующий. Если не сделать операцию, по весне он тронется в рост вместе с побегами, и на дереве появятся новые «метлы», которые обессилит дерево и в конце-концов непременно погубят его.

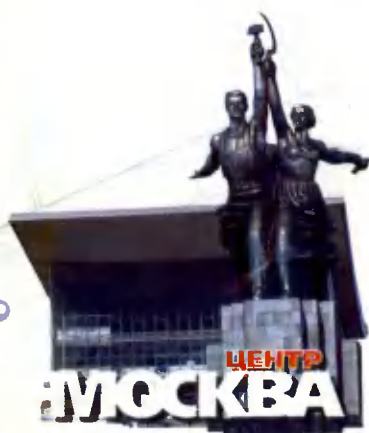
ХИМЭКСПО **2000**

с 28 ноября по 2 декабря 2000 г.

Специализированная выставка товаров
промышленной и бытовой химии

Место проведения:

Россия, Москва, ВВЦ, Выставочный комплекс центра "Москва"



Разделы выставки:

- промышленная химическая продукция
- товары бытовой химии
- производство парфюмерии и косметики
- сырье и оборудование для производства лакокрасочных изделий, лакокрасочные материалы
- продукция, сырье, оборудование фармацевтической промышленности

На базе выставки проводится научно-практическая конференция:

"Современные проблемы коммерциализации научно-технических разработок"

Уважаемые дамы и господа!
Рады приветствовать Вас
в качестве участника выставки "Химэкспо- 2000"

Наш адрес:

129223, Россия, Москва, проспект Мира, ВВЦ,
Центр "Москва", ЗАО "Мотоимпэкс"
тел./факс (095) 974-74-21