



Ж

11
2007

Н
З
И
Ж
И
В
И
М
И
Х





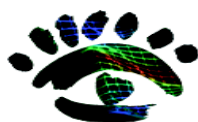


Химия и жизнь
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

11
2007

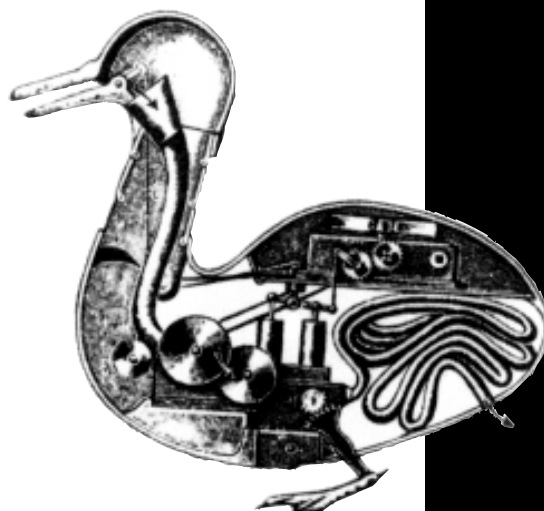
Почему среди дураков так много неленивых?!

Риторический вопрос



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
фрагмент картины «Бедный рыбак» художника
Пьера Пюве де Шаванна. Надежда найти, поймать,
вытащить из окружающего мира нечто удивительное
помогает быть терпеливым, настойчивым и изобре-
тательным. Читайте в этом номере статьи
о Нобелевских премиях 2007 года*





Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ № 77-8479

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Ответственный секретарь
М.Б.Литвинов
Главный художник
А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Агентство ИнформНаука

О.О.Максименко,
Н.В.Маркина,
О.Б.Баблицкая-Каменева
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 31.10.2007

Адрес редакции:

105005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:

(495) 267-54-18,
e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в интернете по адресам:

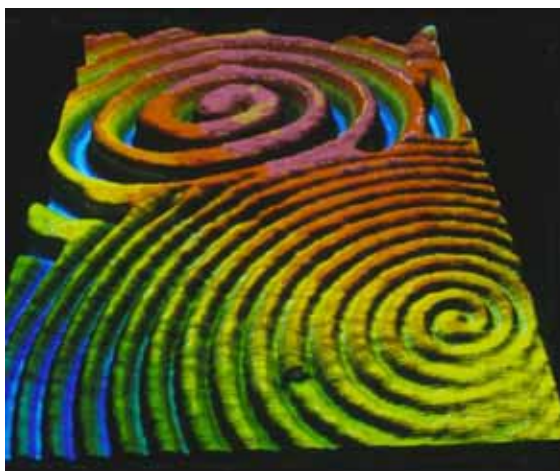
<http://www.hij.ru>;
<http://www.informnauka.ru>

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

На журнал можно подписаться
на сайтах:

<http://www.hij.ru>
<http://esmi.subscribe.ru>
<http://www.new-press.ru>

© АНО Центр «НаукаПресс»



4

По утверждению Паули, поверхность придумал дьявол. Если это правда, то нынешний нобелевский лауреат сумел посрамить нечистого.

31

Эти невзрачные бугорки на зеленом стебле — настоящее биохимическое чудо: в них одновременно идут фотосинтез и азотфиксация.

Химия и жизнь



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

И.А.Леенсон

КОНЕЦ ХИМИИ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ 4

ФИЛОСОФСКИЕ ЧТЕНИЯ

Генрих Эрлих

И КТО ПРИДУМАЛ ЭТУ НАУЧНУЮ РЕВОЛЮЦИЮ?! 10

ИНФОРМАУКА

ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ 16

ГУБИТ ЛЮДЕЙ НЕ ПИВО, ГУБИТ ЛЮДЕЙ... «ТРОЙНОЙ» 16

«ЧЕРНЫЙ ЯЩИК» ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ 17

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

С.М.Комаров

МАГНИТНОЕ СИТО ДЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ 18

Е.Котина

НОКАУТИРОВАНИЕ МЫШЕЙ — УДАР ПО БОЛЕЗНЯМ 20

ЗДОРОВЬЕ

Я.И.Яшин, А.Я.Яшин, Н.И.Черноусова

АНТИОКСИДАНТЫ ПРОТИВ БОЛЕЗНЕЙ 24

РАДОСТИ ЖИЗНИ

И.А.Леенсон

ХИМИК-ДОЛГОЖИТЕЛЬ 28

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

О.В.Космачевская, А.Ф.Топунов

ГЕМОГЛОБИНЫ, АЗОТФИКСАЦИЯ И СИМБИОЗ 31

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Л.М.Кустов

ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ — ПРОРЫВ В НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ? 36

ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

С.Алексеев

ПРАЗДНИК ХИМИИ В ПОЛИТЕХЕ 42



36

Поваренная соль при температуре выше 800° превращается в расплав, состоящий из ионов. А настоящие ионные жидкости — жидкие при комнатной температуре.



В номере



42

Политехнический музей представляет: химия как она есть.



58

Трудно поверить, что стрижи способны так тиранить скворцов! А причиной великой войны стал квартирный вопрос.

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Л.Намер

СВЕЧА, КОТОРАЯ НИКОМУ НЕ СВЕТИТ..... 45

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

И.Ильин, Л.Намер

ХОРОШИЕ БАТАРЕЙКИ ИЛИ ПЛОХИЕ АККУМУЛЯТОРЫ? 46

ДИСКУССИИ

С.М.Комаров

ЧТО НАМ МАРС? 48

РАССЛЕДОВАНИЕ

Н.Л.Резник

О ЗОЛОТОМ ОСТРОВЕ И ЧЕТВЕРТОМ ГЛАЗЕ 53

ИНФОРМНАУКА

НАСИЛЬСТВЕННОЕ УДОВОЛЬСТВИЕ 56

ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ ДЕЛАЮТ СНЕГ 56

КАЖДОМУ ОРГАНИЗМУ — СВОЕ ВРЕМЯ 57

КОСМЕТИКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПСИХОЛОГА 57

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Г.Д.Серов

О ПТИЧЬЕМ ЯЗЫКЕ 58

ФАНТАСТИКА

Юлия Зонис

РЫБАРЬ 62

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Л.Викторова

КЛЮКВА И БРУСНИКА 68

КСТАТИ О КОСМОСЕ

П.Данилов

КОСМОС — ЭТО РЕСУРСЫ 72

ИНФОРМАЦИЯ 9, 67

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 22

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72

10

ФИЛОСОФСКИЕ ЧТЕНИЯ

Блиц-опрос среди химиков разных возрастных и должностных категорий показал невероятное: никто из опрошенных не читал книгу Томаса Куна «Структура научных революций». Хотя слова «научная революция» и «парадигма» слышали все.

16, 56

ИНФОРМНАУКА

О перерывах между землетрясениями, о западных ученых, решивших исследовать феномен российского алкоголизма, о «черном ящике» на борту автомобиля и о том, где в городе Сочи можно будет раздобыть снег.

24

ЗДОРОВЬЕ

Про то, как полезны продукты, содержащие антиоксиданты, знают сегодня даже дети. Но какие вещества относятся к антиоксидантам, в чем состоит их польза и обязательно ли делать количественный анализ морковного сока, чтобы сделать вывод о его антиоксидантной активности, — все эти вопросы еще нуждаются в разъяснении.

28

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Старейший химик современности, украинский академик М.Ф.Гулый прожил более 102 лет, как и Мишель Эжен Шеврёль. Треть знаменитых ученых, упомянутых в справочнике «Выдающиеся химики мира», перешагнули 80-летний рубеж... Похоже, мнение о том, что профессия химика сокращает жизнь, — просто миф.

45

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Свеча зажигания для многих людей, не привыкших задаваться вопросами об устройстве техносферы, — вещь в себе. Пришло время разобраться, что скрыто у нее внутри, откуда берется та самая искра, вызывающая столько эмоций у автомобилистов, и чем замечательны иридиевые и платиновые электроды...



Конец химии откладывается

Кандидат химических наук
И.А.Леенсон



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

«Из семнадцати Нобелевских премий по химии за 1981–1997 годы семь были связаны с биохимией и молекулярной биологией. Это могли бы быть премии по физиологии и медицине», — писал пять лет назад О.В.Крылов в статье с провокационным названием «Конец химии?» (см. «Химию и жизнь», 2002, № 8). Сейчас к этим семи премиям «с биологическим уклоном» можно добавить еще четыре, а семь Нобелевских премий по химии были за это время присуждены работам, слабо связанным с химией. Они получены за разработку вычислительных методов (квантовая механика) либо приборов для изучения физических свойств (электронная микроскопия, спектроскопия ЯМР, фемтосекундная спектроскопия и другое).

И вот — подарок всем химикам: Нобелевская премия за 2007 год присуждена за исследования типичных химических реакций. Ее получил Герхард Эртль (Gerhard Ertl), работающий в берлинском Институте Фрица Габера Общества Макса Планка. В соответствии с официальной формулировкой Нобелевского комитета премия присуждена «за изучение химических процессов на твердых поверхностях».

Химия поверхности — далеко не новая отрасль науки. На эту тему опубликовано неисчислимое количество научных статей и монографий. Выходят периодические издания «Surface Science», «Applied Surface Science», «Surface Science Reports», «Progress in Surface Science», «Langmuir, Interface Science», «Advances in Colloid and Interface Science», «The Journal of Colloid and Interface Science», ответственный журнал «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования» и другие, проводятся Всероссийские и международные конференции. И это понятно: на поверхности раздела (чаще всего между твердым телом и газом) происходит масса самых разнообразных процессов. Прежде всего, с реакциями на поверхности неразрывно связан гетерогенный катализ — а это вся современная химическая промышленность, в том числе крупнейшая ее отрасль — синтез аммиака. Все большее распространение получают катализаторы дожигания, без которых в большинстве стран с конвейера не сходит ни один автомобиль; эти катализаторы превращают вредные «СО/СН» и оксиды азота в безвредные CO_2 и N_2 . Поверхностные явления стали ключевыми и в работе топливных элементов. В микроэлектронике основной процесс — это создание на поверхности тонких полупроводниковых слоев. Все методы защиты от коррозии связаны с поверхностными процессами. Реакции на поверхностях ледяных кристалликов в стратосферных облаках над Антарктикой во многом ответственны за разрушение озонового слоя (Нобелевская премия за 1995 год). Этот список можно продолжить. Отдельная область — химия привитых поверхностных соединений, которой посвящена изданная в 2003 году под редакцией Г.В.Лисичкина объемистая монография (М.: Физматлит, 2003.). Очень интересны также про-

водящиеся на химическом факультете МГУ работы по получению свободных радикалов, привитых на поверхность в вакууме. В таком состоянии высокореакционные свободные радикалы «живут» долго, что позволяет исследовать их строение и химические свойства.

Разнообразие твердых поверхностей чрезвычайно велико: от идеально гладкой у скола монокристалла до чрезвычайно разветвленной, с множеством пор и каналов разной длины и диаметра — у активного угля или силикагеля. Но даже на самых гладких поверхностях всегда присутствуют неоднородности, дефекты решетки, адсорбированные частицы и поверхностные химические группы. Атомы на поверхности раздела могут взаимодействовать и с соседними поверхностными атомами, и с атомами внутри кристаллической решетки, и с любыми атомами, которые приближаются к поверхности из внешней среды. Отсюда ясно, что физика и химия поверхности исключительно сложны. Недаром еще в 1920 году физик Вольфганг Паули сказал: «The surface was invented by the devil» («поверхность придумал дьявол»), с чем согласятся все изучающие поверхность и физико-химические процессы на ней.

Химическая реакция на поверхности начинается с адсорбции — «прилипания» молекул к твердой частице. Молекула может быть связана с поверхностью лишь слабыми вандерваальсовыми силами. В этом случае она в основном сохраняет свою индивидуальность, а адсорбция этого типа называется физической. Если же между прилипшими молекулами и атомами на поверхности образуются ковалентные связи, имеет место химическая адсорбция — хемосорбция. При этом связи могут быть настолько прочными, что адсорбированная молекула диссоциирует. Понятно, что химические свойства адсорбированного вещества могут коренным образом измениться.

Основы термодинамики адсорбции и поверхностных явлений в целом были заложены еще в 70-е годы XIX века Дж.У.Гиббсом. При этом состояние поверхности изучали главным образом по изменению состава газа, который с этой поверхностью контактирует. Зависимость количества адсорбированного вещества от его давления в газовой фазе при данной температуре (изотерму адсорбции) выводили многие ученые, именами которых эти уравнения названы. Нобелевский комитет по химии тоже не впервые встретился с работами по исследованию поверхностных явлений. В 1912 году Нобелевскую премию по химии разделил с Виктором Гриньяром его соотечественник Поль Сабатье, в официальной формулировке — «за метод гидрирования органических соединений в присутствии тонко измельченных металлов, который обеспечил значительный прогресс органической химии за последние годы». Измельчение металлов значительно увеличивает их поверхность. Например, если сантиметровый кубик с поверхностью 6 см² разрезать на множество мельчайших кубиков со стороной 0,1 мкм, то общая их поверхность увеличится до 60 м². Последующие работы показали, что водород в опытах Сабатье адсорбировался на поверхности металла и диссоциировал на ней,

образуя активные атомы водорода. Оказалось также, что в случае мелко раздробленных металлов дело не только в значительном увеличении поверхности, но и в особом состоянии атомов металла на ней.

В последующем за работы в области химии поверхностных явлений и катализа Нобелевские премии присуждались неоднократно. В 1909 году ее получил Вильгельм Оствальд, «в знак признания его работ по катализу»; в 1919 году – Фриц Габер, «за синтез аммиака из составляющих его элементов» (премия была присуждена за 1918 год), в 1932 году – Ирвинг Ленгмюр, «за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений». С некоторой натяжкой к ним можно добавить премию за 1925 год, присужденную в 1926 году Рихарду Зигмонди «за установление гетерогенной природы коллоидных растворов». Так или иначе, премия за 2007 год была присуждена спустя ровно 75 лет со дня вручения последней премии в этой области химии.

Среди отмеченных достижений особенно выделяется, несмотря на скромную формулировку Нобелевского комитета, работа Габера. С 1903 по 1919 год в поисках катализатора синтеза аммиака Габер испытал около 4000 различных веществ! Но эти исследования были беспрецедентны не только по научной значимости и затраченным усилиям; они имели важнейшие практические последствия и оказали исключительное влияние на мировую историю. Благодаря работам Габера к началу войны 1914 года завод BASF в Оппау близ Людвигсхафена (в 70 км к югу от Франкфурта) уже производил ежедневно по 20 тонн аммиака. Синтетический аммиак дал стране лекарства и красители, удобрения и, что особенно важно, – взрывчатые вещества (до этого необходимая для их производства селитра привозилась из Чили). В результате Германия получила возможность вести длительную войну, поскольку в 1914 году британский флот блокировал Германию и она лишилась чилийской селитры. А без пороха Германия не смогла бы продержаться и нескольких месяцев, так что, не будь работ Габера, она вообще вряд ли решилась вступить в войну! К 1918 году Германия производила по методу Габера – Боша уже более двух миллионов тонн связанного азота (сотрудник Габера Карл Бор получил Нобелевскую премию, совместно с Фридрихом Бергиусом, в 1931 году «за разработку и использование в химии методов высокого давления»).

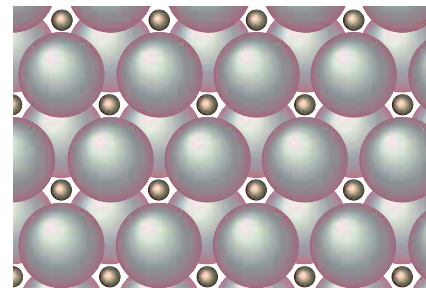
После работ Ленгмюра в течение долгого времени не отмечалось особого прогресса в изучении химии поверхности. Работы носили в основном эмпирический характер, целью их было изучение изменений в составе газа, контактирующего с поверхностью. На основании этих данных делались более или менее обоснованные предположения о том, что происходит на самой поверхности. Здесь можно вспомнить теорию активных центров в катализе Э.Тейлора (20-е годы), теорию мультиплетов А.А.Баландина (1929–1930), теорию активных ансамблей Н.И.Кобозева (1939) и другие. Такое положение объяснялось прежде всего огромными трудностями в получении поверхности данного соединения с точно известными и воспроизводимыми свойствами, включая детальное строение в атомном масштабе. Ферми сказал: «Поверхности очень интересны, но ведь их так мало...» – считая, что действительно чистую поверхность получить почти невозможно. Но даже если бы это стало возможно, не существовало и приборов, позволявших контролировать состояние поверхности с необходимым нанометровым разрешением. И если бы такие методы появились, использовать их для изучения поверхности было бы сложно. Дело в том, что на воздухе (и даже при давлении в тысячи раз меньше атмо-

ферного) любая поверхность, включая самые совершенные, немедленно покрывается слоем более или менее прочно адсорбированных на ней молекул, прежде всего – молекул воды.

Прорыв в химии поверхностных явлений произошел в последние десятилетия в технологии массового производства современных микросхем. Как писали специалисты в этой области, «по мере того как кремниевая пластинка – «чип», который служит основным элементом современных ЭВМ, становился все миниатюрнее, отношение его поверхности к объему быстро возрастало. Поэтому поверхность чипа, а не его объем, стала играть определяющую роль и при выполнении им логических функций, и при взаимодействии с другими элементами». И для создания чипов, и для изучения их «чистой» поверхности потребовалось развитие техники высокого и сверхвысокого вакуума. Одновременно начали появляться новые физические методы изучения поверхности. В их числе AES (Auger Electron Spectroscopy) – оже-электронная спектроскопия; FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) – ИК-спектроскопия с фурье-преобразованием; HREELS (High Resolution Electron Energy Loss Spectroscopy) – спектроскопия потерь энергии электронов высокого разрешения; LEED (Low Energy Electron Diffraction) – дифракция электронов низкой энергии; PEEM (PhotoEmission Electron Microscopy) – микроскопия с фотоэлектронной эмиссией; SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) – масс-спектропия вторичных ионов; UPS – УФ-фотоэлектронная спектроскопия (примечательно, что даже в специализированных англо-русских словарях по физике и химии, изданных сравнительно недавно, когда Эртль начинал свои исследования, ни один из названных методов не упоминается). Эти методы должны обладать особой чувствительностью, так как слой атомов или молекул на поверхности очень тонок, поэтому исследовать приходится очень малые количества вещества. Появление новых высокочувствительных и селективных методов привело к бурному развитию химии поверхности.

Лауреат этого года Герхард Эртль был одним из первых, кто понял потенциальные возможности новых методов исследования и в совершенстве овладел ими. Более того, он создал целую методологию их применения в каждом конкретном случае. Первые его работы в этой области были опубликованы в 1974 году на английском языке (в журналах «Surface Science» и «Journal of Chemical Physics»), что сразу привлекло к ним внимание во всем мире. Начал он с проблемы состояния водорода на поверхности металла – проблемы, давно волновавшей исследователей. Поскольку она тесно связана и с каталитическим гидрированием органических соединений, и с важнейшим технологическим процессом – синтезом аммиака, и с выделением или поглощением водорода на металлических электродах во многих электрохимических процессах, включая топливные элементы. Ученые подозревали, что водород на поверхности таких металлов, как платина или никель находится в высокоактивном атомном состоянии, но только Эртль сумел это доказать (рис. 1). Несмотря на большую энергию связи H–H, выигрыш в энергии в результате взаимодействия адсорбированных атомов H с атомами ме-

1
*Состояние атомов
водорода
(маленькие шарики)
на поверхности
платины (111)*

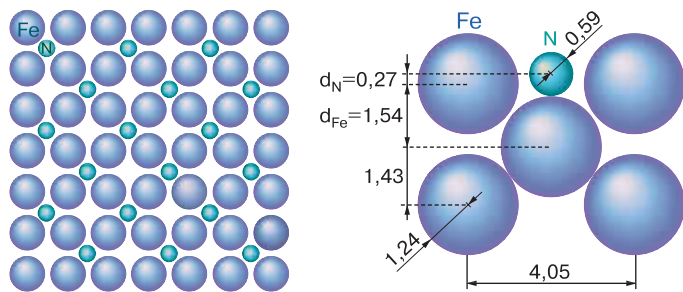


талла на поверхности позволяет разорвать эту связь, причем реакция идет быстро.

Выяснив, как обстоит дело с водородом, Эртль приступил к давно известной проблеме механизма каталитической реакции синтеза аммиака: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$. Термодинамика этого процесса была исследована еще Вальтером Нернстом; сейчас это – «школьный» вопрос: в какую сторону сместится равновесие при изменении в ту или иную сторону температуры и давления? Практическое же решение проблемы, как отмечалось, осуществил Габер. В этой связи интересно отметить, что после многих безуспешных попыток Габер считал работу бесперспективной и прекратил ее. Однако в дело вмешался Нернст. Он сообщил, что результаты Габера не согласуются с его, Нернста, теоретическими расчетами и экспериментальными данными. Честолюбивый Габер был уязвлен. Он повторил измерения при высоких давлениях – и решил задачу.

На основании многочисленных исследований кинетики этой реакции (по изменению давления в газовой фазе) были предложены разные ее механизмы, но ни один из них невозможно было доказать однозначно. В химической кинетике это обычное явление: несколько механизмов могут одинаково хорошо согласовываться с экспериментальными данными и для выбора требуются дополнительные данные. При этом никто не знал, что именно происходит на поверхности катализатора. Неизвестно было, атакуют ли атомы водорода адсорбированные молекулы азота, или с ними происходит то же, что и с молекулами H_2 , – диссоциация на атомы. Ведь энергия связи $\text{N}\equiv\text{N}$ составляет 942 кДж/моль, это одна из наиболее прочных двухатомных молекул, которая более чем вдвое прочнее молекулы H_2 .

Сначала Эртль изучил модельные системы, то есть чистые поверхности металлов, и доказал, что на чистой поверхности железа присутствуют изолированные атомы азота. Изучена была и кинетика процессов с участием азота. Оказалось, что энергия активации для реакции диссоциации N_2 невелика и не сильно отличается для трех главных кристаллических плоскостей кристаллов железа (111), (110) и (100), так что реакция может идти на любой из них. Однако из-за очень малого предэкспоненциального множителя эта реакция идет крайне медленно. (Напомним читателям, что плоскость в кристаллической решетке обозначают координатами вектора, который перпендикулярен этой плоскости. Например, (100) – плоскость, перпендикулярная оси X декартовой системы координат. – Примеч. ред.)



2

Структура слоя атомарного азота на поверхности грани железа (100): вид сверху и сбоку. Маленькие сплошные кружки – атомы N, большие незаштрихованные кружки – атомы Fe

Можно ли на основании этих модельных процессов делать вывод о том, что происходит на поверхности катализатора в промышленном синтезе Габера – Боша? Катализатор этого важнейшего процесса – железо, промотированное K_2O (его вводят в виде гидроксида калия)



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

и другими оксидами. В 1979 году Эртль с сотрудниками начал изучать поверхность реального катализатора. Оказалось, что у вновь приготовленного катализатора она имеет очень сложную структуру. Но в ходе процесса при высоких давлениях восстановительная атмосфера видоизменяет эту поверхность, так что на ней доминируют лишь атомы железа и калия. И после удаления продукта реакции – аммиака, а также непрореагировавших исходных веществ на поверхности катализатора остаются только адсорбированные атомы азота.

Эртль смог измерить также зависимость поверхностной концентрации этих атомов от давления водорода в газовой фазе. Оказалось, что чем больше введено водорода, тем меньше остается на поверхности атомарного азота. Таким образом, было доказано, что адсорбированные атомы водорода реагируют именно с атомарным, а не с молекулярным азотом, также адсорбированным на поверхности катализатора. А заодно подтвержден механизм, согласно которому адсорбированные на поверхности атомы азота, присоединяя поверхностные атомы водорода один за другим, образуют последовательно радикалы NH , NH_2 и, наконец, молекулы NH_3 , которые десорбируются в газовую фазу. Причем все стадии, начиная с адсорбции исходных реагентов и кончая десорбцией аммиака, обратимы. Лимитирующая стадия для синтеза аммиака стадией – диссоциация молекулярного азота на атомы.

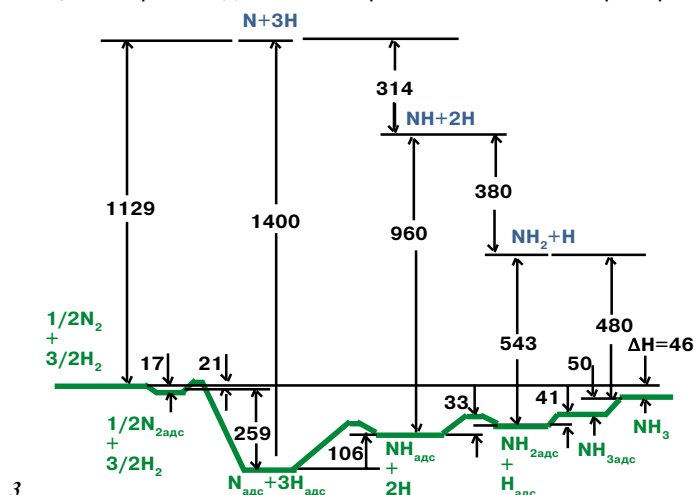
Так что же нового открыл здесь Эртль? Приведенный им механизм реакции водорода и азота на поверхности катализатора предлагался и ранее. Заслуга лауреата в том, что он фактически «увидел» все эти стадии, и теперь этот механизм из умозрительного превратился в твердо установленный. Более того, с помощью новых методов удалось измерить энергетику каждой элементарной стадии процесса, и это было весьма непросто. Ведь после медленной стадии N_2 (адс.) = 2N (адс.) следующие реакции присоединения к атомам N атомов H идут очень быстро. Чтобы их изучить, Эртль исследовал не только прямую, но и обратную реакцию – разложение аммиака на элементы (термодинамически этой реакции благоприятствуют низкие давления). Действительно, обратные реакции диссоциации гидридов водорода NH_3 , NH_2 и NH идут на поверхности значительно медленнее, чем прямые, приводящие к аммиаку. Оказалось, что энергия связи молекулы NH_3 с поверхностью невелика, поэтому в ходе промышленного процесса при температуре порядка 400°C образовавшиеся молекулы аммиака сравнительно легко десорбируются. Некоторые детали относительно скоростей образования и диссоциации промежуточных радикалов были выяснены путем замены водорода на дейтерий: промежуточный гидрид, например ND_2 , отщепивший атом водорода, затем быстро присоединяет атом дейтерия с образованием NHD , и за этим можно следить.



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

Оставался невыясненным еще один вопрос: зачем в промышленный железный катализатор вводят промотор в виде ионов калия? Оказалось, что калий на поверхности облегчает адсорбцию молекул N_2 , увеличивая энергию этого процесса с 10 до 15 кДж/моль.

Итак, Эртлю удалось в деталях восстановить картину того, что происходит на поверхности катализатора при



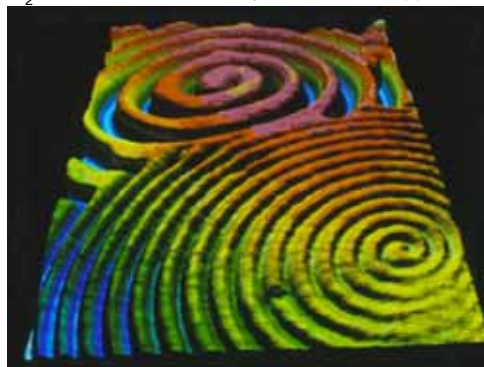
3
Энергетическая диаграмма каталитической реакции синтеза аммиака (все величины — в единицах кДж/моль). Этот рисунок в концентрированном виде показывает основные достижения лауреата по энергетике реакций: уровни энергии для исходных реагентов и конечных продуктов были известны давно, а получить их для промежуточных частиц было весьма трудно

синтезу аммиака. Он идентифицировал все промежуточные частицы и доказал их участие в реакции, охарактеризовал структурные, энергетические и кинетические аспекты каждой элементарной стадии, используя самые современные методы. Теперь стало возможным связать воедино полученные многими исследователями в течение десятилетий кинетические данные для макроскопического процесса синтеза аммиака с кинетикой элементарных стадий. Нет нужды объяснять, насколько важны для практики подобные исследования. Следует отметить, что в последние годы Эртль вновь вернулся к изучению водорода на поверхности, применяя новейшие физические методы.

Эртль с сотрудниками, используя свою методологию и накопленный опыт, изучил еще одну практически важную реакцию — окисление CO до CO_2 на поверхности платины. Такой процесс происходит на катализаторах дожигания (нейтрализаторах), превращающих угарный газ автомобильных выхлопов в углекислый. Эта же реакция идет в противогазных гопкалитовых патронах, очищающих воздух от смертоносного угарного газа. «Эта реакция проста, — писал в 60-е годы П.Ашмор в своей монографии «Катализ и ингибирование химических реакций». — Однако ее детальный механизм на любом катализаторе оказывается неожиданно сложным,

и в настоящее время о нем известно лишь очень немногое». Действительно, «простая» реакция $2CO + O_2 = 2CO_2$ идет на поверхности очень необычно — в ней возникают колебания, то есть обнаруживается нелинейное кинетическое поведение: скорости отдельных стадий процесса периодически изменяются со временем. Подобные реакции в растворах, носящие имена Б.П.Белоусова и А.М.Жаботинского, ранее были детально исследованы, а в 1977 году И.Р.Пригожину была присуждена Нобелевская премия «за вклад в термодинамику необратимых процессов, особенно в теорию диссипативных систем».

Реакция окисления CO, в отличие от синтеза аммиака, необратима, и изучать ее намного труднее. В ходе исследований, проведенных в 1983–2004 годах, Эртль выяснил, чем вызвана нелинейная кинетика данной каталитической реакции. Измеряя работу выхода электронов с поверхности, можно было узнать степень заполнения поверхности адсорбированными молекулами. Метод FTIR дал информацию о взаимодействии между ними и поверхностью, а дифракция рентгеновских лучей — о состоянии самой поверхности. С помощью метода LEED можно было непосредственно наблюдать за структурными изменениями в ходе процесса, а методом РЕЕМ — за локальной работой выхода с высоким пространственным разрешением. Оказалось, что нелинейная динамика и колебания в системе связаны с периодической перестройкой (реконструкцией) самой поверхности. И вызываются эти перестройки адсорбированными молекулами реагентов. В результате колебаний скорости реакции возникают неоднородные пространственные эффекты на поверхности, когда на отдельных участках концентрация CO и O_2 значительно выше, чем на соседних.



4

Так с помощью метода РЕЕМ можно проследить за изменением рельефа поверхности платины в ходе реакции $CO + O_2$. Темные области соответствуют высокой концентрации CO, светлые — избытку O_2

Следует отметить, что в катализаторах дожигания применяются дорогие металлы платиновой группы, причем чувствительные к примесям серы в бензине. Поэтому ценны любые сведения о механизмах этого процесса, которые могли бы привести к увеличению активности катализаторов (и соответственно к снижению их массы) или к замене этих катализаторов более дешевыми.

Работы Эртля и его сотрудников оказали очень сильное влияние на всю обширную область современной химии — изучение явлений катализа. Более того, по мнению членов Нобелевского комитета профессоров Хокана Веннестрёма и Свена Лидина, работы Эртля задали стандарт для исследований в этой области. Более подробная информация (на английском языке), включая автобиографию лауреата и его лекцию на церемонии вручения премии, должна быть опубликована на сайте Королевской Шведской академии наук: www.kva.se, а также <http://nobelprize.org>.



СОРБОМЕТР™

АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокмппозитов, катализаторов, сорбентов, и т.д.

Характеристики

- Диапазон измерения удельной поверхности: 0,1-1000 м²/г
- Погрешность измерений: 6% во всем диапазоне
- Полная автоматизация циклов адсорбция-десорбция
- Автоматическая калибровка
- Станция подготовки образцов к измерению

Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М

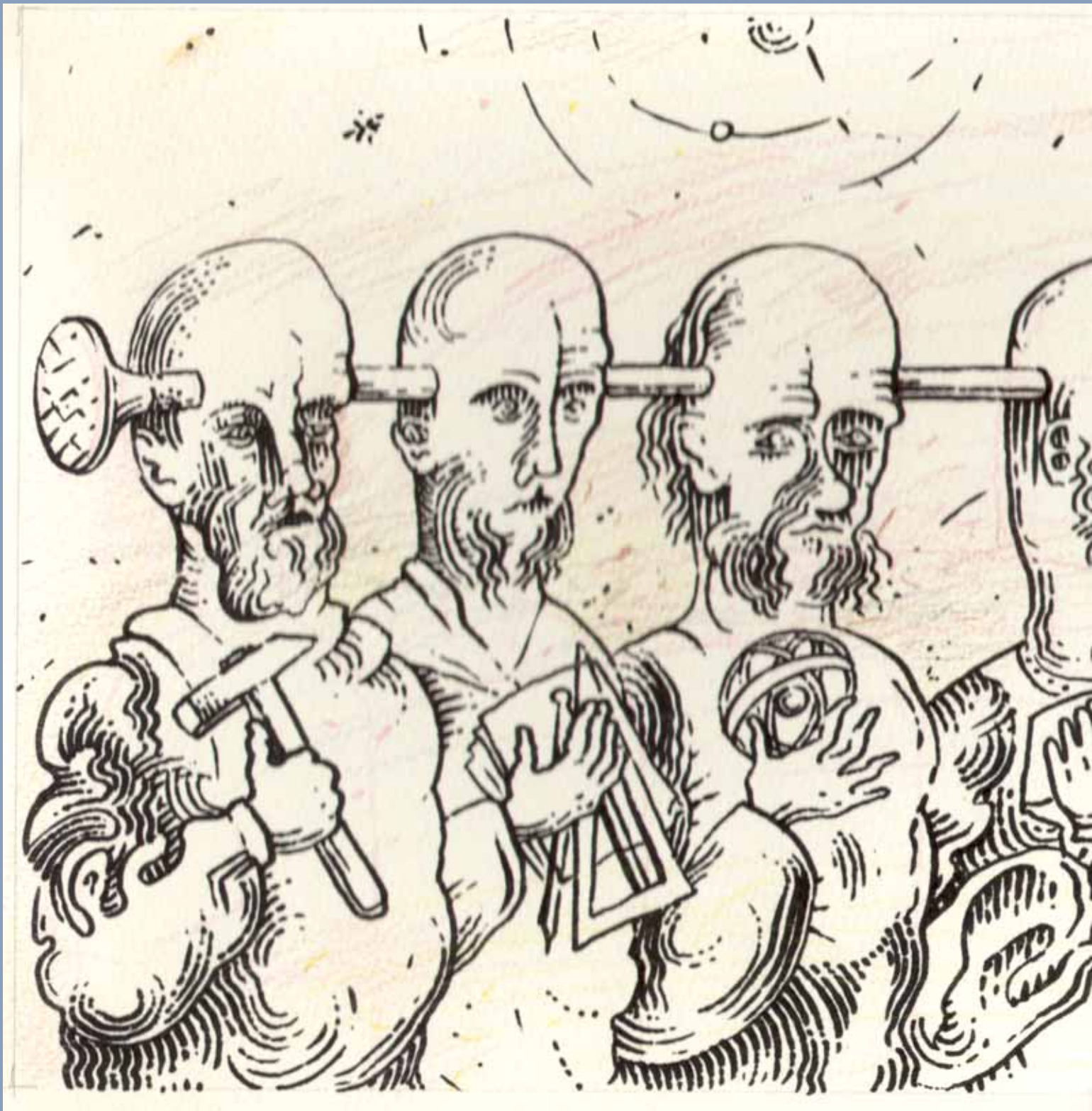


Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многотоочечным методом БЭТ и STSA, объёма микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

Области применения

- Научные исследования
- Учебный процесс
- Химическая промышленность
- Горно-обогатительная промышленность
- Атомная промышленность
- Производство огнеупорных и строительных материалов
- Производство катализаторов и сорбентов



**И кто придумал
эту научную
революцию?!**

Доктор химических наук
Генрих Эрлих



Художник П.ПЕРЕВЕЗЕНЦЕВ



ФИЛОСОФСКИЕ ЧТЕНИЯ

нить, какую философию мы изучали долгие школьные-студенческие-аспирантские годы. Современные программы по философии вполне адекватны, но будущие ученые в отношении нее все равно руководствуются извечным студенческим принципом: сдал – забыл. На Западе положение немногим лучше; «нормальная наука» обычно держится от творческой философии на почтительном расстоянии, и, вероятно, для этого есть основания», – констатирует тот же Т. Кун.

У «нормальных» ученых, как мы увидим в дальнейшем, действительно есть для этого основания, но «настоящим» ученым все же негоже априори отвергать целую область знания с многовековой историей, тем более что у философов – давайте признаем это – попадают светлые и мудрые мысли, и даже целые концепции. И некоторые из них посвящены исключительно интересующему нас всех предмету – науке.

Одна из самых известных книг в этой области – «Структура научных революций» Томаса Куна, опубликованная в 1962 году. В 1970 году в США вышло ее второе, дополненное издание, она была переведена на многие языки, в том числе на русский (издательство «Прогресс», 1977). Книга вызвала широкий резонанс и жаростные споры не только в кругу философов, но и среди ученых. Она казалась настолько известной, что, составляя план «Философских чтений» нашего журнала, мы не включили ее в перечень, дабы не повторяться. Но неожиданно выяснилось, что никакого повтора быть не может, потому что за все годы издания «Химии и жизни» эта книга упоминалась лишь дважды, да и то в 2006–2007 гг., на чем я специально останавлиюсь в заключении. Я провел также опрос среди своих знакомых-химиков разных возрастных и должностных категорий, от аспирантов до академиков, с единственным вопросом: читали ли они книгу Т. Куна «Структура научных революций»? Все опрошенные были грамотными специалистами и достойными людьми – это подтверждается хотя бы тем, что все они (100%), не чинясь и не надувая щек, честно ответили: вышеозначенную книгу не читали, но некоторые (50%) слышаны. Жаль. Хорошая, умная и познавательная книга, написанная легким живым языком. Существенно, что автор имел естественно-научное образование (будучи постдоком, специализировался по теоретической физике), поэтому многочисленные примеры из истории развития астрономии, физики и химии корректны и конкретны. Хотя они и подаются подчас с необычной (неканонической) точки зрения – тем интереснее!

В пользу книги говорит и то, что за 45 лет, прошедшие с ее появления, она нисколько не устарела, несмотря на кардинальное изменение ситуации. Имеется в виду не колоссальный прогресс науки, а изменение отношения к ней. В начале 60-х господствовали вера в безграничные возможности науки, душевный подъем и энтузиазм, ныне же, несмотря на явленные и декларируемые достижения, веры и энтузиазма заметно поубавилось, а

Об отношении к философии

«Ученые в общем не обязаны и не хотят быть философами». Усилим это высказывание известного американского философа и историка науки Томаса Куна: ученые относятся к философии настороженно и скептически, если не отрицательно до отвращения. (Под учеными мы вместе с Т.Куном понимаем исключительно ученых-естественников.)

Такое отношение подавляющего большинства российских (советских) ученых легко объяснимо, если вспом-

вместе с ними упал и интерес к науке. И книга Т.Куна, на мой взгляд, выглядит сегодня не менее актуальной, чем раньше, а читается даже с большим интересом. Прежде чем перейти к анализу концепции Томаса Куна, укажем, что сразу за второй частью этой статьи (в № 12) будут опубликованы два отрывка из его книги. Из них читатель может заключить, что не все философские труды занудливы и пустопорожни, и не исключено, что у него появится желание обратиться к первоисточнику, минуя интерпретацию. Мы это только приветствуем, тем более что за это выступал и сам Кун.

Научные революции

Как ни странно, но сам термин «научная революция» получил широкое распространение только после выхода книги Томаса Куна. Конечно, о научных революциях писали и раньше, например классики марксизма-ленинизма, но они были более озабочены революциями другого рода. Западные же ученые в подавляющем большинстве руководствовались в своей профессиональной деятельности идеями позитивизма с его строго рациональной, логичной, детерминистской концепцией развития научного знания, которая, в частности, «обычно ограничивает уровень и значение принятой теории так, чтобы последняя не имела возможности вступать в противоречие с предшествующей теорией, которая давала предписания относительно тех же самых явлений природы. Наиболее известный и яркий пример, связанный со столь ограниченным пониманием научной теории, — анализ отношения между современной динамикой Эйнштейна и старыми уравнениями динамики, которые вытекали из «Начал» Ньютона». Ньютоновская механика рассматривается как частный случай более общей теории Эйнштейна. Переход от частного к общему не подразумевает никакой революции.

Развитие науки представлялось постепенным последовательным ростом однажды познанного, научная картина мира при этом не изменялась, а только расширялась. Раз сформулированные теории уточняются и модернизируются, «новые виды явлений раскрывают упорядоченность в некотором аспекте природы, где до этого она никем не была замечена, в эволюции науки новое знание приходит на смену невежеству, а не знанию другого и несовместимого с прежним вида». Этот так называемый кумулятивистский взгляд на науку был широко распространен в историографии науки; судя по большинству учебников, он сохранился и поныне, а термин «научная революция» отдан на откуп журналистам.

Другая крайность — концепция непрерывной научной революции (ассоциация с теорией перманентной революции Л.Троцкого), сформулированная, в частности, К.Поппером как противовес концепции Куна. Но если вдуматься, то непрерывность революции вырождается в то же отрицание революции. Непрерывных революций не бывает, как не бывает непрерывного кошмара. Человек ко всему привыкает, по прошествии какого-то времени кошмар оборачивается жизнью, революция — рутиной.

Итак, Т. Кун впервые четко заявил, что развитие науки идет не путем плавного наращивания новых знаний на старые, а через периодическую коренную ломку представлений, отрицание старого знания в принципиальных моментах, смену основополагающих концепций и строительство нового знания, то есть через периодически происходящие научные революции. Собственно, сам Т. Кун совершил небольшую научную революцию в

философии и историографии науки. Слово Т.Куна: «Некоторые читатели книги сделали вывод, что меня прежде всего или исключительно интересуют крупные научные революции, такие революции, которые связаны с именами Коперника, Ньютона, Дарвина или Эйнштейна... Для меня революция представляет собой вид изменения, включающего определенный вид реконструкции предписаний, которыми руководствуется группа. Но оно не обязательно должно быть большим изменением или казаться революционным тем, кто находится вне отдельного (замкнутого) сообщества, состоящего, быть может, не более чем из 25 человек».

Парадигма

Что же делает небольшое изменение, возможно незаметное за пределами узкого круга специалистов, научной революцией? И почему крупное открытие, придающее мощный импульс исследованиям в какой-то области, далеко не всегда может рассматриваться как научная революция? Основным признаком научной революции по Куну — смена парадигмы.

Парадигма — еще один термин, запущенный в широкий оборот Куном. Если вы откроете «Словарь иностранных слов», даже относительно новый, 80-х годов, то с удивлением узнаете лишь два значения этого слова: 1) *лингв.* система форм одного и того же слова; 2) пример из истории, взятый для доказательства, сравнения. С другой стороны, слово это ныне употребляют все кто ни попадя, особенно полюбилось оно политикам, которые придают ему свой потаенный смысл. Неадекватность использования заставила самого изобретателя термина заменить его другим — «дисциплинарная матрица», впрочем не прижившимся.

Т.Кун определил парадигму, как «признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают научному сообществу модель постановки проблем и их решений». Понятие парадигмы шире исходных принципов и постулатов (геометрия Евклида — геометрия Лобачевского) и основных теорий (механика Ньютона — теория относительности Эйнштейна). Оно «обозначает всю совокупность убеждений, ценностей, технических средств и т. д., которая характерна для членов данного (научного. — Г.Э.) сообщества». Можно сказать, что парадигма составляет основу или суть науки, можно даже сказать, что без парадигмы нет самой науки. Зарождение науки (допарадигмальный период по Куну) немыслимо без наблюдений, формулировки исходных понятий, количественных оценок (измерений) и соответственно разработки техники и методик этих измерений, классификации по каким-то параметрам и признакам, все это необходимые элементы потенциальной парадигмы. Затем следует период разработки теорий, выработки методических подходов, столкновения различных теорий и подходов, споров о сущности будущей науки и о ее месте в ряду других наук. Направление, победившее в результате этих столкновений и споров, и становится парадигмой, принятие парадигмы означает появление новой науки.

Помимо этого общего значения термин «парадигма» часто используется, в том числе и автором, и в более узком смысле — как модель или образец решения задач. Подчас мы не отдаем себе отчета в том, как много значат в нашей жизни образцы. А ведь мы учимся на образцах, решая типичные задачи, мы следуем образцам в выборе задачи исследования и постановке эксперимента, мы оцениваем чужие работы, и наши собственные

работы оценивают сравнением с некоторым образцом. В конце концов, мы мечтаем, чтобы наша работа широко цитировалась, чтобы она вошла в учебники, стала тем самым новым образцом. В этом узком смысле парадигма – модус операнди науки, способ действия в науке.

Смысл понятия «парадигма» наиболее выпукло проступает при анализе научных революций, то есть при замене одной парадигмы другой. «Следующие друг за другом парадигмы по-разному характеризуют элементы универсума и поведение этих элементов. Иными словами, их отличие касается таких вопросов, как существование внутриатомных частиц, материальность света, сохранение теплоты или энергии. Но парадигмы отличаются не одним своим содержанием, ибо они направлены не только на природу, но выражают также и особенности науки, которая создала их. Они являются источником методов, проблемных ситуаций и стандартов решения, принятых неким развитым научным сообществом в данное время. В результате восприятие новой парадигмы часто вынуждает к переопределению основ соответствующей науки. Некоторые старые проблемы могут быть переданы в ведение другой науки или объявлены совершенно «ненаучными». Другие проблемы, которые были прежде несущественными или тривиальными, могут с помощью новой парадигмы сами стать прототипами значительных научных достижений. И поскольку меняются проблемы, постольку обычно изменяется и стандарт, который отличает действительное научное решение от чисто метафизических спекуляций, игры слов или математических забав. Традиция нормальной науки, которая возникает после научной революции, не только несовместима, но часто фактически и несоизмерима с традицией, существовавшей до нее».

Научное сообщество

В приведенном выше куновском определении парадигмы есть примечательные слова: признанные *всеми* научные достижения. Кем – всеми? И кто оценивает верность той или иной теории? И кто отбрасывает старую парадигму и принимает новую? Понятно, что не человеческое общество в целом. Ученые? А как определить ученого?

Т.Кун ввел еще одно, навязшее ныне в зубах понятие – «научное сообщество». Многие считают его изюминкой теории Куна, куда более оригинальной, чем понятие «научная революция» и даже «парадигма». До него развитие науки рассматривалось как развитие идей. А Кун через научное сообщество ввел в свою концепцию человека, или, как сейчас говорят, человеческий фактор. Синоним научного сообщества для всех нас – это сообщество ученых. Но тут мы наталкиваемся на приведенный выше вопрос: как определить ученого? По месту работы, по диплому о специальном образовании, по складу ума? Кун определил научное сообщество лапидарно и на первый взгляд излишне узко: «научное сообщество состоит из людей, признающих парадигму». И там же: «парадигма – это то, что объединяет членов научного сообщества». Получился логический круг, поэтому «научные сообщества могут и должны быть выделены как объект без обращения к парадигме; последняя может быть обнаружена затем путем тщательного изучения поведения членов данного сообщества». Заострим внимание на второй половине фразы и лишний раз убедимся в том, что парадигма не исчерпывается постулатами, теориями и даже образцами, для их обнаружения не тре-



буется изучения *поведения членов сообщества*, речь тут может идти о мировоззрении, образе мышления, идеалах, традициях и т. д.

Как же описывает Т.Кун научное сообщество? «Научное сообщество состоит из исследователей с определенной научной специальностью. В несравнимо большей степени, чем в большинстве других областей, они получили сходное образование и профессиональные навыки; в процессе обучения они усвоили одну и ту же учебную литературу, извлекли из нее одни и те же уроки. Обычно границы этой литературы отмечают границы предмета научного исследования, а каждое научное сообщество, как правило, имеет свой собственный предмет исследования. Есть научные школы, то есть сообщества, которые подходят к одному и тому же предмету с несовместимых точек зрения. Но в науке это бывает значительно реже, чем в других областях человеческой деятельности; такие школы всегда конкурируют между собой, но конкуренция обычно быстро заканчивается. В результате члены научного сообщества считают себя и рассматриваются другими в качестве единственных людей, ответственных за разработку той или иной системы разделяемых ими целей, включая и обучение учеников и последователей. В таких группах коммуникация бывает обычно относительно полной, а профессиональные суждения относительно единодушными. Поскольку, с другой стороны, внимание различных научных сообществ концентрируется на различных предметах исследования, то профессиональные коммуникации между обособленными научными группами иногда затруднительны; результатом оказывается непонимание, а оно в дальнейшем может привести к значительным и непредвиденным расхождениям».

Научное сообщество – уникальное явление. Дело не в его закрытости («чужие здесь не ходят»), ведь все сообщества в той или иной степени закрыты, а во всеобъемлющей закрытости. Научное сообщество живет по своим законам и следует собственным правилам игры. В своей деятельности оно руководствуется собственными интересами, интересами науки. До интересов и потребностей остального человечества ему по большому счету нет никакого дела, заниматься так называемыми прикладными работами, то есть тем, что как раз и интересует все остальное человечество, его заставляет только нужда в средствах для собственно научных исследований, все более острая из-за стремительного удорожания этих изысканий. Так и занимаются, наступив на горло собственной песне, без всякого удовольствия, полагая (вполне, кстати, справедливо), что эти работы, тем более чрезмерное увлечение ими, вредят науке. В отличие от многих других сообществ научное сообщество не нуждается в оценке результатов своей деятельности со стороны остального человечества или какой-то его части. Оно не выносит эти результаты и тем более собственные разногласия на суд общественного мнения или

власть имущих (это строжайшее табу). Столь же закрытые жреческие касты обращаются хотя бы к Высшему Судие, но научное сообщество признает единственный суд — свой собственный. При этом в научных сообществах, за исключением относительно коротких периодов кризиса в подведомственной науке, царит поразительное единодушие, сродни религиозному: споры, сколь угодно смелые и яростные, не могут касаться символа веры — вот именно, парадигмы.

Следуя Т.Куну, ученый — это член научного сообщества, придерживающийся вместе с остальными членами господствующей (единственной) парадигмы. Но как быть с исследователями, работающими в области, «весьма похожей» на область деятельности определенного научного сообщества, но не разделяющими (отринувшими) его парадигму? Они что — не ученые? Нет, не ученые. Т.Кун в данном случае лишь оглашает вердикт научного сообщества, не подлежащий обжалованию за отсутствием другого судии. То, чем занимаются эти не-ученые, объявляется не-наукой, или, если угодно, лженаукой. Случается, что лженаука, одна из тысячи или десяти тысяч, порождает новую парадигму (собственно, в подавляющем большинстве случаев именно оттуда она и вырастает), лжеученые переходят в разряд выдающихся ученых, просто ученые, воспринявшие новую парадигму, остаются просто учеными. «Но всегда остаются ученые, верные той или иной устаревшей точке зрения. Они просто выпадают из дальнейших совокупных действий представителей их профессии, которые с этого времени игнорируют все их усилия». Попросту говоря, они исключаются из научного сообщества, теряют право называться учеными, несмотря на диплом о специальном образовании, дипломы о присуждении ученых степеней, долгий стаж работы и образ мышления, нисколько не изменившийся и еще недавно считавшийся истинно научным. Признаем, что Т.Кун не строит абстрактные схемы, а рисует весьма жизненную картину. И еще раз поразимся уникальности научного сообщества: оно и родитель, и учитель, и кормилец, и судья, и палач.

Нормальная наука

Еще один термин, введенный Т.Куном и вызвавший большие споры, на этот раз в кругу самих ученых, — нормальная наука (в оригинале — *ordinary science*; можно понять обиду англоязычных ученых, калька же с английского и вовсе носит уничижительный характер, честь и хвала переводчику). «Нормальная наука означает исследование, прочно опирающееся на одно или несколько прошлых научных достижений — достижений, которые в течение некоторого времени признаются определенным научным сообществом как основа для его дальнейшей практической деятельности». Собрав вместе все ключевые слова, определим нормальную науку как деятельность, которой занимается научное сообщество между научными революциями, руководствуясь господствующей парадигмой.

«Изучение парадигм является тем, что главным образом и подготавливает студента к членству в том или ином научном сообществе. Поскольку он присоединяется таким образом к людям, которые изучали основы их научной области на тех же самых конкретных моделях, его последующая практика в научном исследовании не часто будет обнаруживать резкое расхождение с фундаментальными принципами. Ученые, научная деятельность которых строится на основе одинаковых парадигм, опираются на одни и те же правила и стандарты научной

практики. Эта общность установок и видимая согласованность, которую они обеспечивают, представляют собой предпосылки для нормальной науки, то есть для генезиса и преемственности в традиции того или иного направления исследования...

Ученые исходят в своей работе из моделей, усвоенных в процессе обучения и из последующего изложения их в литературе, часто не зная и не испытывая никакой потребности знать, какие характеристики придали этим моделям статус парадигм научного сообщества... Хотя многие ученые говорят уверенно и легко о собственных индивидуальных гипотезах, которые лежат в основе того или иного конкретного участка научного исследования, они характеризуют утвердившийся базис их области исследования, ее правомерные проблемы и методы лишь немногим лучше любого дилетанта. О том, что они вообще усвоили этот базис, свидетельствует главным образом их умение добиваться успеха в исследовании...

Нормальное исследование, являющееся кумулятивным, обязано своим успехом умению ученых постоянно отбрасывать проблемы, которые могут быть разрешены благодаря концептуальной и технической связи с уже существующими проблемами. Если человек стремится решать проблемы, поставленные существующим уровнем развития науки и техники, то это значит, что он не просто озирается по сторонам... Он знает, чего хочет достичь, соответственно этому он создает инструменты и направляет свое мышление. Непредсказуемые новшества, новые открытия могут возникать только в той мере, в какой его предсказания, касающиеся как возможностей его инструментов, так и природы, оказываются ошибочными...

Вот это и составляет то, что я называю здесь нормальной наукой. При ближайшем рассмотрении этой деятельности (в историческом контексте или в современной лаборатории) создается впечатление, будто бы природу пытаются «втиснуть» в парадигму, как в заранее сколоченную и довольно тесную коробку. Цель нормальной науки ни в коей мере не требует предсказания новых видов явлений: явления, которые не вмещаются в эту коробку, в сущности, вообще упускаются из виду. Ученые в русле нормальной науки не ставят себе цели создания новых теорий, обычно к тому же они нетерпимы и к созданию таких теорий другими. Напротив, исследование в нормальной науке направлено на разработку тех явлений и теорий, существование которых парадигма заведомо предполагает...

Нормальная наука, на развитие которой вынуждено тратить почти все свое время большинство ученых, основывается на допущении, что научное сообщество знает, каков окружающий нас мир. Многие успехи науки рождаются из стремления сообщества защитить это допущение, и если это необходимо — то и весьма дорогой ценой. Нормальная наука, например, часто подавляет фундаментальные новшества, потому что они неизбежно разрушают ее основные установки».

Ну и так далее. Понятно, что вызвало протест ученых помимо образа догматиков, доктринеров и душителей всего нового — трактовка их труда как некой механической или алгоритмизированной деятельности, лишенной творческого начала. Полагаю, что такая реакция была вызвана в значительной мере невнимательным чтением книги Т.Куна, или знакомством с ней по комментариям или цитатнику, аналогичному приведенному выше, или юношеским максимализмом. Я недаром помянул юношеский максимализм, в мои студенческие годы была популярна такая сентенция: «Наука — это то, что нельзя

предсказать, все остальное — научно-технический прогресс». Мы все бредили наукой, а занимались всю жизнь, как я теперь понимаю, научно-техническим прогрессом, или «нормальной наукой» по Т.Куна.

Мы ставили задачу исследования не наобум, мы знали, что хотим получить, по сути, мы знали результат. Случались и неожиданные результаты (в большинстве случаев это служило источником разочарования, а не естественной для естествоиспытателя радости), но, поразмыслив, посмотрев при необходимости научную литературу или проконсультировавшись с более опытными коллегами, мы находили объяснение этим результатам. Вполне вероятно, что мы могли найти это объяснение и раньше, до эксперимента, если бы получше подумали и не поленились осуществить все другие, описанные выше действия, и получили бы уже не неожиданный, а вполне предсказуемый результат. Другое дело, что ради такого результата мы, возможно, не стали бы и эксперимент ставить.

То, что мы полагали в молодые годы наукой, носит у Т.Куна название «экстраординарной науки», и характерна она для периода научной революции. Химия же в целом, на мой взгляд, на протяжении последних 30–35 лет пребывает в состоянии «нормальной науки». Не рискну утверждать, что нам не повезло. Научная революция, как и любая другая революция, предстает периодом разброда и шатаний, потрясения основ, яростных и подчас убийственных споров о коренных сущностях, множества мертворожденных идей и бесплодных метаний. Тогда как «нормальная наука... представляет собой в высшей степени кумулятивное предприятие, необычайно успешное в достижении своей цели, то есть в постоянном расширении пределов научного знания и в его уточнении. Во всех этих аспектах она весьма точно соответствует наиболее распространенному представлению о научной работе».

«Овладевая парадигмой, научное сообщество получает по крайней мере критерий для выбора проблем, которые могут считаться в принципе разрешимыми. В значительной степени это только те проблемы, которые общество признает научными или заслуживающими внимания членов данного сообщества. Другие проблемы, включая многие считавшиеся ранее стандартными, отбрасываются как метафизические, как относящиеся к компетенции другой дисциплины или иногда только потому, что они слишком сомнительны, чтобы тратить на них время. Такие проблемы рассматриваются лишь как отвлекающие внимание исследователя от подлинных проблем... *Одна из причин, в силу которой нормальная наука кажется прогрессирующей такими быстрыми темпами, заключается в том, что ученые концентрируют внимание на проблемах, решению которых им может помешать только недостаток собственной изобретательности*» (курсив мой. — Г.Э.).

В сущности, мы получили подтверждение подмеченной нами выше синонимичности нормальной науки и научно-технического прогресса. Но что еще, кроме высокой результативности, привлекает людей в нормальной науке, которой они посвящают всю свою жизнь? Т.Кун уделяет этому немало места в своей книге и находит, как мне кажется, удивительно точные слова.

«Но если цель нормальной науки не в том, чтобы внести какие-либо крупные, значительные новшества, если тщетная попытка достигнуть ожидаемых результатов или приблизиться к ним является обычно неудачей ученого, то почему все-таки нормальная наука рассматривает и решает свои проблемы? Частично мы уже ответили на



этот вопрос. Для ученого результаты научного исследования значительны уже по крайней мере потому, что они расширяют область и повышают точность применения парадигмы. Однако этот ответ не может объяснить тот энтузиазм и увлеченность, которые свойственны ученым, работающим над проблемами нормального исследования. Никто не затрачивает годы, скажем, на создание усовершенствованного спектрометра или на более точное решение проблемы колебания струны в силу одной лишь важности информации, которая при этом приобретает. Данные, получаемые при подсчете эфемерид или при дополнительных измерениях с помощью имеющихся инструментов, часто столь же значительны, но подобная деятельность постоянно отвергается учеными с презрением, потому что представляет собой в основном просто повторение процедуры, разработанной уже ранее. Этот отказ дает разгадку всей привлекательности проблем нормальной науки. Хотя ее результаты могут быть предсказаны — причем настолько детально, что все оставшееся неизвестным само по себе уже теряет интерес, — сам способ получения результата остается в значительной мере сомнительным. Завершение проблемы нормального исследования — разработка нового способа предсказания, а она требует решения всевозможных сложных инструментальных, концептуальных и математических задач-головоломок. *Тот, кто преуспевает в этом, становится специалистом такого рода деятельности, и стимулом его дальнейшей активности служит жажда решения новых задач-головоломок*» (курсив мой. — Г.Э.).

Перечень этих задач-головоломок нормальной науки в целом известен, он логически вытекает из предшествующих достижений. «Тот факт, что важные научные новшества так часто предлагались в одно и то же время несколькими лабораториями, указывает на в значительной мере традиционную природу нормальной науки и на полноту, с которой эта традиционность последовательно подготавливает путь к собственному изменению». Обратной стороной медали является спортивный азарт, охватывающий ученого при движении к цели. Желание прийти первым, утвердить свой приоритет — немаловажный стимул в работе ученого. Признаем, что такое возможно только в условиях нормальной науки.

В заключение — один из примеров Т.Куна, который он называет «типичным проектом для нормальной науки». Это — поиск новых элементов, заполняющих пустые клетки в Периодической таблице Д. И. Менделеева. «Успех был лишь поводом для поздравлений, но не для удивления», в то же время никто не будет оспаривать увлекательность этих работ и справедливость их отнесения к образцам науки.

Окончание — в следующем номере.





ГЕОФИЗИКА

Дневник наблюдений за землетрясениями

Одиннадцать лет, с 1982 по 1993-й, были необычайно тихими в сейсмической летописи Земли. Зато с середины 1993 года начался период сильных и частых землетрясений. Их магнитуда превышала 7 единиц по 9-балльной шкале Рихтера. Этот феномен обнаружил В.И. Уломов из Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, проанализировав 600 крупных землетрясений, которые произошли на земном шаре с 1965 по 2005 год (ulomov@ifz.ru).

Анализ показал, что с середины 1982 года до середины 1993-го резко сократилась частота возникновения землетрясений, фокусы которых расположены на глубине менее 70 км (их называют мелкофокусными). Менее сильные землетрясения (магнитуда 7–7,5) происходили в три-четыре раза реже, а более крупные (магнитуда 8 и более) – в десять раз реже по сравнению с предыдущим и последующим временами. Особый интерес вызывают самые сильные мелкофокусные землетрясения с магнитудами более 8,5 единиц. С 1965 до 2001 год их не было вообще, а затем они стали случаться практически ежегодно. В их числе – сильнейшие толчки у берегов Суматры 26 декабря 2004 года и 28 марта 2005 года, которые сопровождались гигантскими цунами и многочисленными жертвами.

Как только закончилось одиннадцатилетнее затишье, активизировались и глубокофокусные землетрясения, причем очень крупные. До середины 1993 года землетрясения с магнитудами больше 7 не случались вовсе, а со второй половины 1993 года по 2005-й зарегистрировано двенадцать землетрясений с магнитудами 7,5, четыре – с магнитудами около 8 и одно – с магнитудой 8,8 произошло в Атлантическом океане у восточных берегов Южной Америки на глубине около 90 км. Что же касается относительно слабых глубокофокусных событий с магнитудами око-

ло семи, то после 1993 года они случались раз по пять в год – в несколько раз чаще, чем в спокойный период.

Достоверность полученной сейсмической картины сомнений не вызывает, но как ее объяснить? Глубокофокусные землетрясения связаны с погружением литосферных плит в верхнюю мантию Земли. Может быть, в период затишья плиты погружались очень медленно и плавно, чем ослабляли напряженность в литосфере Земли и уменьшали в ней число сейсмических событий. Но возможен и другой сценарий, при котором медленное погружение литосферных плит как раз способствовало накоплению геодинамических напряжений. Вслед за этим происходит разрядка – сброс упругих напряжений в виде всплеска землетрясений.

Так или иначе, очевидно, что на планете происходят постоянные глобальные изменения кривизны литосферы, которые отражаются в периодах сейсмического затишья и сейсмической активности.

В подтверждение обнаруженных закономерностей В.И. Уломов перечисляет несколько последних событий, которые говорят о бурной сейсмической активности последних десятилетий. 21 апреля 2006 года на Камчатке произошло землетрясение с магнитудой 7,6–7,8; 15 ноября 2006 года в центральной части Курильской гряды имело место самое крупное по магнитуде землетрясение в мире (магнитуда 8,3 с 10–11-балльным сейсмическим эффектом в эпицентре); 13 января 2007 года в той же очаговой области Курильской гряды, где два месяца тому назад случилось крупнейшее по магнитуде землетрясение, произошло еще одно землетрясение с магнитудой 8,2; а совсем недавно, 12 сентября 2007 года, – очередное крупнейшее землетрясение с магнитудой 8,4 у берегов Суматры.



ДЕМОГРАФИЯ

Губит людей не пиво, губит людей... «Тройной»

Проблема алкоголизма в России привлекла внимание международного исследовательского коллектива. Удмуртские медики и социологи из Ижевской медицинской академии и Ижевского института социальных технологий, их немецкие коллеги из Института демографических исследований, Общество Макса Планка (Росток, Германия) и британские – из Лондонской школы гигиены и тропической медицины изучили стиль жизни и потребление алкоголя среди мужчин – жителей Ижевска. И получили прискорбный результат: сильнее всего сокращает жизнь российских мужчин не просто умеренное потребление алкоголя, а распитие не предназначенных для этого жидкостей, содержащих алкоголь, таких, как одеколон, политура, тормозная жидкость. Результаты исследования ученые опубликовали в международном медицинском журнале «Ланцет» (2007, т. 369, с. 2001–2009).

Ученые изучили стиль жизни и потребление алкоголя у примерно двух тысяч мужчин, умерших в возрасте 25–54 года в Ижевске в течение двух лет, а в качестве контроля случайным образом отобрали здравствующих жителей этого города из сопоставимых возрастных категорий.

Задачей исследователей было понять, каков вклад потребления алкоголя в сокращение продолжительности жизни. Для этого они проанализировали всю имеющуюся информацию: образование, семья, работа, вредные привычки и прочее. Их интересовало, как часто пили ижевчане, впадали ли в запой и что в основном употребляли – пиво, вино, водку или другие крепкие алкогольные напитки. А также – пили ли эти люди и как часто технический спирт и другие не предназначенные для употребления внутрь жидкости, такие, как одеколон, политура и пр.



Используя специальные компьютерные программы, исследователи провели статистический анализ полученных данных. Результат оказался ученым несколько неожиданным: наибольший вклад в сокращение продолжительности жизни, а точнее, 42% вносит не просто чрезмерное употребление алкоголя, а питье одеколона, политуры, тормозной жидкости и других технических субстанций. Мужчины, которые употребляют их внутрь, как правило, долго не живут.

Факт установлен, хотя пока не совсем понятно, являются ли эти жидкости непосредственной причиной высокой смертности либо только индикатором степени пьянства и социальной деградации мужчины. Чтобы выяснить это, необходимы дополнительные исследования.

Демографическая катастрофа, которую переживает Россия, особенно сильно ударила по мужчинам: продолжительность их жизни составляет всего 59 лет — как в странах третьего мира. Большой вклад в сокращение жизни россиян вносит умеренное потребление алкоголя.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

«Черный ящик» для автомобилей

Ученые из НИИ вычислительных комплексов им. М.А.Карцева (Москва) разработали прибор, который поможет расследовать дорожно-транспортные происшествия. Речь идет об автомобильном аварийном регистраторе — «черном ящике» для наземного транспорта (mich@niivk.ru, Dtupotilov@mail.ru).

Этот «черный ящик» на ящик совсем не похож — скорее это небольшой цилиндр. Однако после аварии именно он поможет восстановить поминутно, а если понадобится — и посекундно, всю информацию о том, с какой скоростью и ускорением двигался автомобиль за последние 24 часа, как работали его органы управления. Разработали автомобильный аварийный регистратор информации — так называется прибор — сотрудники московского НИИ вычислительных комплексов им. М.А.Карцева.

Важнейшие детали регистратора — это разнообразные датчики, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и микропроцессор. Датчики непрерывно фиксируют скорость движения транспортного средства, его ускорения в системе трех взаимосвязанных координат, астрономическое время, состояние тормозной и светотехнической системы транспортного средства. В числе прочих параметров регистрируются включение фар ближнего и дальнего света, сигналов поворота, заднего хода, нажатие педали газа, тормоза, включение ручного тормоза, утечка жидкости из тормозной системы автомобиля.

Сейчас конструкторы работают над интеграцией черного ящика в бортовую вычислительную сеть наиболее распространенных марок отечественных автомобилей, чтобы получать весь спектр данных и параметров работы непосредственно из бортового компьютера машины.

Сигналы датчиков после преобразования их в цифровую форму поступают на микропроцессор. Там полученные данные обрабатывают, структурируют и сохраняют на стандартном сменном носителе информации в виде обычных файлов, которые могут быть прочтены на любом компьютере. Каждому запуску двигателя автомобиля соответствует отдельный файл с данными движения текущей поездки транспортного средства. Благодаря этому удастся зафиксировать всю информацию о событиях, случившихся в течение по крайней мере последних суток (а возможно, и раньше). Общее время движения, которое может быть записано в «черный ящик», зависит от объема носителя информации — стандартной карточки памяти формата SD, от 32 мегабайт до 2 гигабайт. Минимальный размер карточки памяти соответствует времени непрерывного накопления данных — 24 часам.

Для воспроизведения информации на экране компьютера при анализе параметров движения или установления причин ДТП нужно подсоединить «черный ящик» к компьютеру обычным кабелем USB либо, если корпус «черного ящика» поврежден в ходе ДТП, извлечь из защищенного отсека съемную карточку памяти и прочитать ее на компьютере.

Разумеется, прибору нужно постоянное питание, но в этом отношении он неприхотлив — достаточно напряжения 12 В при потребляемой мощности все-

го 1 Вт, и он проработает как минимум сто тысяч часов.

Важнейшая особенность автомобильного «черного ящика» — это усиленная защита от внешних воздействий. Ведь он должен не только записать и сохранить информацию, но и уберечь ее при аварии, а значит, в экстремальных условиях продолжать регистрировать сигналы и ускорения даже при разрушенном аккумуляторе автомобиля и поврежденной проводке. Поэтому конструкторы позаботились, чтобы прибор не пострадал при ударной нагрузке в сотню g, высокой температуре (не менее получаса при температуре 350°C) и даже при погружении в воду на глубину 10 м, а также снабдили устройство внутренним резервным источником питания,



обеспечивающим работу при нарушении бортовой сети в течение не менее чем 45 секунд.

Сейчас разработчики «учат» прибор определять свои координаты и передавать информацию в диспетчерский центр. Для этого они дополняют прибор системой GPS и блоком сотовой связи. Авторы предполагают, что в случае аварии регистратор с помощью встроенного передатчика автоматически подаст сигнал бедствия в местную службу спасения и, используя данные GPS, записанные в последние секунды движения до аварии, позволит точно передать координаты транспортного средства и направить туда отряд спасателей.

Таковыми устройствами, как полагают разработчики, можно будет оснащать не только легковые автомобили, но и транспорт для перевозки пассажиров, взрывоопасных и горючих грузов, дальние грузоперевозки и т. п.

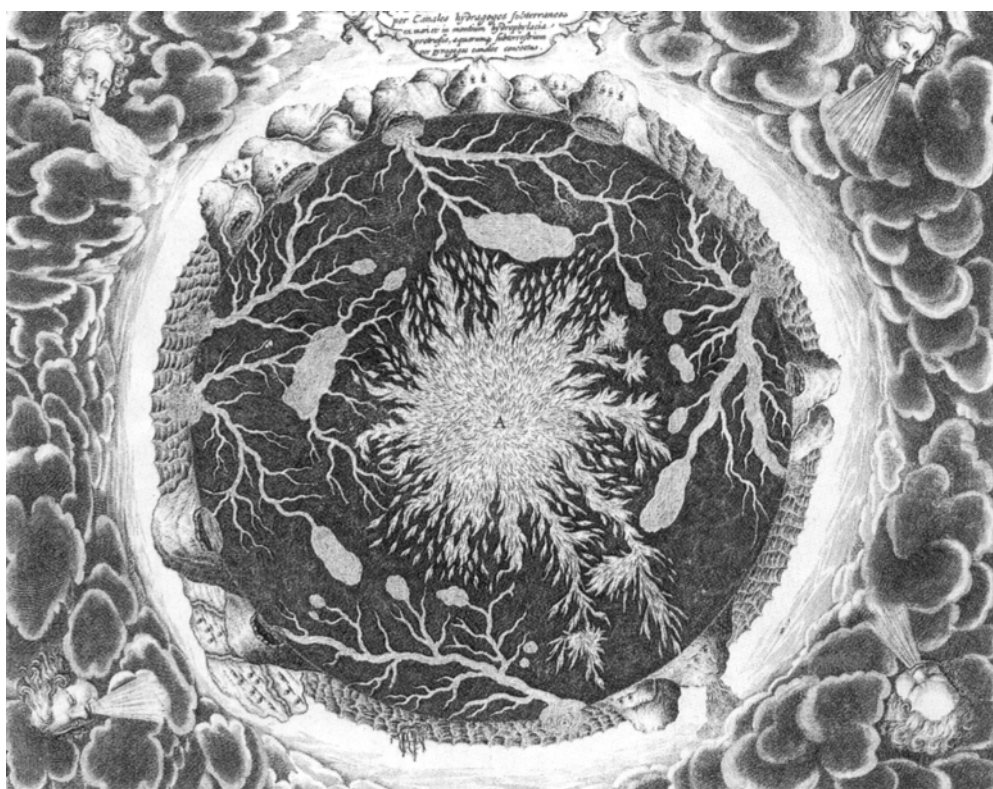


Магнитное сито для электронов

Нобелевский комитет присудил премию 2007 года по физике двум ученым: Альберу Феру из Парижского университета в Орсе (Франция) и Петеру Грюнбергу из Института исследований твердого тела Исследовательского центра Юлиха, которые одновременно открыли эффект гигантского магнитного сопротивления. А началась эта история лет сто пятьдесят назад, когда Уильям Томсон, он же лорд Кельвин, обнаружил, что электрическое сопротивление ферромагнетика слегка зависит от того, приложено к нему внешнее магнитное поле или нет. Этот эффект он назвал магнетосопротивлением, во второй половине XX века стали использовать для измерения постоянного магнитного поля.

Электрический заряд легко создать и измерить, но трудно удержать — всякая пролетевшая мимо молекула старается этот заряд забрать и унести с собой. «Заряд» магнитный сделать тоже не сложно, достаточно поднести к магнитному материалу другой магнит. Если материал потом не нагревать, то он будет бесконечно долго сохранять намагниченность, во всяком случае, до тех пор, пока к нему снова не поднесут магнит. Именно поэтому магнитная память стала основой для хранения информации. Однако для ее считывания нужно уметь фиксировать наличие магнитного поля у небольшого участка материала. А это сделать не очень просто, тем более что в современной технике принято узнавать все величины через измерения электрического тока. И магнитное поле — не исключение.

Способов определения магнитного поля по создаваемым им электрическим эффектам несколько. Один из них — упомянутое магнетосопротивление. К сожалению, даже в самом лучшем сплаве — пермалое, который на 20% состоит из железа и на 80% из никеля, его величина не превышает нескольких процентов, поэтому точность измерения должна быть высока. И вплоть до конца восьмиде-

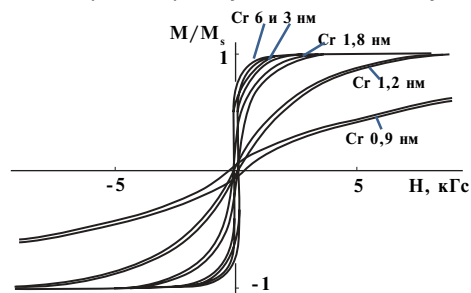


сятых годов XX века ученые полагали, что ничего с этим поделать нельзя, надо работать с тем материалом, который есть у них в руках, а на лучшее надеяться не приходится.

Все изменилось в 1988 году, когда был открыт эффект гигантского магнетосопротивления: оказалось, что многослойная пленка из слоев железа и хрома в магнитном поле уменьшает свое сопротивление вдвое!

По опубликованным статьям сложно понять, что заставило ученого заняться исследованием того или иного объекта. Возможно, Альбер Фер еще с 1976 года размышлял, как применить обнаруженный им с Яном Кемпбеллом изысканный эффект. Суть его состоит в том, что если сделать разбавленный твердый раствор хрома в железе (так, чтобы отдельные атомы примеси были равномерно разбросаны по всему объему образца), то можно заметить, что на этих атомах электроны с одной ориентацией спина будут в магнитном поле рассеиваться в шесть раз сильнее, чем с другой, и соответственно двигаться гораздо медленнее. То есть получается, что сопротивление зависит от спина. А может быть, у его коллеги из Юлиха просто была задача всесторонне исследовать в поисках чего-нибудь нового всевозможные пластинчатые структуры, которые можно получать напылением. Благо новым объектом была любая такая структура: в то время выращивание многослойных пленок методом эпи-

таксии еще только начиналось и соответствующие установки были отнюдь не в каждом крупном университете. Как бы то ни было, практически одновременно ученые обеих групп делали одно и то же: на подложке из арсенида галлия выращивали слои железа и перемежали их тончайшими слоями хрома. А потом изучали магнитные и электрические свойства получающихся сверхрешеток. Немцы с присущей им педантичностью исключили все лишние факторы и ограничились сэндвичем из двух слоев железа, между которыми был хром. Французы, видимо для уп-

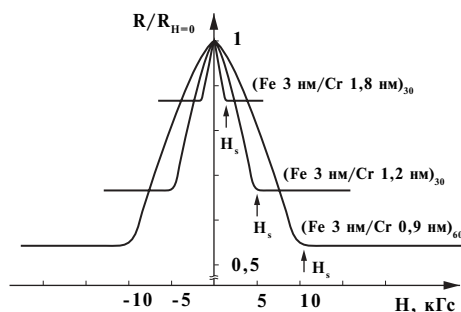


1
Когда прослойки хрома толстые, железохромовая сверхрешетка ведет себя во внешнем магнитном поле как ферромагнетик: при увеличении поля намагничивается, а при уменьшении выписывает петлю гистерезиса с остаточной намагниченностью. При тонких прослойках поведение иное: без поля намагниченности почти совсем нет, зато для перенамагничивания требуется приложить гораздо большие усилия



рошения измерений, выращивали толстую структуру из тридцати, а то и шестидесяти слоев. При этом они еще и варьировали толщину хромовой прослойки. Как оказалось, эта толщина играет важнейшую роль: если она оказывалась менее 3 нм, слои железа начинали себя вести совершенно не так, как при толстой прослойке.

Тут придется прервать рассказ о работах свежиспеченных лауреатов и напомнить читателям, как получается магнит. У каждого электрона есть магнитный момент, спин, который может занимать два состояния, условно говоря, быть направленным вверх или вниз. Обычно спины электронов в равной степени направлены в разные стороны, и суммарный магнитный момент равен нулю. Однако у атомов некоторых металлов с достраивающимися d- и f-оболочками в силу причин, описываемых квантовой теорией, спины этих электронов порождают локализованные магнитные моменты, которые способны при охлаждении ниже некоторой критической температуры выстраиваться друг относительно друга закономерным образом. Типов же выстраивания может быть тоже два. В одном случае все моменты выстраиваются в одну сторону — такое свойство материалов называется ферромагнетизмом, критическая температура — температурой Кюри, а образец становится сильным магнитом.



2
Чем тоньше прослойка хрома и больше число слоев, тем сильнее проявляется эффект гигантского магнетосопротивления

Другой вариант — направления магнитных моментов в ряду атомов начинают чередоваться. Этот порядок называется антиферромагнитным, температура названа в честь Луи Нееля, а образец остается немагнитным. Железо — типичный ферромагнетик с температурой Кюри 1043 К. Хром же — не менее типичный антиферромагнетик с температурой Нееля 311 К.

Так вот, в опытах со слоистыми структурами из железа и хрома при толстых прослойках последнего у соседних слоев железа спины электронов были направлены в одну и ту же сторону, создавая аналог ферромагнетизма уже на макроскопическом уровне, а при тонких прослойках они давали картину антиферромагнетизма. Однако в достаточно сильном магнитном поле этот антиферромагнитный порядок разрушался, и магнитные моменты всех атомов всех слоев железа выстраивались в одну сторону. Строго говоря, это явление в 1985 году первым заметил Чак Майкрзак из Брукхейвенской национальной лаборатории (США) в сверхрешетке, построенной из слоев магнитного гадолиния и немагнитного иттрия. (Кстати, в 1983 году он работал в том же институте, что и Грюнберг.) Если бы Майкрзаку пришла в голову мысль проверить электрические свойства такой структуры, то Нобелевская премия могла бы достаться ему.

А вот ученые из Франции и Германии электрические свойства железо-хромовых сверхрешеток тщательно измерили и получили новый научный результат. Оказалось, что если пропускать ток вдоль слоев образца (пропускать поперек неудобно — сопротивление направлению очень велико), приложив к нему магнитное поле, то при разрушении антиферромагнитного порядка сопротивление сильно падает: у французов, которые проводили измерения в жидком гелии, на 50%, у немцев, при комнатной температуре, на 1,6% и 10% в жидком гелии. Поэтому эффект и назвали гигантским магнетосопротивлением.

Причина эффекта — замеченное Фером и Кемпбеллом различие в сопротивлении электронов с разными направлениями спинов. Слои очень тонкие, много меньше длины свободного пробега электрона. Поэтому, осуществляя электрический ток вдоль слоев, электроны из одного слоя железа неизбежно оказываются внутри другого слоя. При ферромагнитной ориентации слоев, если спин обеспечивает электрону меньшее сопротивление в одном слое, то оно окажется таким же малым и в другом. А при антиферромагнитной ориентации ситуация при каждом переходе из слоя в слой будет меняться: что было хорошо в одном, окажется плохо в другом. Поэтому в первом случае сопротивление определяют более быстрые электроны, а во втором все они оказываются в равной степени медленными.

Немцы первыми, в мае, прислали статью в «Physical Review B», в раздел «Rapid communications». Однако рецензент сделал ценные замечания и отправил статью на доработку. А доработанную статью опубликовали в марте 1989 года. Французы прислали свою заметку в журнал «Physical Review Letters» в августе 1988 года, и ее сразу приняли в печать. Результатом же стала настоящая лавина работ по изучению магнитных и электрических свойств подобных слоистых структур. На открытие эффекта очень быстро обратили внимание инженеры из исследовательского центра IBM и спустя пять лет создали жесткий диск высокой плотности записи, которую обеспечивала головка с гигантским магнетосопротивлением. И с тех пор этот эффект воплотился в миллионах головок жестких дисков, без которых невозможно себе представить современный компьютер, плеер, видекамеру и многие другие устройства информационной эры.

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Нокаутирование мышей — удар по болезням

Нобелевскую премию по физиологии и медицине 2007 года разделили между собой Марио Капекки, Мартин Эванс и Оливер Смитис за открытие «принципа специфических генных модификаций у мышей с использованием эмбриональных стволовых клеток».

Год назад, когда мы писали о Нобелевской премии, нам пришлось объяснять новое, незнакомое большинству читателей понятие: «РНК-интерференция». В этот раз премию получили создатели технологии, хорошо знакомой нашим читателям, — о результатах ее применения мы пишем чуть ли не в каждом номере. Только вот общепринятого русского названия у нее до сих пор нет.

«Gene targeting» (от target — мишень, цель) часто переводят как «нокаутирование», «включение и выключение гена». С помощью этой технологии можно получать генетически модифицированных животных. Строго говоря, ген, облюбованный ученым, можно не только «выключить», но и сделать его иным, внося точно рассчитанное исправление. Однако мы еще не научились влиять на свойства белков, меняя структуру генов, и подавляющее большинство искусственных мутаций — как, впрочем, и естественных — по сравнению с нормой не улучшает, а ухудшает работу гена или в самом деле выключает его. Поэтому «генный нокаут» и «gene targeting» многие специалисты используют как синонимы; еще есть вариант «сайленсинг», от silence — молчание. Другие предпочитают более широкий термин «направленный мутагенез», как бы с расчетом на будущие перспективы. Но в скобках добавляют «gene targeting», чтобы было ясно, что речь идет именно об этом замечательном методе.

А метод действительно замечательный. Если в середине 90-х выходили сотни работ с упоминанием генного нокаута, то теперь счет идет на тысячи. Не будет преувеличением сказать, что этот метод открыл новую эпоху в изучении функций генов млекопитающих. Ведь пока что основным способом изучения сложной машины генома остается тот, что описали братья Стругацкие в «Попытке к бегству»:

«Машина пришла в движение от пальца в отверстию пятом и от пальца в отверстию сорок седьмом». Что мы хорошо умеем — так это выключать гены по одному и смотреть, что получится. Собственно, в этом и состоит заслуга лауреатов.

В роли модельных животных обычно выступают мыши. Не только потому, что они самые привычные и хорошо изученные лабораторные млекопитающие. У мышей, как выяснилось, почти столько же генов, сколько у человека, а сходство аминокислотных последовательностей наших и мышиных белков достигает 90%. Если нужно выяснить, какие последствия производит отключение определенного гена, проверить, как подействует новое лекарство при наследственном заболевании, то первое, что приходит на ум, — найти или получить де novo нокаутированных мышей. Небиологов это словосочетание почему-то смешит. На самом деле мышей, конечно, никто не бьет боксерской перчаткой по носу. Они появляются на свет уже нокаутированными.

У млекопитающих, как мы помним, вся генетическая информация дублирована. Каждая хромосома представлена двумя копиями: одна от мамы, другая от папы. А когда млекопитающее само готовится приступить к размножению, парные хромосомы обмениваются фрагментами ДНК. Этот процесс называется гомологичной рекомбинацией. Затем хромосомы расходятся и оказываются в разных половых клетках: будущий ребенок получит только одну из них, а вторую — от другого родителя. Но после гомологичной рекомбинации в любой хромосоме оказываются и бабушкины, и дедушкины «кусочки», причем невозможно предсказать заранее, кому из потомков достанется конкретный ген от бабушки, а кому от дедушки. В этом и состоит смысл гомологичной рекомбинации: она увеличивает число возможных со-



Этапы генного нокаутирования

четаний генов в каждом поколении.

Биологи, однако, решили применить созданный эволюцией механизм для своих целей. Марио Капекки и Оливер Смитис придумали, как с помощью гомологичной рекомбинации вносить направленные изменения в гены. Капекки показал, что хромосомная ДНК может рекомбинировать не только с ДНК другой хромосомы, но и с фрагментом ДНК, введенным извне. Например, если подобрать фрагмент, параллельный дефектному гену, но без дефекта, рекомбинация исправит ошибку в ДНК.

Именно таким образом Смитис пытался исправлять мутантные гены в человеческих клетках. Он предполагал, что некоторые наследственные заболевания крови можно лечить, если избавиться от соответствующих мутаций в стволовых клетках костного мозга.

Однако Капекки и Смитис создавали в генах изменения, которые не



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

наследовались и исчезали, когда погибала последняя модифицированная клетка. Чтобы создать линию генетически модифицированных животных, нужны были клетки, из которых может вырасти эмбрион.

Мартин Эванс поставил своей задачей пройти путь от клетки к особи. Клетки мышинной эмбриональной карциномы, хотя и взяты из опухоли, могут давать начало практически всем типам клеток. Эванс пытался заставить их поучаствовать в создании эмбриона, но попытки не увенчались успехом: изменения в опухольевых клетках зашли слишком далеко. Тогда Эванс начал экспериментировать с нормальными клетками, полученными из эмбриона мыши на ранней стадии, — теперь они известны как эмбриональные стволовые клетки (ЭСК).

В эмбрионы одной мышинной линии вводили стволовые клетки от другой линии. Получались эмбрионы, составленные из клеток двух типов (их называют мозаичными, или химерными), которые затем росли в организме суррогатной матери. Мозаичное потомство скрещивали, и во втором поколении отбирали особей, несущих нужную мутацию.

После этого Эванс начал генетически модифицировать ЭСК, используя для этого ретровирусы, способные интегрировать свои гены в хромосомы. Он продемонстрировал перенос ретровирусных генов из эмбриональной стволовой клетки через мозаичных мышей в чистую линию.

К 1986 году все части головоломки были в руках. Капекки и Смитис показали, что в культуре клеток можно модифицировать гены с помощью гомологичной рекомбинации, а Эванс предложил подходящий «транспорт» для переноса этих генов в зародышевую линию — ЭСК. Оставалось скомбинировать эти методы. Для первого эксперимента Смитис с Капекки выбрали ген *hprt*, который легко идентифицировать. Этот ген участвует в развитии редкого заболевания у людей, синдрома Леша — Нихена. Капекки тщательно разработали стратегию модификации генов и со-

здал метод положительно-отрицательной селекции, который применяется по сей день.

В качестве векторов для трансформации — той самой чужеродной ДНК, которая должна рекомбинировать с хромосомной, — часто используют так называемые бактериальные искусственные хромосомы. Их вводят в клетку одним из трех методов: микроинъекцией, электропорацией (пропусканием тока через суспензию клеток с ДНК) или заражая клетку ретровирусом. Вектор несет в себе фрагмент гена мыши с требуемым исправлением. Тут возможны варианты: стоп-кодон в середине гена, обрывающий синтез РНК, делеция кодирующего участка или промотора (участка, сигнализирующего о начале синтеза РНК на матрице ДНК), вставка лишнего участка... ломать — не строить, и способов испортить ген существует множество. С обеих сторон от этого фрагмента должны быть достаточно длинные неизмененные участки, по которым, собственно, и пойдет рекомбинация, — гомологичные плечи. А еще в том кусочке, который встроится в хромосомную ДНК, должен присутствовать ген *leo* — он придаст клеткам устойчивость к антибиотикам неомицину и канамицину. Это позволит отсеять клетки, в которых не пошла рекомбинация: на среде с антибиотиком они не выживут. Такая селекция называется положительной.

А зачем нужна еще и отрицательная селекция? На тот случай, если вектор встроится неправильно: не заменит определенный участок своим, а целиком «вклинится» в случайное место. Для этого в вектор вставляют ген какой-нибудь гадости, убивающей клетку, например дифтерийного токсина или фермента вируса герпеса. Только расположен этот ген не внутри «правильного» кусочка для встраивания, а снаружи, по другую сторону гомологичного плеча. Таким образом, если клетка не получила вообще никакой чужеродной ДНК, ее уморит антибиотик, если она получила нужный кусочек, с ней ничего не случится, а если всю векторную последовательность — она сама себя отравит токсином.

После того как получена устойчивая линия трансформированных клеток, их можно ввести в эмбрион мыши (обычно на стадии бластулы). Полученный мозаичный зародыш подсаживают самке, у которой вызвано состояние ложной беременности. Химерное потомство скрещивают с обычными мышами — желательно, чтобы они отличались от химер, скажем, по

цвету. Потомков этого скрещивания, похожих на химер, а не на нормальных родителей, отбирают для получения чистой линии.

Первые сообщения об использовании гомологичной рекомбинации в ЭСК для создания генетически модифицированных мышей появились в 1989 году. С тех пор число линий таких мышей росло по экспоненте.

На сегодня в различных линиях «выключены» более 10 тысяч генов: это примерно половина генома млекопитающего. В распоряжении ученых и медиков имеются более 500 мышинных моделей человеческих заболеваний, включая сердечно-сосудистые и нейродегенеративные, а также диабет и рак. Эксперименты с генным нокаутом позволили выявить роль многих генов в эмбриональном развитии, физиологии взросления, старения. Предполагается, что вскоре будут созданы линии нокаутированных мышей со всеми известными генами. (Можно, оказывается, выключать даже гены, которые раньше считались абсолютно необходимыми для жизни, но как это делается, расскажем в другой раз.)

Почти любой аспект физиологии млекопитающих сегодня изучен методами генного нокаута. Этот метод использует так много исследовательских групп и для столь различных целей, что дать краткое описание результатов невозможно. Скажем несколько слов о работе самих лауреатов. В работе Капекки было показано, какую роль играют некоторые гены в формировании органов у млекопитающих и общего плана тела. Эта работа пролила свет на причины некоторых пороков развития у человека. Эванс использовал генный нокаут для создания мышинных моделей заболеваний человека, например кистозного фиброза (муковисцидоза), и использовал эти модели, чтобы изучить механизмы, лежащие в основе заболевания, и проверить эффект генной терапии. Смитис также использовал нокаут, чтобы получить на мышах модели кистозного фиброза и болезни крови талассемии. Кроме того, он получил многочисленные мышинные модели таких распространенных болезней, как гипертензия и атеросклероз.

Можно сказать, что нокаутированные мыши проникли во все отрасли биомедицины. Наверняка они принесут человечеству еще много пользы.

Е.Котина

**КАПУСТА
ЗАЩИТИТ
ЛЮБИТЕЛЕЙ
ЗАГОРАТЬ**

Американские ученые заметили, что экстракт из соцветий капусты брокколи может защитить кожу от ультрафиолета.

Пресс-секретарь
Nick Zagorski,
nzagors1@jhmi.edu

Пятнадцать лет назад ученые из университета Джона Хопкинса (США) во главе с доктором Полом Талалаем идентифицировали очень полезное вещество — сульфорофан, которое содержится в брокколи. Оно продемонстрировало неплохую противораковую активность в опытах на животных, которым раковую опухоль создавали химическими методами. Теперь ученые той же группы решили опробовать экстракт брокколи в роли защитника кожи.

Для этого они обрабатывали отдельные участки кожи подопытных животных экстрактом, а потом облучали разными дозами ультрафиолета. Как оказалось, экстракт брокколи способен творить настоящие чудеса: в среднем, в 38% случаев после большой дозы облучения не было ни сильного покраснения кожи, ни ее воспаления. Последующие эксперименты с участием добровольцев подтвердили защитные свойства препарата.

«Экстракт не поглощает ультрафиолетовые лучи, как это делают обычные защитные кремы с диоксидом титана, — говорит Пол Талалай. — Скорее всего, ферменты, которые содержатся в нем, проникают внутрь кожи и помогают ее клеткам пережить облучение. Об этом свидетельствует длительный срок действия — защита сохраняется в течение трех дней после намазывания препарата».

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

**КАТАРАКТА
ПОД
МИКРОСКОПОМ**

Французские ученые разглядели механизм развития катаракты.



Пресс-секретарь
Catherine Goupillon,
catherine.goupillon@curie.fr

Все органы человеческого тела состоят из живых клеток, причем даже такие, в которых наличие клеток не заподозришь. Например, хрусталик глаза. В клетках этой абсолютно прозрачной ткани нет ничего, кроме цитоплазмы и оболочки. Правда, того, что осталось, вполне хватает, чтобы выполнять функции, связанные с питанием. Как оказалось, они и приводят в конечном счете к катаракте — помутнению хрусталика, которое к 85 годам достигает две трети людей.

Чтобы клетка жила, в нее должны поступать вода и питательные вещества, а продукты жизнедеятельности выходить наружу. Обычно все это происходит с помощью крови. В хрусталике кровеносных сосудов нет, поэтому и питание, и отходы должны просачиваться через оболочки клеток за пределы органа. Для этого в клеточных мембранах предусмотрены два типа каналов: аквапорины и коннексоны. Их-то в живой мембране хрусталика и рассмотрели под атомно-силовым микроскопом ученые из Института Кюри во главе с Симоном Шёрингом.

Выяснилось, что в хрусталиках, пораженных катарактой, количество коннексонов сильно уменьшено по сравнению с нормой. В результате обмен веществами между клетками затруднен, и продукты жизнедеятельности накапливаются внутри клеток. «Впервые нам удалось напрямую установить причину этого заболевания на молекулярном уровне», — говорит Симон Шёринг. Возможно, открытие французских ученых поможет бороться с катарактой терапевтическими методами.

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

**ЛЕЧЕНИЕ
УГАРНЫМ ГАЗОМ**

Британские химики разработали соединения, которые медленно выделяют угарный газ.

Пресс-секретарь
Lindsey Bird,
l.bird@sheffield.ac.uk

Если у молекулы углекислого газа отнять один атом кислорода, получится СО — угарный газ. В больших количествах он ядовит, однако наши организмы сами вырабатывают немного этого вещества. Как оказалось, угарный газ, оказавшись в крови, способствует расширению сосудов, предотвращает их закупорку, усиливает кровоток, а также понижает активность макрофагов и других клеток иммунной системы. Значит, небольшая доза угарного газа не мешает людям, страдающим от гипертонии или пациентам, перенесшим пересадку органов.

Возникает вопрос, а как ввести его в организм? Ответ нашли химики из Шеффилдского университета во главе с профессором Брайеном Манном. Они синтезировали соединения на основе карбониллов рутения, железа и марганца, которые легко растворяются в воде, а попав в кровь медленно разлагаются и выделяют СО. Время разложения занимает от тридцати минут до нескольких часов, поэтому медики могут приготовить с помощью этих соединений препарат, который будет обладать требуемым действием. «Можно не только подобрать оптимальную для пациента дозу угарного газа, но и обеспечить контролируемую доставку препарата в нужное место с тем, чтобы он не влиял на весь организм», — говорит профессор Манн. Компания «hemoCORM Ltd», недавно отпочковавшаяся от университета, надеется через два года приступить к первой стадии клинических испытаний новых препаратов.

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

НОСОРОГ МОРОЗ

Немецкие ученые успешно оплодотворили замороженной спермой самку белого носорога из зоопарка Будапешта.

Thomas Hildebrandt,
hildebrandt@izw-berlin.de

Немецкие ученые продолжают серию работ по искусственному оплодотворению носорогов. Не так давно они разработали специальную иглу и успешно применили ее для зачатия черного носорога, затем они оплодотворили самку белого носорога по имени Лулу в зоопарке Будапешта, и она родила малыша. При этом была применена сперма от носорога из этого же зоопарка. Очередной эксперимент, который летом этого года провели ученые из берлинского Института исследований зоопарков и дикой природы, состоял в использовании замороженной спермы. Ее три года назад взяли у белого носорога Симбы, живущего в зоопарке британского Кольчестера, и хранили при температуре жидкого азота. В июне сперму разморозили, оживили клетки и провели операцию. А спустя четыре месяца ультразвуковое исследование показало, что операция оказалась успешной и маленький носорог должен появиться в ноябре 2008 года. Сейчас участники эксперимента выбирают ему имя, фантазируя на темы холода.

«Успешное оплодотворение замороженной спермой — большая удача, — говорит доктор Томас Гильдебрандт из Берлина. — Теперь мы можем забирать сперму у диких носорогов, замораживать ее, а потом использовать для воспроизведения этого редкого зверя в неволе. Ведь сейчас число северных белых носорогов не превышает 12 особей: восемь в зоопарках и три—четыре в дикой природе».



ИСКУССТВЕННАЯ РОГОВИЦА

Немецкие ученые создали полимерную роговицу

Joachim Storsberg,
joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

В зарубежных лабораториях

Повреждение роговицы глаза может привести к слепоте. Однако пока что помочь такому человеку может только пересадка роговицы, которую, как правило, срезают с глаза донора. Ежегодно более 40 тысяч человек в странах Евросоюза ждут такой возможности, однако удача улыбается далеко не всем.

Проблему могла бы решить искусственная роговица, но ее изготовление требует разрешения серьезного противоречия. Дело в том, что на ее краю должны легко расти клетки соединительной ткани, которые обеспечивают крепление роговицы. А в центре никаких клеток не нужно, эта часть должна оставаться прозрачной. Разрешить это противоречия сумели ученые из Фраунгоферовского института прикладных исследований полимеров в Потсдаме и другие участниками европейского проекта «CORNEA». Они сделали основу роговицы из полимера, не впитывающий ни капли воды. На таком совершенно сухом материале ни одна клетка поселиться не в состоянии. А по краям ученые пришили белки, которые должны обеспечить срастание протеза и живых тканей. «Мы выбрали короткие белки, — говорит доктор Иоахим Сторсберг из Потсдама, — ведь перед вживлением роговицу нужно стерилизовать. Длинные же белки при этом потеряют свою структуру».

Медики из больницы Регенсбургского университета уже получили многообещающие результаты во время испытания искусственной роговицы на кроликах и в 2008 году планируют перейти к клиническим испытаниям с участием людей.



СОСУДЫ ДЛЯ МЕНИСКА

Ученые из США создали систему микрососудов, которая пригодится для выращивания искусственных тканей человека.

Источник: «Nature Materials», октябрь 2007

В зарубежных лабораториях

Стволовые клетки, за использование которых только что дали очередную Нобелевскую премию, сулят множество фантастических возможностей для ремонта человеческого тела. В частности, из них можно вырастить любую ткань и изготовить протез, неотличимый от настоящего органа.

На пути к этому светлому будущему стоит много препятствий. Одно из существенных — клетки нужно закономерно расположить в пространстве, заполняя весь положенный органу объем. И значит, по этому объему нужно распределять питательные вещества и отводить продукты жизнедеятельности, для чего нужна система сосудов.

Очередную попытку создать пронизанный сосудами каркас для выращивания искусственной ткани предприняли ученые из Корнельского университета. Они синтезировали гель на водной основе и сформировали внутри него плотную сеть микрососудов. Каждый кубический миллиметр геля станет домом для десятков миллионов живых клеток. Они создадут трехмерную структуру требуемой формы, например мениска коленного сустава, а по сосудам можно будет доставлять внутрь гелевого образования кислород, глюкозу и факторы роста, необходимые для нормального развития клеток. «Подобные гели в будущем станут таким же обычным инструментом для выращивания клеток, как нынешние чашки Петри, — говорит участник работы Абрахам Струк, доцент Корнельского университета. — Я думаю, что изготовление искусственных органов — дело далекого будущего. А вот создание искусственных тканей для испытания лекарственных препаратов скоро станет возможным».

КОМПЬЮТЕР ЧИТАЕТ ЭМОЦИИ

Ученые из США создали устройство, которое способно определить, что человек, сидящий у компьютера, устал от работы или же скучает от ее отсутствия.

Пресс-секретари
Julia Keller,
j.keller@tufts.edu

В зарубежных лабораториях

Главный компонент устройства, которое создали ученые из университета Тафтса (Массачусетс, США) во главе с профессором Робертом Якобом для угадывания эмоций сидящего перед компьютером человека, — инфракрасный лазер. Излучаемый им импульс проникает сквозь лоб и проходит внутрь мозга. Ткани человека для излучения выбранной длины в общем-то прозрачны. Однако, встретившись с гемоглобином, импульс рассеивается и поступает в детектор. Таким способом можно выявить те области мозга, в которые поступает большее количество крови, то есть активно работающие.

При проверке работоспособности прибора участникам эксперимента показывали на экране компьютера крутящийся куб. Он состоял из восьми маленьких кубиков, грани которых были раскрашены в два, три и четыре цвета. В серии из 30 заданий надо было подсчитать количество цветов на каждой грани большого куба. По окончании эксперимента участников просили указать, какие задания им казались простыми, а какие — сложными. Результаты опроса совпали с данными лазерных измерений на 83%. «Похоже, мы можем определять, сильно ли загружен человек, сидящий за компьютером», — говорит участница работы Леанна Хиршфельд.

СПИРТ ИЗ ОПИЛОК ПО-МАССАЧУСЕТССКИ

Американские микробиологи вывели бактерию, которая прекрасно умеет превращать целлюлозу в спирт.

Susan Leschine,
suel@microbio.umass.edu

В зарубежных лабораториях

Чтобы превратить опилки в этиловый спирт, обычно их сначала растирают в однородную массу, затем обрабатывают ферментами, которые расщепляют целлюлозу на составляющие, и уж потом добавляют дрожжи, синтезирующие из сахаров спирт. А если добавить анаэробных бактерий, то никакого спирта не получится, потому что они превратят сахара в уксус. Однако именно этим путем решили десять лет назад пойти ученые из Массачусеттского университета во главе со Сьюзен Лещиной. Тогда ее коллега Томас Варник обнаружил в лесной почве необычную бактерию, которую назвали *Clostridium phytofermentans*. Как видно из названия, ее особенность — способность ферментировать остатки растений.

«Эта бактерия привлекла наше внимание потому, что в отличие от других анаэробов она синтезирует в восемь раз больше спирта, чем уксуса, — рассказывает Сьюзен Лещина. — Более того, она может питаться почти любыми растительными отходами — от древесной пульпы до оставшейся после переработки тростника багассы. Представляете, какие мощные у нее ферменты? Расчеты показывают, что можно смело отказаться от стадии обработки синтетическими ферментами и стоимость спирта снизится по крайней мере на четверть».

Только что созданная компания «СанЭтанол» получила недавно миллион долларов от венчурных фондов на организацию производства спирта по технологии, разработанной Лещиной с коллегами.

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

Антиоксиданты против болезней

Доктор химических наук
Я.И.Яшин,
кандидаты химических наук
А.А.Яшин, Н.И.Черноусова

Одна из основных теорий старения — свободнорадикальная (см. «Химию и жизнь», 2007, № 1, 5; 2005, № 6). Она предполагает, что причиной многих болезней и преждевременного старения становятся кислородные свободные радикалы, накапливающиеся в организме. Исследования, выполненные в разных странах, подтверждают, что в развитии даже самых опасных заболеваний — сердечно-сосудистых, онкологических, диабета и пр. — участвуют агрессивные частицы: супероксид-анион, гидроксильный и гидропероксидный радикал и др. (табл. 1). Из-за своих неспаренных электронов они активно вступают в реакции практически со всеми биомолекулами и окисляют их. В результате повреждаются мембраны, стенки сосудов, — в организме начинается оксидантный (или окислительный) стресс.

Однако речь у нас пойдет не о теориях старения и не о свободных радикалах, а о тех природных веществах, которые противостоят этому губительному для тканей окислению. У всех на слуху слово «антиоксиданты», но что это за вещества, в каких продуктах их больше всего — вот ключевой вопрос, ответ на который полезно знать. Чем хуже условия, в которых мы живем, чем чаще нервничаем, курим и принимаем сильнодействующие лекарства, тем больше «правильных» продуктов мы должны есть и пить. А в будущем, может, дело ограничится набором специальных таблеток. Это действительно поможет нашему организму справиться с нагрузкой.

Типы антиоксидантов

Биохимикам давно известны природные антиоксиданты — витамины Е, С и каротиноиды. Их считали очень эффективными, однако они совсем не лидеры в этой области, и их активности вовсе не достаточно для того, чтобы скорректировать окислительный стресс человека.

В течение многих лет ученые США и Европы проводили эксперимент с более чем 300 000 пациентов. Тем из них, которых отнесли к группам риска, давали в несколько раз больше нормы α -токоферола, витамина С и β -каротина. Результат получился не очень хороший. В случае сердечно-сосудистых заболеваний эффекта вообще не обнаружили. Больным с онкологическими заболеваниями немного помогал природный витамин Е, а если курильщикам давали много β -каротина, то у них, наоборот, даже чаще регистрировали онкологические заболевания.

Эти результаты объяснимы, поскольку витамины Е, С и каротиноиды, как мы уже сказали, обладают небольшой антиоксидантной активностью. В природе есть более сильные антиоксиданты — это, к примеру, флавоноиды (в том числе антоцианы) и ароматические гидроксикислоты (табл. 2, рис. 1, 2). Кроме того, надо учитывать, что в исследованиях использовали α -токоферол — это только один из существующих изомеров природного витамина Е. Всего таких изомеров восемь (рис. 3), и в последнее время

было доказано, что другие изомеры (γ -токоферол и γ -токотриенол) гораздо эффективнее α -токоферола.

С каротиноидами ситуация примерно такая же. В натуральных пищевых продуктах содержатся десятки каротиноидов (рис. 4). В исследованиях же использовали только β -каротин, хотя известно, что, например, ликопен значительно эффективнее.

В последние годы на первый план выходят биофлавоноиды. По антиоксидантной активности они в десятки раз сильнее α -токоферола (витамина Е), витамина С и β -каротина. Биофлавоноиды — это большая группа природных полифенолов. Всего их известно более 6000, из них более 3000 флавонов и более 700 изофлавонов.

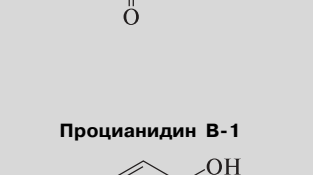
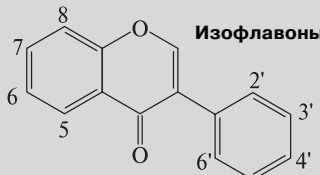
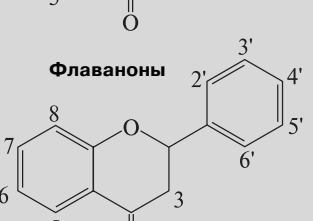
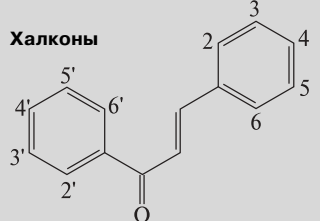
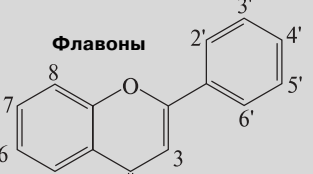
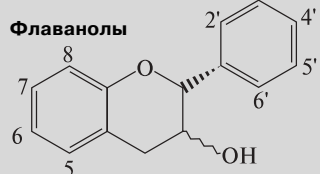
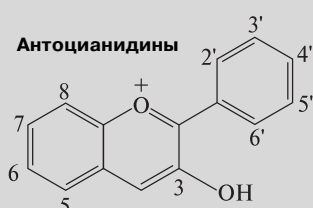
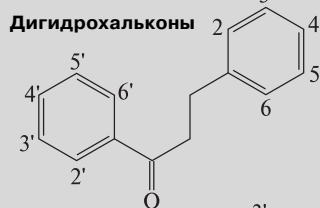
Откуда берутся эти вещества? Их синтезируют растения. Более 2% от общего количества органического углерода, полученного в результате фотосинтеза, растения превращают во флавоноиды или другие полифенолы. Флавоноиды защищают растения от радиации, УФ-облучения, окисления кислородом, болезней, инфекций, бактерий. Это не пустые слова — экспериментально показано, что если рас-

Таблица 2
Основные пищевые антиоксиданты

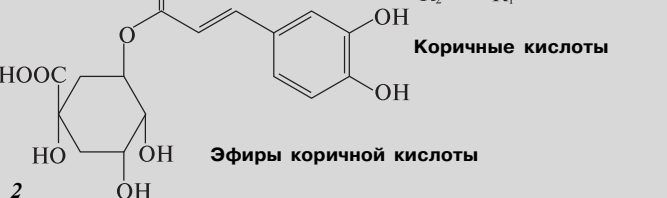
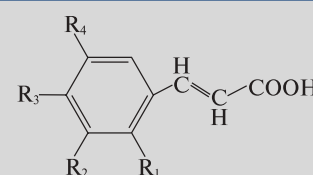
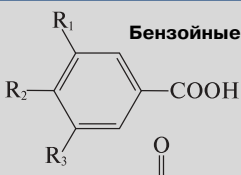
Класс/тип	Типичные соединения
Флавоноиды (флавоны, флавонолы, флавононы, изофлавоны, флавонолы, флаванолы, флаванолы, хальконы, дигидрохальконы, флаван-3,4-диолы, антоцианидины)	Кверцетин, мирицетин, морин, катехин, эпигаллокатехингаллат, цианидин, мальвидин, дигидрокверцетин, рутин и др.
Бензойные кислоты	Галловая, протокатехиновая, ванилиновая, сиреневая
Коричные кислоты	Феруловая, <i>p</i> -кумариновая, <i>o</i> -кумариновая, кофейная, синаповая
Производные кумарина	Эскулетин, 4-метилэскулетин, 4-гидроксикумарин и др.
Фитоэстрогены	Эстрогены, лигнаны, лактоны резорциновой кислоты и др.
Витамины	Аскорбиновая кислота, витамин Е (токоферолы и токотриенолы) и др.
Каротиноиды	Ликопен, β -каротин, α -каротин, β -криптоксантин, лютеин и др.

Таблица 1
Характерные значения времени жизни и радиусов диффузии основных свободных радикалов в биологических объектах

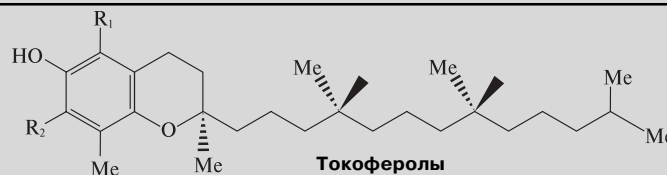
Форма АКМ	Время жизни, с	Радиус диффузии, мкм
ОН• — гидроксильный радикал	10^{-9}	$<0,01$
$O_2^{\bullet-}$ — супероксид-анион	10^{-6}	0,3
RO• — алкоксильный радикал	10^{-6}	зависит от R
$HO_2^{\bullet}$ — гидропероксидный радикал	10^{-3}	10
$NO_2^{\bullet}$ — нитроксильный радикал	10^{-1}	100
$RO_2^{\bullet}$ — перекисный радикал	10^{-2} — 10^{-1}	зависит от R
НОСI,НОI,НОBr	Зависит от субстрата	



1
Структурные формулы флавоноидов.
Водород в положениях 1—8 в разных соединениях может быть заменен на $-OH$, $-OCH_3$, или в антоцианинах на остатки сахаров



2
Структурные формулы бензойных и коричных кислот



3
Структуры и положение метильных групп в разных типах витамина Е



4
Каротиноиды

ЗДОРОВЬЕ

тения облучать, то в них растет содержание флавоноидов. В человеческом организме тоже вырабатываются вещества, которые должны защищать нас от свободных радикалов, но это совсем другой тип соединений, и их категорически не хватает при современном образе жизни.

Внутри флавоноидов надо выделить отдельный класс природных красителей — антоцианов, которые в свою очередь подразделяются на антоцианидины и антоцианины (рис. 1). Они содержатся во многих фруктах, овощах и листьях и имеют самую разную окраску: красную, оранжевую, пурпурную и голубую. Эти соединения — тоже сильные антиоксиданты. Некоторые из них даже легче проникают через мембраны, чем остальные флавоноиды, поскольку в их молекулах имеется положительный заряд около атома кислорода в положении 1. Сегодня известен 21 тип антоцианидинов (агликонов), но широко распространены только шесть из них. Антоцианины — это антоцианидины с самыми различными сахарными остатками.

Физиологическая активность биофлавоноидов весьма разнообразна. То, что они блокируют вредное действие свободных радикалов и ингибируют перекисное окисление липидов, — только часть их возможностей. Ученые доказали, что они также обладают антиканцерогенными и антисклеротическими, противовоспалительными и антиаллергическими свойствами.

Опять французский парадокс

Факт остается фактом: во Франции мужчины умирают от инфаркта в два раза реже, чем в США. И онкологических больных там существенно меньше. В США более 30 лет назад ежегодно умирало от сердечно-сосудистых заболеваний более 800 000 мужчин в возрасте 40–65 лет. Это приносило миллиардные убытки экономике США. Для со-

Структуры и положение метильных групп в разных типах витамина Е

Структура токола	Структура триенола	R ₁ R ₂
α-Токоферол (α-T) (5,7,8-Триметил токол)	α-Токотриенол (α-3) (5,7,8-Триметил токотриенол)	Me Me
β-Токоферол (β-T) (5,8-Диметил токол)	β-токотриенол (β-3) (5,8-Диметил токотриенол)	Me H
γ-Токоферол (γ-T) (7,8-Диметил токол)	γ-Токотриенол (γ-3) (7,8-Диметил токотриенол)	H Me
δ-Токоферол (δ-T) (8-Монометил токол)	δ-Токотриенол (δ-3) (ε-Монометил токотриенол)	H H

кращения смертности была разработана специальная программа оздоровления: постоянная физическая нагрузка, нежирная пища, отказ от курения (сегодня более 70% мужчин в США не курят). Через 20—25 лет смертность от инфаркта в США уменьшилась вдвое, и на этом положительная динамика замедлилась. Программу благополучно завершили, и количество сердечно-сосудистых заболеваний опять начало расти. Во Франции никаких специальных программ оздоровления не было, и там цифры все равно в два раза ниже, чем в США после оздоровительной программы. Ученые пришли к выводу, что причина этого — любовь к красному вину. Сейчас уже речь идет не только о французском парадоксе, но и о средиземноморской диете в целом. Она предполагает помимо красного вина большое количество фруктов, овощей, оливкового масла и рыбы. Организм такого гурмана болезням будет одолеть действительно не просто. А просто физическая нагрузка и нежирная пища без антиоксидантов поможет (как это доказали американские исследования), но не радикально.

Самый эффективный вариант сегодня — потреблять природное сочетание биофлавоноидов, которое природа уже отобрала, как оптимальное. О том, в каких природных продуктах больше всего антиоксидантов, — чуть позже.

Как измерить АА

АА — это антиоксидантная активность. С помощью прибора «ЦветЯуза-01-АА» в НТЦ «Хроматография» (он входит в состав НПО «Химавтоматика») несколько лет измеряют общую антиоксидантную активность в самых разных продуктах.

Количество антиоксидантов можно определять с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. В этом случае удастся померить отдельные компоненты, то есть выяснить, сколько в продукте того или иного биофлавоноида. Отдельные вещества можно увидеть и с помощью УФ-спектроскопии, флуориметрии. Поскольку антоцианы сильно окрашены, то их пики видны в видимой области спектра (450—530 нм).

Часто достаточно определить общую суммарную активность, а не активность отдельных флавоноида в продукте. Это дает возможность сразу понять, насколько интересен продукт с антиоксидантной точки зрения. Именно так работают амперометрические и кулонометрические детекторы, которые селективно и напрямую определяют общую антиоксидантную активность. Наш прибор «ЦветЯуза-01-АА» основан на амперометрическом методе и позволяет сразу получить результат по любому продукту или биодобавке. Кроме того, он очень чувствительный — с его помощью можно определить 10⁻⁹ — 10⁻¹² г антиоксидантов в пробе.

Таблица 3
Суммарное содержание природных антиоксидантов в соках фруктов (стандарт — кверцетин)

Название	мг/г	Название	мг/г
Цедра лимона	2,85	Яблоко (Декабренок)	0,31
Яблоко (Жигулевское)	0,64	Яблоко (Мартовское)	0,29
Яблоко (Антоновка)	0,62	Яблоко (Бреберн)	0,21
Яблоко (Семиренко)	0,57	Яблоко (Уэлси)	0,18
Груша	0,50	Нектарин	0,17
Киви	0,45	Абрикос	0,14
Мякоть лимона	0,43	Персик	0,12
Тернослив	0,40	Банан	0,07
Дыня (сорт «Колхозница»)	0,37		

Если суммарное содержание антиоксидантов в соках, например в черной смородине, составляет 7,65 мг/г, это означает, что антиоксидантная активность 1 г сока черной смородины равна активности 7,65 мг кверцетина.

Как же измерить общую АА? В ячейке детектора на поверхности рабочего электрода окисляются молекулы исследуемого вещества, и пропорционально тому, сколько молекул окислилось, увеличивается или уменьшается электрический ток между двумя электродами. Величина этого тока зависит от природы анализируемого вещества, от рабочего электрода и потенциала, приложенного к электроду.

По сути, электрохимическое окисление в ячейке прибора — это модель, которая показывает, как себя будут вести биофлавоноиды в биологической системе при наличии в ней окислителя (свободных радикалов).

флавоноид-О-Н→ флавоноид-О• + e + H⁺ (электрохимическое окисление)

флавоноид-О-Н + R• → флавоноид-О• + RH (улавливание свободного радикала)

Флавоноид-О• — это новый менее активный радикал, который не способен продолжить цепную реакцию. Обе реакции — и модельная в приборе, и в живом организме — предполагают разрыв одной и той же связи О—Н. При этом радикал Н• состоит из электрона (e) и протона (H⁺). Получается, что мы можем оценить, как флавоноиды (или другие полифенолы) ликвидируют свободный радикал, по тому, как они окисляются на рабочем электроде амперометрического детектора. В качестве стандартных веществ обычно использу-

Таблица 4
Антиоксидантная активность овощных соков (стандарт — кверцетин)

Наименование	АА, мг/г	Наименование	АА, мг/г
Свекла	2,17	Картофель	0,43
Сладкий перец красный	1,88	Кабачок	0,35
Репа	1,35	Ревень	0,32
Сладкий перец желтый	0,92	Огурец	0,22
Капуста белокочанная	0,69	Морковь	0,19
Помидор	0,64	Корень сельдерея	0,15
Редис	0,62	Патиссон	0,04
Баклажан	0,54		

Таблица 5
Антиоксидантная активность ягодных соков (стандарт — кверцетин)

Наименование	АА, мг/г	Наименование	АА, мг/г
Черная смородина	7,65	Клюква	2,70
Черная вишня	5,72	Барбарис	2,3
Боярышник	5,70	Черная черешня	2,21
Черноплодная рябина	3,28	Лесная клубника	2,10
Калина	3,22	Красная смородина	2,00
Черника	2,91	Малина	1,71

Таблица 6
Общее содержание антиоксидантов в наиболее распространенных напитках, пищевых продуктах (стандарт — кверцетин)

Название	Содержание, мг/г	Название	Содержание, мг/г
Зеленый чай	50—300	Соки ягод (черная смородина, вишня, черника, клюква, калина, брусника и др.)	0,2—10,0
Черный чай	40—100		
Кофе	40—50		
Какао	4—5	Соки овощей (свекла, перец, репа, петрушка, капуста, томаты, редис и др.)	0,15—2,2
Красные вина	2,0—2,5		
Белые вина	0,3—0,5		
Бальзамы	0,4—3	Соки фруктов (яблоки, апельсины, груша, чернослив, абрикосы и пр.)	0,1—3,0
Коньяки	0,1—0,3		
Виски	0,05—0,1	Поливитамины (алфавит, витрум, поливит и др.)	10—40
Пиво темное (Премиум Очаково)	0,7		
Пиво светлое	0,3		
Квас (Очаково)	0,1—0,2		
Мед	0,2—1,1		

ют общеизвестные антиоксиданты: рутин, кверцетин, дигидрокверцетин, мексидол, тролокс, аскорбиновую кислоту, галловую кислоту и др.

Как уже говорилось, метод не только очень чувствителен, он еще и весьма селективен. Никакие другие соединения, присутствующие в сложных смесях, не мешают измерить количество антиоксидантов.

Кстати, если амперометрический детектор скомбинировать с высокоэффективной жидкостной хроматографией, то можно определять не только антиоксидантную активность пищевых продуктов и напитков, но и кверцетина или аскорбиновой кислоты в плазме крови человека и его слюне после употребления полезных продуктов (например, зеленого чая).

А можно ли измерить общее количество антиоксидантов в биологических жидкостях человека? Оказывается, можно, таким образом оценивается антиоксидантный статус. Это делают во многих клиниках, например в онкоцентре, и у многих больных статус оказывается очень низким. Но самое интересное, что такой статус можно проверить у любого и таким образом выявлять группы риска. Поскольку человек с пониженным содержанием антиоксидантов, скорее всего, заболеет, если не восстановит этот важный показатель.

НТЦ «Хроматография» должен в ближайший год выпустить портативный прибор, которым за несколько минут в медицинском центре можно будет измерить антиоксидантный статус любого человека.

Свеклу с черной смородиной заправить лимонной цедрой, запить зеленым чаем...

Важно понимать, какие же продукты богаче всего антиоксидантами. Таких данных набралось уже много. В 2002 году норвежские исследователи опубликовали работу, в которой привели общее содержание антиоксидантов в самых распространенных растительных пищевых продуктах (фруктах, ягодах, овощах, злаках, орехах и корнеплодах). Общее содержание они определяли методом FRAP (восстановление Fe^{3+} до Fe^{2+}). Содержание этих жизненно важных веществ в продуктах различалось более чем в 1000 раз, а лидерами оказались шиповник, черная смородина, клубника, малина, черника, клюква.

Есть данные по пищевым продуктам, наиболее часто употребляемым в Италии. Среди овощей первое место заняли шпинат и спаржа. Среди ягод — опять же черная смородина, красная смородина и малина. Среди напитков — кофе, затем цитрусовые соки. Среди жиров — соевое масло.

Еще одна группа исследователей оценивала четырнадцать типов соков, распространенных в европейских странах, в том числе яблочный, свекольный, черничный, мор-

Таблица 7
Общее содержание антиоксидантов в растительных маслах (стандарт — ионол)

Наименование	Производитель	АА, мг/г
Смесь масел амаранта и зародышей пшеницы 1:5 (в.ч.)	НПКФ «Декост»	1035
Пальмовое масло	«Злата пальма»	982
Масло зародышей пшеницы	НПКФ «Декост»	792
Масло рапсового	НПКФ «Декост»	616
Кукурузное	«Олейна»	543
Рисовое	«Масло и лецитин»	260
Льняное	Вологда	251

В последнее время в пальмовом масле обнаружено много изомера витамина Е — γ -токотриенола, обладающего значительно большей антиоксидантной активностью, чем наиболее распространенный изомер витамина Е — α -токоферол.



ковный, лимонный, апельсиновый, розовый грейпфрутовый, томатный. Исследователи измеряли их способность улавливать три типа кислородных смесей (пероксид-радикал, гидроксил-радикал и пероксинитрит). Наибольшую АА показали соки, содержащие антоцианины, то есть природные красители, — черничный, вишневый и др.

За последние пять лет нам удалось получить много интересных данных. Мы измерили антиоксидантную активность самых разных продуктов и напитков (табл. 3—7), включая чай, пиво, бальзамы, вина, мед, витамины и многое другое. Свежевыжатые соки мы делали из фруктов и овощей, купленных на рынке. Что касается яблок (все же это наш национальный фрукт), то их мы исследовали подробно по сортам. Результаты получились разными, в зависимости не только от сорта яблок, но и от места их произрастания и времени хранения. Абсолютным лидером по антиоксидантной активности оказались пальмовое масло, масло зародышей пшеницы и зеленый чай (см. «Химию и жизнь» 2005, № 3). Кстати, не сравнивайте цифры — при измерении масел и водных растворов использовался разный стандарт. А вот среди продуктов с водорастворимыми антиоксидантами зеленый чай защищает нас от свободных радикалов не только лучше вина и бальзамов, но и лучше всех соков и ягод.

Долгосрочные планы у НТЦ «Хроматография» гораздо более серьезные. К концу 2008 года планируется создать большой банк данных по всем нашим сертифицированным продуктам, которые россияне едят каждый день. Причем важно не только понять, сколько активных веществ в каждом продукте, но и как их содержание меняется в зависимости от сорта и времени хранения. Тогда можно будет давать более подробные рекомендации для людей с пониженным антиоксидантным статусом. Здесь очень важны два момента. Во-первых, и на такую сложную субстанцию, как антиоксиданты, есть нормы потребления. Сильно превышать их тоже не надо — эффект будет отрицательный. В России максимально допустимой дозой считается 1300 мг/сутки (чуть больше грамма). А второе — не надо думать, что если вы будете есть и пить продукты с водорастворимыми антиоксидантами (например, красное вино или зеленый чай), то можно считать, что задача выполнена. Обязательно надо также есть продукты с жирорастворимыми антиоксидантами и антоцианами (мы уже упоминали, что они лучше преодолевают клеточные барьеры).

В общем, вывод очевиден. В растительных продуктах сотни разных антиоксидантов, они могут быть не только профилактическим средством, но и лекарством. Достаточно сказать, что в ноябре этого года на Мальте будет конференция по полифенолам. Там уже заявлены доклады: «На пути к долгой здоровой жизни: место и роль полифенолов», «Роль полифенолов в профилактике хронических болезней», «Ожирение, диабет и окислительный стресс: новая концепция лечения» и многие другие.



Химик-долгожитель

23 мая 2007 года скончался старейший химик современности – академик АН УССР (ныне – Национальной академии наук Украины) Максим Федотович Гулый. Он родился 3 марта 1905 года (еще до начала Первой русской революции) и прожил 102 года, 2 месяца и 20 дней. Воспоминания внука Гулого о своем деде можно прочитать в статье, размещенной по адресу: <http://www.zn.ua/3000/3760/59704/>.

Лишь немногим больше – 102 года, 7 месяцев и 10 дней – прожил французский химик Мишель Эжен Шеврёль (1789–1889). Он родился за три года до штурма Бастилии, а умер, простудившись при осмотре работ по постройке Эйфелевой башни. На своем столетнем юбилее, на который съехались химики со всей Европы, Шеврёль лихо отплясывал с самой молодой участницей торжеств – восемнадцатилетней Жизель Тифено. По случаю юбилея у Шеврёля взял интервью французский писатель Феликс Турнашон (1820–1910), известный под псевдонимом Надар. А присутствовавший при этом сын Феликса Поль сделал ряд воспроизведенных здесь фотографий, которые 5 сентября 1886 года были опубликованы в парижском *Le Journal illustre*.

Более 100 лет (101 год и 5,5 месяцев) прожил также американский химик Джозель Генри Гильдебранд (1881–1993). Он разработал теорию регулярных растворов; впервые наблюдал спектры переноса заряда, обусловленные образованием донорно-акцепторных комплексов (комплексов с переносом заряда). Любой специалист по межмолекулярным взаимодействиям знаком с уравнением Бенеши-Гильдебранда, которое позволяет из спектральных данных рассчитать константу равновесия таких комплексов. Одну из своих монографий Гильдебранд написал, когда ему было почти 100 лет.

Менее года не дожили до своего 100-летнего юбилея американский химик И.М.Кольтгоф (1894–1993) и родившийся в Польше швейцарский химик Тадеуш Рейхштейн (1897–1996). В 1933 Рейхштейн впервые синтезировал витамин С, а в 1950 году получил (совместно с Э.Кендаллом и Ф.Хенчем) Нобелевскую премию по физиологии и медицине за

исследование строения и функций гормона коры надпочечников.

Можно подумать, что приведенные примеры химиков-долгожителей – скорее исключение, чем правило. Казалось бы, химики, всю жизнь имеющие дело с различными малополезными для здоровья химикатами, должны жить меньше людей других профессий. В опубликованной 5 лет назад статье «Сколько живут химики» («Химия и жизнь», 2003, № 3) приводились примеры преждевременной смерти ряда химиков прошлых лет, отличавшихся в молодости крепким здоровьем, но подорвавших его в результате хронического отравления реагентами и несчастных случаев в лаборатории. Самые известные примеры – Гемфри Дэви, проживший 50 лет и Карл Вильгельм Шееле, проживший 43 года. Не повезло Ивану Ивановичу Андрееву (39 лет), Феликсу Романовичу Вредену (36 лет), Алексею Николаевичу Вышнеградскому (28 лет), Льву Яковлевичу Карпову (41 год), Александру Александровичу Летнему (34 года), Николаю Николаевичу Мариуце (33 года), Владимиру Ивановичу Спицыну (29 лет). Не дожили до 50-летнего возраста Евгений Владиславович Бирон, Дмитрий Петрович Коновалов, Товий Егорович Ловиц, Андрей Владимирович Фрост, Михаил Семенович Цвет, Лев Александрович Чугаев... Многие иностранные химики прожили плодотворную, но короткую жизнь: 41 год прожил Р.Абегг, 37 – К.И.Д.Гротгус, 39 – Ш.Ф.Жерар, 43 – Ж.И.Июич, 41 – У.Х.Карозерс, 42 – А.Ф.Кронстедт, 47 – И.Г.Леман, 37 – К.Л.Реймер, 41 – И.К.Ф.Тиман...

Все эти химики – не какие-нибудь безвестные ученые: их краткие биографии помещены в книге В.А.Волкова, Е.В.Вонского и Г.И.Кузнецовой «Выдающиеся химики мира. Биографический



А.Сент-Дьёрди



Н.Н.Семенов



справочник» (М.: Высшая школа, 1991), в которой приведены биографии более 1200 отечественных и зарубежных ученых, внесших значительный вклад в развитие химической науки и технологии с алхимических времен и почти до конца XX века. Так, законы Коновалова можно найти в любом учебнике по физической химии; имя Карпова носит Физико-химический институт в Москве; Цвет открыл хроматографию; Вышнеградский и Юицх разработали новые органические реакции, носящие их имя; Чугаев – основатель и директор Института по изучению платины, его именем назван аналитический реактив на никель; Гротгус открыл один из основных законов фотохимии, носящий его имя; Жерар – создатель теории типов в органической химии, его именем названа одна из комплексонов солей; Карозерс – создатель первого полиамида – найлона, а Кронстедт открыл новый химический элемент – никель...

Значит ли это, что удел известных химиков – насыщенная, но короткая жизнь? Не будем делать преждевременных выводов, а обратимся к статистике. На основании сведений, приведенных в упомянутом биографическом справочнике, а также с помощью интернета удалось установить продолжительность жизни для 1072 химиков, упомянутых в этой книге (данные на сентябрь 2007 года). И оказалось, что их средняя продолжительность жизни – 72,3 года, что намного больше средней продолжительности жизни в XVIII – XX веках. Более того – среди химиков на удивление много долгожителей. Многие из них были увековечены на помещенных здесь почтовых марках разных стран.

Более 100 лет прожили упомянутые М.Ф.Гулый, М.Э.Шеврёль и Н.Г.Гильдебранд.



Н.Д. Зелинский



РАДОСТИ ЖИЗНИ

ранд, а более 90 лет – 75 химиков или 7% (от 1072). Упомянем самых известных из них.

Академик Александр Ерминингельдович Арбузов (1877–1968) – один из основоположников химии фосфорорганических соединений. Его имя носит Институт органической и физической химии в Казани.

Академик Христофор Степанович Багдасарян (1908–2000) открыл существование двухквантовых фотохимических реакций.

Академик Александр Александрович Баев (1904–1994) известен своими трудами в области биохимии; в течение ряда лет был президентом Международного биохимического союза.

Американский химик Герберт Чарльз Браун (1912–2004) получил в 1979 году Нобелевскую премию за разработку новых методов синтеза бор- и фосфорсодержащих органических соединений. Эту премию он разделил с немецким химиком Георгом Виттигом (1897–1987), также прожившим более 90 лет.

Еще один лауреат Нобелевской премии – за работы по половым гормонам – немецкий химик Адольф Фридрих Бутенант (1903–1995) был удостоен ее в 1939 году, но под давлением нацистского режима был вынужден отказаться от награды и смог получить заслуженную премию спустя десять лет. Это не единственный случай такого рода. Наиболее известный – отказ в 1958 году от Нобелевской премии Б.Л.Пастернака, который умер, так и не получив ее (это сумели сделать значительно позже его наследники).

Академик Пауль (Павел Иванович) Вальден (1863–1957) открыл изучаемое всеми студентами-химиками явление обращения стереоизомеров – так называемое вальденовское обращение.

В честь финского химика Юхана Гадолина (1760–1852) назван один из редкоземельных элементов – гадолиний. Из химиков такой чести – попасть в периодическую таблицу – удостоены, кроме Гадолина, только Мария Кюри и Д.И.Менделеев (остальные – физики).

Американский физикохимик Луис Плэк Гаммет (1894–1987) установил знаменитое соотношение между кинетическими параметрами реакции и структурой участвующих в ней органических соединений (уравнение Гаммета). Он же ввел в химию понятие функции кислотности.

Лауреат Нобелевской премии за 1971 год канадский физикохимик Герхард Герцберг (1904–1999) получил ее за исследование электронной структуры и строения стабильных молекул и свободных радикалов. Его книги по спектроскопии долгие годы были незаменимым пособием во многих лабораториях мира.

Один из самых знаменитых химиков-долгожителей – академик Николай Дмитриевич Зелинский (1861–1953), основоположник химии нефти и органического катализа, создатель большой школы отечественных химиков. Его имя носит Институт органической химии РАН в Москве.

Более 99 лет прожил известнейший американский химик-аналитик Исаак Мауриц Кольтгоф (1894–1993). Его учебники по аналитической химии были переведены на многие языки, и их десятки лет штудировали студенты во всем мире.

Французский биохимик Андре Мишель Львов (1902–1994) – лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1965 год (совместно с Ф.Жакобом и Ж.Л.Моно) за открытие генетического контроля синтеза ферментов и вирусов.

Американский физикохимик Роберт Сандерсон Малликен (1896–1986) в 1966 году был удостоен Нобелевской премии по химии за изучение химической связи и электронного строения молекул методом молекулярных орбиталей. Имя Малликена известно всем, кто когда-либо имел дело с молекулярными комплексами.

Английский биохимик Арчер Джон Портер Мартин (1910–2002) получил в 1952 году (совместно с Р.Л.М.Сингом) Нобелевскую премию за создание метода распределительной хроматографии.

Американский биохимик Джон Хоуард Нортроп (1891–1987) – лауреат Нобелевской премии 1946 году (совместно с У.М.Стэнли) за получение в кристаллическом виде ряда ферментов и вирусов. Эта работа была решающей для расшифровки строения многих биологически активных молекул методом рентгеноструктурного анализа.

Английский химик Уильям Одлинг (1829–1921) остался в истории науки в основном благодаря разработке проблемы систематизации химических элементов; составленные им таблицы анализировал в своих работах Д.И.Менделеев.

Дважды лауреат Нобелевской премии Лайнус Карл Полинг (1901–1994) благодаря своим работам по применению аскорбиновой кислоты для лечения простудных заболеваний и активному участию в антивоенном движении широко известен не только ученым. «Химия и жизнь» посвятила ему несколько статей.

Родившийся в Югославии швейцарский химик Владимир Прелог (1906–1998) прославился своими исследованиями в области стереохимии органических соединений, разработал (совместно с К.Инголдом) общепринятую у органиков систему обозначений для пространственных конфигураций молекул и ввел в химию понятие хиральности. За свои работы Прелог в 1975 году удостоен Нобелевской премии (совместно с Дж.У.Корнфортом).

Академик Григорий Алексеевич Разуваев (1895–1989) провел важнейшие исследования в области химии металлоорганических соединений и свободных радикалов в растворах. Его имя носит Институт металлоорганической химии РАН в Нижнем Новгороде.

Выдающийся педагог и популяризатор науки биохимик академик Сергей Евгеньевич Северин (1901–1993) в течение более полувека был профессором в Московском университете и воспитал целую плеяду ученых.

Академик Николай Николаевич Семёнов (1896–1986) – единственный отечественный лауреат Нобелевской премии по химии. Он получил ее (совместно с С.Н.Хиншелвудом) за открытие разветвленных цепных реакций. Имя Н.Н.Семёнова носит Институт химической физики РАН в Москве. Одним из авторов



Л. Полинг

первой работы, в которой в 1926 году была обнаружена разветвленная цепная реакция, был еще один академик, а в те года — сотрудник Н.Н.Семенова, Юлий Борисович Харитон (1904–1996), также проживший более 90 лет. Однако известен Ю.Б.Харитон совсем в другой области — он возглавлял научное направление при разработке ядерного оружия.

Американский химик венгерского происхождения Альберт Сент-Дьёрдьи (1893–1986) был в 1937 году удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине за свои работы по биологическому окислению (исследовал тканевое дыхание) и выделению в кристаллическом виде витамина С (он установил также его строение). Многие студенты выбрали свой путь в науку, прочитав его книгу «Введение в субмолекулярную биологию» (русский перевод — 1964).

Не менее знаменит еще один американский биохимик Эрвин Чаргафф (1905–2002). Именно он открыл закономерности в составе и структуре ДНК: независимо от происхождения количество аденина всегда равно количеству тимина, а содержание гуанина всегда равно содержанию цитозина (эти правила Чаргаффа были ключевыми в разгадке структуры ДНК).

Родившийся в Германии шведский биохимик Ганс Карл Август Симон фон Эйлер-Хельпин (1873–1964) был потомком знаменитого математика Леонарда Эйлера. Но прославился он в совсем другой области, исследовав механизм ряда биохимических процессов, в частности процессов спиртового брожения, за что и получил (совместно с А.Гарденом) в 1929 году Нобелевскую премию.

Следует обратить внимание, что среди химиков, проживших от 90 до 100 лет, 14 ученых (19 %) были лауреатами Нобелевской премии. Но конечно, совершенно неверен вывод о том, что потому-то они и получили высокую награду, что жили очень долго и успели много сделать. Ведь

большинство открытий делается в сравнительно молодом возрасте, а между достижением и его признанием нередко проходит немало лет. Так, Нобелевская премия Н.Н.Семенову была присуждена более чем через 30 лет после открытия. И этот пример далеко не единственный. Петр Леонидович Капица, выступая в Стокгольме с нобелевской лекцией, сказал, что она присуждена ему за работы с жидким гелием, сделанные более 30 лет назад, поэтому он лучше расскажет о том, чем занят сейчас — плазмой и термоядерными реакциями.

Немало долгожителей и среди здравствующих химиков. В феврале 2007-го отметил свой 90-летний юбилей американский кристаллохимик Герберт Аарон Хауптман. За определение кристаллических структур химических соединений Хауптман в 1985 году получил Нобелевскую премию совместно с американским физикохимиком Дж.М.Карле, которому 90 лет будет в июне 2008 года. В сентябре 2007 года исполнилось 90 лет Джону Уоркапу Корнфорту (как отмечалось, он в 1975 году также получил Нобелевскую премию). В сентябре 2007 года исполнилось 94 года академику Иосифу Наумовичу Фридляндеру, специалисту в области металловедения, и 93 года Михаилу Гавриловичу Слинько, разработавшему принципы математического моделирования химических процессов. В 2008 году отметят 90 лет американский биохимик Артур Корнберг — тоже нобелевский лауреат (1959, премия совместно с С.Очоа по физиологии и медицине за открытие механизма биосинтеза нуклеиновых кислот) и дважды лауреат Нобелевской премии английский биохимик Фредерик Сенгер (в 1958 году за установление строения молекулы инсулина и в 1980 году, совместно с У.Гилбертом, за установление нуклеотидной последовательности в молекулах нуклеиновых кислот). Таким образом, из 7 упомянутых в этом абзаце здравствующих химиков 5 — нобелевские лауреаты.

Если же считать долгожителями тех химиков, упомянутых в биографическом справочнике, кто прожил более 80 лет, то таких будет, конечно, значительно больше — 328 (31% — почти треть). Отсюда следует, что быть химиком полезно для здоровья! Так что интенсивные занятия химией (как, впрочем, и други-

ми науками) позволяют поддерживать бодрость и работоспособность в течение долгих лет, если работать в лаборатории не только с увлечением, но и аккуратно, выполняя все достаточно элементарные правила.

И вот что еще интересно. Авторы справочника «Выдающиеся химики мира» отметили в нем всех нобелевских лауреатов вплоть до 1988 года. Но из тех 38 ученых, которые удостоились Нобелевской премии по химии за прошедшие 18 лет, в справочнике не упомянут ни один! Это означает только одно: как это ни прискорбно, многие достойные исследователи становятся «выдающимися» только после получения Нобелевской премии. Действительно, кто, кроме коллег и узких специалистов, знал Френсиса Крика и Джеймса Уотсона до 1962 года, когда они получили Нобелевскую премию за установление структуры ДНК и ее роли в передаче наследственной информации? А после награждения они стали знаменитыми. Другой пример. В справочнике В.А.Волкова, Е.В.Вонского и Г.И.Кузнецовой, изданном в 1991 году, лауреат Нобелевской премии по химии 1983 года Генри Таубе упоминается. А в предыдущем издании биографического справочника этих же авторов, изданном в 1984 году, Таубе отсутствует, хотя свои исследования по механизму переноса электрона в реакциях с участием комплексов металлов он проводил в 1960–1970-е годы и был награжден именно за эти работы. Причина очевидна: Таубе до награждения не был широко известен.

А интересно — как обстоит с долголетием у знаменитых физиков?

Более подробно о химиках-долгожителях можно прочитать в старых номерах «Химии и жизни»: о У.Х.Карозерсе (1966, № 2), о Л.Я.Карпове (1967, № 2), о А.Е.Арбузове (1967, № 8, 1977, № 9), о Н.Н.Семенове (1966, № 8, 1986, № 4, 11), о М.Э.Шеврёле (1984, № 11), о Л.Полинге (1974, № 12, 1976, № 2, 1995, № 7, 1999, № 10), о Э.Чаргаффе (1978, № 5), о А.Сент-Дьёрдьи (1980, № 1, 2002, № 4), о Н.Д.Зелинском (1986, № 2, 1998, № 1), о С.Е.Северине (1994, № 4), о Ю.Б.Харитоне (1997, № 12).



Г. Вуммуз





Гемоглобины, азотфиксация и симбиоз

О.В.Космачевская,

доктор биологических наук

А.Ф.Топунов,

Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН, Москва

Сбор клубеньков гороха требует терпения и аккуратности. Слева направо: студент-дипломник С.П.Никифоров, один из авторов статьи аспирант О.В.Космачевская, старший научный сотрудник К.Б.Шумаев и еще один автор статьи — заведующий лабораторией А.Ф.Топунов

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

«Кислородный парадокс», «острие метаболического ножа» — эти термины взяты отнюдь не из детективных романов. Они употребляются в серьезной научной литературе. Правда, посвящена она проблеме, которая временами развивалась по всем канонам детективного жанра. Эта проблема — регуляция кислородных условий в азотфиксирующих клубеньках бобовых. В наше время, когда все говорят об экологии, «биологическом» земледелии, безнитратной пище и других подобных вещах, изыскание «чистых» способов получения сельскохозяйственной продукции — актуальная задача для науки. И не случайно столько внимания сегодня уделяется биологической фиксации азота. Напомним, что этот термин означает превращение атмосферного N_2 в азотсодержащие соединения (например, аммиак), которые могут усваивать растения. Качество почвы при этом улучшается в буквальном смысле за счет воздуха.

Использование азотфиксации в агротехнике нельзя назвать недавним открытием. Еще в работах византийских ученых упоминалось, что бобовые растения делают почву более плодородной. Есть сведения, что об этом знали в древнем Карфагене и что одним из главных военных трофеев, которые захватили в нем римляне, были агрономические труды карфагенян, посвященные именно этой теме. В научной же литературе клубеньки бобовых впервые описаны в 1886 году, а в 1888-м были выделены и клубеньковые бактерии. А первую свободноживущую азотфиксирующую бактерию *Clostridium pasteurianum* выделил в 1893 году российский микробиолог Сергей Николаевич Виноградский. В нашей лаборатории мы также изучаем симбиотическую азотфиксацию, в которой принимают участие бобовые растения. А если конкретнее — исследуем регуляцию условий в клубеньках, где и протекает этот процесс.

Защититься от кислорода

В первую очередь нам интересны кислородные условия в клубеньках, поскольку именно от них зависит, может ли идти азотфиксация.

Вернемся к термину «кислородный парадокс». Действительно, кислород в клубеньках играет противоречивую роль. Он одновременно и вреден для азотфиксации, и необходим для ее протекания. Дело в том, что нитрогеназа — фермент, катализирующий восстановление атмосферного азота до аммиака, — ингибируется свободным кислородом. В то же время для поддержания энергетики бактериоидов — микробного внутриклеточного симбионта бобовых — необходим кислород.

Бактериоидами называют видоизмененные клубеньковые бактерии, которые содержат нитрогеназу и осуществляют сам процесс азотфиксации. Интересно, что бактериоиды в растительной клетке заключены в специальные образования — симбиосомы, окруженные еще одной перибактероидной мем-

браной. Неожиданно оказалось, что если кислорода слишком мало, то связывание азота идет плохо, поскольку бактериоидам просто не хватает энергии для азотфиксации (это явление стали называть «лимитированием нитрогеназы по кислороду»). Чтобы показать, насколько узок диапазон оптимальных концентраций кислорода, и употребляют термин «острие метаболического ножа». Чтобы удержаться на этом острие, создать очень низкую, но все же достаточную концентрацию кислорода (порядка 10 нМ в бактериоидной зоне), в клубеньках функционирует весьма сложная система.

Если разломить клубенек с корня бобового растения, то на срезе он будет красным, а если его сдавить, то на этом срезе появится красная капля, похожая на каплю крови. Это красное вещество — леглоббин (Lb), гемоглобин бобовых, то есть мы действительно можем сравнить сок клубенька с кровью растения. Для чего же растению нужна эта кровь? Для того же, для чего она нужна животным, — для связывания и транспорта кислорода. Причем леглоббин в клубень-

ке играет особенно важную роль, поскольку кислорода в его центральную часть поступает очень мало.

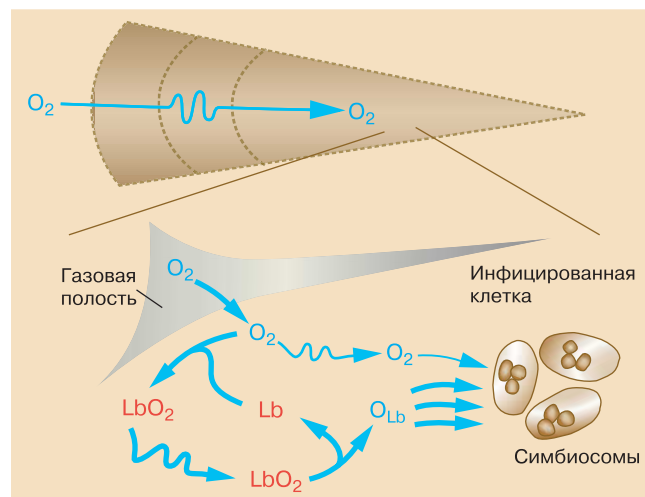
Хотя азотфиксацию изучают давно, более или менее правильные представления о том, как регулируется поступление кислорода в клубенек, сложились только в последние 15–20 лет. Резкое понижение концентрации кислорода в коре клубенька впервые было показано в 1974 году, однако лишь с 1980-х годов этот факт привлек особое внимание исследователей. В начале 80-х стало известно, что в клубеньке имеется специальный барьер, задерживающий большую часть кислорода. Интересно, что существование барьера сперва предположили на основе теоретических расчетов, а затем подтвердили экспериментально.

Барьер газовой диффузии

Для лучшего понимания проблемы скажем несколько слов о строении клубенька (рис. 1). Поверхностный слой клеток и наружная кора, состоящая из крупных клеток с большими межклеточными пространствами, не могут сколько-нибудь серьезно задерживать кислород. Вероятно, первая область, где падает парциальное давление O_2 , — это слой эндодермы из клеток с утолщенными стенками. Зона так называемой средней коры образована крупными клетками с утолщенными стенками и крупными межклетниками. Клетки «пограничной» зоны, тесно сомкнутые, без заметных межклетников, а также клетки зоны растяжения небольших размеров и с большими межклеточными пространствами, часто объединяют под общим названием «внутренняя кора». (И вот эта зона играет чрезвычайно важную роль в поддержании кислородного режима в клубеньке.) А прямо под внутренней корой — центральная зона клубенька с увеличенными клетками растения-хозяина, в цитоплазме которых содержится левоглобин. В них же находятся бактериоиды.

Поскольку диффузия кислорода в газовой среде идет примерно на четыре порядка быстрее, чем в жидкости, очевидно, что в центральную зону клубенька кислород проникает в первую очередь по межклеточным пространствам, заполненным воздухом. А это значит, что проникновение кислорода можно регулировать, изменяя объем межклеточных пространств (рис. 2).

Долгое время считали, что только кора клубенька управляет поступлением кислорода в его сердцевину. Однако по некоторым данным, для регуляции кислородного режима возможностей коры недостаточно. Тщательно изучив все, что на



2

Кислород из внешней среды попадает в симбиосомы очень непростым путем. Сначала он преодолевает барьер диффузии в зоне внутренней коры (зигзагообразный участок стрелки в верхней части рисунка). В нижней части показано место стыковки нескольких инфицированных клеток, расположенных в центре клубенька.

Кислород проникает в межклеточное газовое пространство, затем поступает в инфицированную клетку (синие стрелки). К симбиосомам его переносит левоглобин (LbO_2)

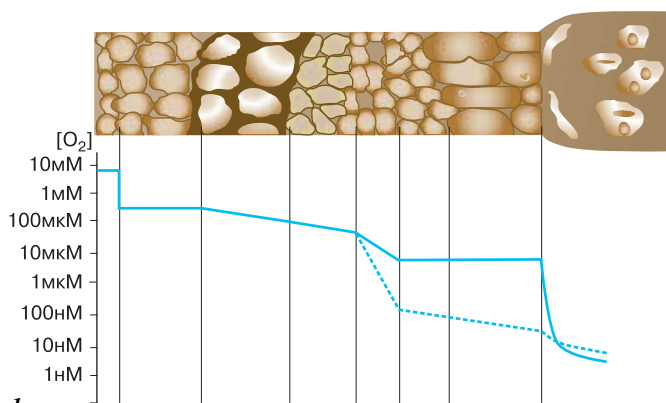
сегодня известно, мы предложили классифицировать типы регуляции, существующие в клубеньке. Они различаются и по времени протекания, и по механизмам функционирования.

Кратковременная реакция действует всего 5–10 минут, иногда до получаса, и использует главным образом физико-химические механизмы. При некоторых видах воздействий барьер вообще не успевает среагировать, и в инфицированной клетке (то есть в клетке, заселенной бактериоидами; хотя присутствие бактерий и благоприятно для растения, все же это не что иное, как инфекция) концентрация кислорода может возрасти настолько, что подавит активность. Ситуация приходит в норму как раз через 5–10 минут, а через полчаса барьер нормально выполняет свою защитную функцию. Средневременная реакция идет от нескольких часов до суток. Здесь уже начинают действовать физиологические и биохимические реакции, однако биосинтетические механизмы практически не включаются. Если же в тканях растения синтезируются дополнительные вещества, которые участвуют в регуляции пропускания кислорода через барьер, то имеет место долговременная реакция — она длится сутки и более. Наконец, особо долговременной будет реакция, продолжающаяся несколько суток, а иногда и недель. В этом случае уже начинается перестройка структуры клубеньков — изменения переходят с клеточного на тканевый уровень.

Однако здесь еще далеко не все ясно. Необходимо, в частности, разобраться, каков вклад той или иной реакции в разных условиях, в том числе и при внешнем воздействии на клубенек.

Кислород и левоглобин: хранение и транспортировка

Как уже говорилось, подавляющая часть кислорода задерживается во внутренней коре клубенька. Дополнительным доказательством этого служит тот факт, что в стеблевых клубеньках тропического бобового *Sesbania rostrata* практически весь кислород концентрируется в очень узком слое. Внутренняя азотфиксирующая зона в них расположена очень близко к фотосинтезирующей зоне коры, также выделяющей кислород, а разделены они как раз внутренней корой. Эти клубеньки — уникальный объект живой природы, ведь в них одновременно протекают два столь различных процесса, как азотфиксация и фотосинтез (рис. 3).



1
Строение клубенька. Сверху показаны слои клеток при движении от поверхности клубенька к его центральной части (слева направо). Справа — одна увеличенная клетка с симбиосомами — симбиотическими бактериями, заключенными в мембранные пузырьки. На графике показано изменение концентрации кислорода при его движении внутрь клубенька согласно современным данным (сплошная линия) и старым представлениям (пунктир). Теперь мы знаем, что концентрация O_2 понижается и в самой инфицированной клетке



3
У тропического бобового
Sesbania rostrata
клубеньки расположены на стебле:
в них идет и азотфиксация,
и фотосинтез



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

А как обстоит дело с кислородом в инфицированных клетках центральной зоны, тех самых, где живут бактериоиды и идет азотфиксация? Согласно последним данным, концентрация кислорода во внешней зоне клетки существенно выше, чем предполагалось: не 100 нМ и менее, а, возможно, более 10 мкМ. Более низкое содержание кислорода, около 10 нМ, достигается лишь в центральной, бактериоидной зоне клетки. Такой перепад концентраций в столь малом объеме, несомненно, впечатляет (рис. 1).

По нашим расчетам, доля инфицированной клетки в общем понижении количества кислорода, поступающего к бактериоидам, составляет всего 1%. Но это самый важный процент! Именно в клетке происходит окончательная, тонкая регуляция кислородных условий. Оставшийся кислород связывается легоглобином и передается бактериоидам для их энергетических нужд, в том числе и для самого процесса фиксации азота. (Цифры, показывающие вклад тех или иных структур клубенька в регуляцию кислородных условий, мы получили в совместной работе с лабораторией Дэвида Лейзелла из Университета Королевы в Канаде.)

Как же внешняя зона клетки снижает концентрацию O_2 ? Во-первых, кислород потребляют митохондрии и цитозольные оксидазы, во-вторых, избыток кислорода взаимодействует с легоглобином. Так создается градиент доли оксигенированного легоглобина, $Lb-O_2$: во внешней зоне инфицированной клетки практически весь Lb может нести кислород, в то время как доля $Lb-O_2$ в бактериоидной зоне обычно составляет около 20–25%. Возможны и какие-то другие механизмы. Так или иначе, кислород поступает к бактериоидам в связанном с легоглобином состоянии.

Долгое время считалось, что Lb выполняет в клубеньках две функции: снабжает бактериоиды кислородом и поддерживает в клетке его оптимальную концентрацию. После открытия барьера газовой диффузии появилось мнение, что

вторую функцию у легоглобина можно «отнять»: поскольку концентрация O_2 в клетке и так очень мала, нет никакой необходимости связывать «лишний» кислород. Однако теперь мы снова возвращаемся к мысли, что Lb нужен и для поддержания низкой концентрации кислорода в бактериоидной зоне. При этом его роль будет меняться в зависимости от количества поступающего в клубенек кислорода. При его недостатке легоглобин станет снабжать бактериоиды кислородом, при избытке — защищать от него.

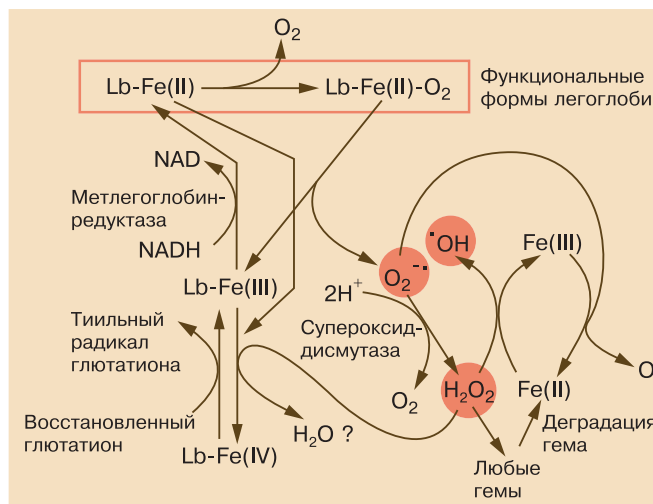
Мы предложили схему функционирования Lb, учитывающую процессы, в которых он может участвовать *in vivo*. Это прежде всего восстановление, ведь только восстановленный легоглобин способен связывать кислород. Ферментативное восстановление катализирует фермент метлегоглобинредуктаза. (Этот процесс был описан в нашем институте, в лаборатории члена-корреспондента РАН Вацлава Леонovichа Кретьевича, и мы же впервые получили в гомогенном состоянии редуктазу из люпина. Позднее аналогичный фермент был выделен из сои в лаборатории Роберта Ключаса из Небраски.) Мы изучили также влияние внешних условий. Так, при понижении температуры сродство легоглобина к кислороду повышается, и в результате меняется кислородный режим в клубеньке. Необходимо учитывать и процесс деоксигенации Lb — освобождения от связанного кислорода. Это передача O_2 симбиотам, возможная передача митохондриям и, наконец, описанная нами спонтанная деоксигенация, когда легоглобин освобождается от кислорода, но при этом O_2 не передается ни бактериоидам, ни митохондриям.

По мере работы над схемой она приобретала все более сложный вид (рис. 4). Сегодняшний вариант включает и взаимодействие легоглобина с активными формами кислорода, и переход его в «сверхокисленную» феррильную форму.

Цвет симбиоза

Состояние легоглобина может различаться в клубеньках разного возраста. В стареющих клубеньках он деградирует, и они из красных становятся зелеными. Подобные различия могут быть вызваны также изменениями в строении клубеньков. Именно поэтому нам показалось интересным изучить клубеньки мутантных растений, различающиеся по этому параметру. Эту работу мы провели совместно с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии Санкт-Петербурга, где под руководством академика Россельхозакадемии Игоря Анатольевича Тихоновича и доктора биологических наук Алексея Юрьевича Борисова получена самая богатая в мире коллекция симбиотических мутантов гороха (то есть таких растений, мутации которых затрагивают гены, связанные с симбиозом).

Оказалось, что «мутантные» клубеньки тоже различаются по строению и по цвету. Они могут быть белыми — без нормальных бактериоидов и легоглобина, бледно-розовыми, приближающимися к нормальным, и розовыми — с нормальной ультраструктурной организацией. Соотношение белых и розовых клубеньков показывает, как далеко зашел симбиоз между растением и бактерией. Но это соотношение может



4
Схема функционирования легоглобина

зависеть и от какого-либо фактора внешней или внутренней среды. Нам удалось показать, что мутации по симбиотическим генам у гороха влияют и на леоглобин в клубеньках. Эти данные заставили кое в чем пересмотреть прежние представления.

Интересно, что метлеоглобинредуктаза имела в клубеньках всех типов и ее активность не слишком различалась. Поэтому Lb во всех клубеньках, где он вообще был, находился в физиологически активном восстановленном состоянии. Это согласуется с нашими данными, что метлеоглобинредуктаза, в отличие от леоглобина, не относится к белкам-нодулинам, то есть синтезируется не исключительно в клубеньках и не «в ответ» на дифференцировку симбиотических структур.

И старение клубеньков, и мутации в симбиотических генах негативно влияют на клубеньки — иначе говоря, это факторы стресса. Интересно было посмотреть, как влияют на клубеньки другие стрессовые факторы.

Стресс внутри клубенька

Слово «стресс» очень популярно в наше время — настолько, что стало забываться первоначальное значение термина. В свое время канадский физиолог Ганс Селье обратил внимание на то, что действие на организм различных неблагоприятных факторов часто приводит к схожим последствиям. При этом и ответ организма на эти факторы достаточно стандартен — именно эта реакция и называется стрессом.

Классическая концепция стресса выделяет следующие стадии общего адаптационного синдрома — совокупности защитных реакций организма при стрессе: реакции тревоги, резистентности и истощения. Вначале организм мобилизует свои защитные силы, затем приспособляется к трудной ситуации, а при длительном стрессе наступает истощение, которое может закончиться смертью. Если же стресс очень силен, то организм может погибнуть, не выходя из стадии тревоги.

Как правило, эта концепция применяется к человеку и животным. Мы попытались применить ее для описания ситуации в клубеньках бобовых, и нам удалось показать, что понятие «стресс» в его классическом значении можно использовать и здесь. Известно, что внешние условия сильно влияют и на процесс азотфиксации в клубеньках бобовых растений, и на регуляцию кислородного режима в клубеньках. В качестве факторов стресса здесь могут выступать изменения водного, газового, температурного и светового режимов, а также действие некоторых соединений (например, нитратов) или прекращение доступа фотоассимилятов в клубенек. В этой связи заслуживают рассмотрения и некоторые органические соединения, модифицирующие леоглобин, о которых мы писали в нашей первой статье.

Многие авторы отмечали, что ответ клубенька на различные внешние воздействия, во-первых, практически одинаков, во-вторых, сходен у разных бобовых. В первые моменты воздействия барьер резко увеличивает сопротивление диффузии и уменьшает проницаемость. Клубенек как бы пугается резко изменившихся условий и закрывает себя от проникновения кислорода. В результате его концентрация в центральной зоне падает, что соответствует стадии тревоги. Возможно, при этом нитрогеназе может не хватать кислорода. Как правило, эта стадия непродолжительна.

Вскоре барьер начинает нормально функционировать, пропуская обычное количество кислорода. Ситуация стабилизируется, внутренняя концентрация O_2 и связанные с ней параметры приходят в норму: наступает стадия резистентности. Через какое-то время, если стрессовое воздействие повторяется или длится достаточно долго, вновь может увеличиться сопротивление диффузии, кислорода станет мало.

В случае же очень сильного внешнего воздействия защитные ресурсы барьера исчерпываются, он перестает работать, и количество поступающего O_2 возрастает. Нитрогеназа ингибируется, может прекратиться азотфиксация, а это уже соответствует стадии истощения.

Стресс проявляется также на молекулярном уровне. Как мы уже писали, температура влияет на родство Lb к кислороду. Здесь играют роль и химические факторы — например, при взаимодействии с нитритами (продуктами восстановления нитратов) может образоваться физиологически неактивный нитрозолеоглобин. Было даже высказано мнение, что это основная причина ингибирующего действия нитратов на азотфиксацию. Может понижаться общее количество Lb, а при особенно сильных воздействиях происходит распад самой молекулы.

Внешние факторы влияют и на окислительно-восстановительный статус Lb, воздействуя на метлеоглобинредуктазу. Ее активность снижается при действии некоторых веществ — совсем как при так называемой лекарственной метгемоглобинемии у человека, когда из-за химического воздействия увеличивается доля окисленного гемоглобина и соответственно уменьшается количество переносимого кровью кислорода.

Борьба с перекисями

Чтобы понять, как стрессовые факторы влияют на леоглобин, мы использовали модельную систему, описанную в предыдущей статье, — клетки *E. coli* с встроенным геном леоглобина. Такую модель мы впервые получили совместно с Институтом биоорганической химии Польской АН в Познани, который возглавлял Анджей Легоцкий (впоследствии президент этой академии). Потом аналогичные работы выполнили исследователи из других стран: сейчас, например, мы сотрудничаем с лабораторией мексиканского биохимика Рауля Арредондо-Петера.

Мы изучали действие на модельную систему окислительного и нитрозативного стресса. Во-первых, такие воздействия сами по себе важны и интересны, а во-вторых, известно, что образование активных форм кислорода (синглетный кислород, супероксид-анион-радикал, гидроксильный радикал, перекись водорода) — общая составляющая всех видов стрессов. Леоглобин, как и все гемоглобины, может здесь выступать и в роли защитника, и в роли агрессора.

В нашей предыдущей статье говорилось о том, что леоглобин может работать как пероксидаза, то есть восстанавливать пероксид водорода за счет окисления других веществ. Леоглобин имеет существенные структурные отличия от гемоглобинов животных, и это позволяет ему работать с крупными молекулами органических перекисей. Мы сравнили пероксидазную активность леоглобина и «классической» пероксидазы из корней хрена и убедились, что их активность по отношению к органическим перекисям одного порядка. А поскольку леоглобина в клубеньке очень много (до 40% от всех растворимых белков в инфицированной клетке), его вклад в разрушение перекисей может быть весьма значительным.

В то же время нужно учесть, что при взаимодействии леоглобина с перекисями могут одновременно протекать два процесса: их восстановление и окисление леоглобина с образованием суперокисленной феррильной формы, которая сама является сильным окислителем. Супероксидный радикал образуется и при деоксигенации леоглобина. В зависимости от того, какой из процессов преобладает, леоглобин может стать благодетелем или врагом для клетки.

На модельной системе *E. coli* мы показали, что при высокой концентрации леоглобина в клетках активнее идет пероксидазная реакция, а при низких концентрациях — образование феррильной формы. Это явление можно назвать «концентрационным эффектом». Но поскольку концентрация



лох



горох



восковица



бобы

5

Счастливые обладатели симбиотических гемоглобинов (они же хозяева симбиотических бактерий) еще меньше похожи друг на друга, чем сами эти белки: семейство бобовых — люпин, клевер, горох, бобы, другие двудольные растения, такие, как лох и восковица, моллюск *Lucina pectinata* и рифтия, обитающая возле «черных курильщиков»

легоглобина в клубеньках очень высока, то там он в первую очередь будет функционировать как антиоксидант.

Симбиоз на молекулярном уровне

Гемоглобин бобовых — легоглобин — не единственный симбиотический гемоглобин, известный в настоящее время. Во-первых, такие гемоглобины есть и у представителей других систематических групп. Это, например, так называемые актиноризные растения, живущие в симбиозе с актиномицетами рода *Frankia*. У них на корнях также имеются клубеньки, и в некоторых из этих клубеньков нашли гемоглобин. Похоже, что он, как и легоглобин, участвует в процессе азот-фиксации.

«Небобовый» гемоглобин был обнаружен в 1983 году, почти через 50 лет после открытия легоглобина, — одновременно у лоха, который можно увидеть в южных областях России, восковницы, или болотного мирта, растущей в прибрежных зонах Балтийского моря и занесенной в Красную книгу России, а также у тропических растений казуарины и параспонии, живущих в Новой Гвинее и Австралии. Кстати, параспония — единственное небобовое растение, которое образует симбиоз с теми же клубеньковыми бактериями, что и бобовые.

Другая группа симбиотических гемоглобинов — белки животных, существующих за счет симбиоза с сульфидокисляющими бактериями. Как правило, такие организмы обитают в гидротермальных оазисах (например, в зонах «черных курильщиков» на дне океана). Это могут быть червеобразные организмы вестиментиферы и полихеты, а также некоторые двусторчатые моллюски, причем прокариотические симбионты вестиментифер и полихет локализируются в особом органе — трофосоме, а у двусторчатых моллюсков — в специальных жаберных клетках. На рис. 5 показаны представители разных групп живых организмов, содержащие симбиотические гемоглобины.

Исследования последних лет показывают, что вестиментиферам свойственна так называемая мультигемоглобино-



Lucina pectinata



рифтия

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

вая система, состоящая из нескольких типов молекул. Чтобы сульфидокисляющие бактерии могли нормально существовать в организме вестиментиферы, ее кровь и жидкость полости тела должны переносить кислород и сульфид. Гемоглобин вестиментифер одновременно обладает высоким сродством и к O_2 , и к H_2S , при этом кислород связывается с гемом, а сульфиды — с цистеиновыми остатками белка. Интересно, что у гемоглобина вестиментифер такие же двойственные отношения с сульфидом, как у леоглобина с кислородом. С одной стороны, Hb вестиментифер накапливает значительные количества H_2S , необходимого для симбионта, а с другой стороны, защищает клетки от отравления высокими концентрациями H_2S . Способность связывать сульфиды с помощью цистеиновых остатков предполагается также для гемоглобинов некоторых моллюсков (наиболее известный из них — *Lucina pectinata*), которые тоже транспортируют сульфид и кислород к бактериальному симбионту.

Таким образом, мы можем говорить об особом виде симбиоза — «гемоглобиновом». Ведь именно этот белок оказался связующим агентом между симбионтами. В случае легоглобина и гемоглобина *Lucina pectinata* и сам симбиоз, поддерживаемый этими белками, не совсем обычен. Это внутриклеточный симбиоз, при котором бактерия находится внутри клетки макросимбионта — бобового растения или моллюска. Мы уже писали, что бактериод находится внутри особого образования — симбиосомы. Подобная структура образуется и вокруг сульфидокисляющих бактерий в клетках *Lucina*.

Многие исследователи отмечали, что такие образования работают как временные органеллы эукариотической клетки и кое в чем напоминают «классические» органеллы — митохондрии и хлоропласты. Как известно, господствующая в настоящее время теория симбиогенеза предполагает, что эти органеллы — отдаленные потомки прокариот, внедрившихся в ранние эукариоты. Таким образом, симбиосомы могут послужить моделью ранних этапов подобного симбиоза — первых шагов на пути от симбионта к органелле. (А если мы вспомним, что митохондрии способны взаимодействовать с миоглобином и легоглобином, то аналогия становится еще более наглядной.) Но взаимодействие между симбионтами в случае легоглобина удивительно не только этим. Считается, что сама эта молекула представляет собой продукт совместного производства: глобиновую часть легоглобина синтезирует растение, а гем — бактериод.

В заключение скажем несколько слов о той роли, которую играет белковая часть легоглобинов. Чтобы каждый из них мог выполнять свои специфические функции, эти гемоглобины должны обладать и особенной первичной структурой белка. Ее важность была доказана методом направленного мутагенеза: поменяв несколько аминокислот у миоглобина быка, исследователи получили белок, способный переносить сульфид подобно гемоглобину *Lucina pectinata*. Вообще, попытки получить «новый» гемоглобин с заранее заданными свойствами стали в последнее время весьма популярными. Многие ученые надеются, что таким образом удастся создать белки, которые найдут применение в различных областях биотехнологии.



Ионные жидкости – прорыв в новое измерение?

Доктор
химических наук
Л.М.Кустов



В начале 1980-х ионными жидкостями называли новый класс жидких при комнатной температуре веществ на основе расплавов солей. Кто-то может подумать, что ионная жидкость – это нечто вроде четвертого или пятого (если четвертым считать плазму) состояния вещества. Неужели такое бывает – жидкость, состоящая только из ионов?

Все знают, что такое поваренная соль, она же – хлорид натрия. Это твердое кристаллическое вещество,

но если его нагреть до 801°C , то оно плавится и переходит в жидкое состояние. Самая низкая точка плавления – у эвтектической смеси $\text{LiCl} \cdot \text{AlCl}_3$ ($+144^{\circ}\text{C}$), тем не менее это все равно выше температуры кипения воды. Однако если ионы натрия в NaCl заменить на более объемные органические катионы (ионы алкиламмония или алкилимидазолия, – см. рис. 1), а ионы хлора – на объемные органические или неорганические анионы (BF_4^- , PF_6^- , $\text{N}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2^-$, Al_2Cl_7^- и др.), то может



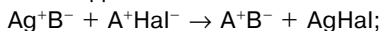
получиться соль, которая плавится при температуре ниже комнатной! Это и есть ионная жидкость. Вообще выбор «комнатной» температуры достаточно условен, потому что к ионным жидкостям причисляют соли, которые плавятся при температуре до $\sim 100^\circ\text{C}$. (Впрочем, известны ионные жидкости, остающиеся в жидком состоянии и при -95°C .) Основное отличие этих систем от обычных растворов в том, что они состоят не из молекул, а из ионов. Соответственно необычны свойства и поведение таких жидкостей.

Мы привыкли к тому, что все лучшее, что изобрело человечество, будь то телевизор или лампочка, впервые появилось в России. Ионные жидкости — не исключение. Первое такое соединение состава $[\text{EtNH}_3]^+[\text{NO}_3]^-$ с температурой плавления 12°C получил российский ученый Пауль Вальден в 1914 году. (Правда, в то время никто не называл это ионной жидкостью.) С 1940 по 1980 год были синтезированы самые различные типы этих веществ. Более того, хлоралюминаты подробно исследовали с практическим прицелом — их планировали использовать для электрохимического нанесения алюминиевых покрытий, а также в качестве электролита в батареях подводных лодок.

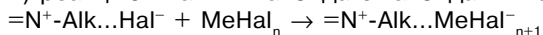
Теперь уже не секрет, что первые работы, посвященные низкотемпературным ионным жидкостям, были сделаны в закрытых учреждениях Вооруженных сил США. Однако до 90-х годов систематических исследований все-таки почти не было. А вот с 1990 года начался «бум»: интерес к ионным жидкостям стал расти все ускоряющимися темпами. Оказалось, что это огромный класс соединений. Потенциально ионных жидкостей бесконечно много, а фактически их число лимитировано доступностью подходящих органических молекул (катионов) и неорганических, органических или металлокомплексных анионов. По различным оценкам, число возможных комбинаций катионов и анионов в таких соединениях может достигать 10^{18} — примерно на восемь порядков больше, чем всех известных на сегодня органических веществ.

Сделать ионную жидкость несложно даже в промышленном масштабе. Чаще всего применяют три основных метода синтеза:

1) реакцию обмена между солью серебра, содержащей необходимый анион B^- , и галоидным производным с необходимым катионом A^+ :



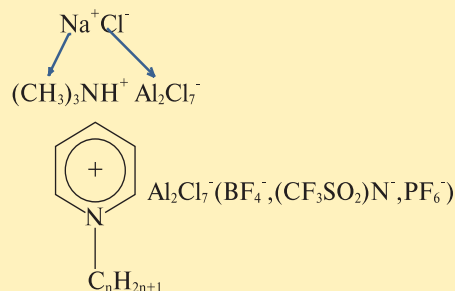
2) реакцию N-алкил галоида с галоидами металла:



3) реакции ионного обмена на ионообменных смолах или глинах.

Так какие же преимущества имеют эти соединения перед обычными органическими растворителями? Первое и очень важное свойство: все они остаются жидкими в очень широком диапазоне температур (от -90 — 70°C

до 300 — 350°C) и устойчивы до 200°C , а некоторые и до 400 — 450°C . Для сравнения: у воды и органических растворителей этот диапазон не превышает 100°C , а у аммиака, в котором проводят некоторые реакции, только 44°C . Второе важнейшее свойство — ионные жидкости очень хорошие растворители, причем не только для неорганических и органических, но и полимерных материалов. Причем это высокополярные, но слабокоординирующие растворители. Еще один важный момент: некоторые ионные жидкости имеют кислотные, а также суперкислотные свойства, очень важные в катализе. Впрочем, бывают и основные ионные жидкости. Для промышленных процессов весьма существенно, что у многих из них очень низкое давление насыщенных паров. Есть у них и другие полезные свойства: негорючесть, низкая токсичность, высокая ионная проводимость.



1

В верхней части изображены примеры формул ионных жидкостей. А на фотографии можно увидеть смесь, где нижняя фаза — ионная жидкость

Однако все не так радужно, как может показаться на первый взгляд. Ионные жидкости — новый и еще не очень изученный класс соединений, поэтому некоторые из преимуществ могут быть и преувеличены. Сейчас на них возлагают большие надежды, но оправдаются ли они — покажет будущее. Одни недостатки уже известны, другие могут обнаружиться в процессе исследования и использования. Пока что ионные жидкости дороги для

В Европе и США обучению «зеленой химии» уделяют огромное внимание: школьникам рассказывают о ней с шести лет, в Интернете есть специальные обучающие сайты. В последние 5–10 лет регулярно проводятся конференции и симпозиумы, посвященные «зеленой химии и проблемам устойчивого развития», существуют специальные премии и журналы. В России этой науки официально пока нет.

широкого применения. Конечно, стоимость ионных жидкостей будет уменьшаться, как это всегда происходит с новыми продуктами, но и тогда, скорее всего, их будут использовать только в тонком органическом синтезе, электрохимии и других областях, где им нет замены. Ионные жидкости, впрочем, можно использовать многократно, что уменьшает стоимость процесса с их участием. Так что в этой области еще необходим детальный анализ всех pro и contra.

Сегодня стремительно растет количество обзоров, публикаций и патентов, посвященных приготовлению, свойствам и использованию ионных жидкостей. Их исследуют как потенциальные растворители в органическом синтезе, как каталитические среды и электролиты, с их помощью синтезируют новые материалы, например для оптоэлектронных устройств и сенсоров.

Сейчас в литературе описано около 500 ионных жидкостей. Это и хорошо известные еще с 80-х (пиридиниевые, имидазолиевые, полиалкиламмониевые), и синтезированные относительно недавно (гуанидиниевые, пиперидиниевые, пирролиевые, пирролидиниевые, морфолиновые, холиновые, пиперазиниевые, тиазолиевые и др.). Есть полициклические ионные жидкости, с мостиковыми структурами, биядерные или полиядерные, цвиттерионные, гидрофобные (фторированные), хиральные. Попробуем из большого количества работ составить портрет этого класса соединений и подробнее рассмотреть их положительные качества.

Большинство ионных жидкостей — довольно плотные (обычно 1,1–1,3 г/см³) и вязкие (более 30–40 сП): ведь фактически это расплавы. Как положительное их свойство отмечают стабильность при высоких температурах.

Но это свойство сильно зависит от природы катиона и аниона. Например, алкиламмониевые соли наименее стойки (до 80–150°C), а имидазолиевые и пиридиниевые соли намного стабильнее. Один из лидеров термической устойчивости — ионная жидкость [EMIM][(CF₃SO₂)₂N], которая выдерживает нагревание до 400–450°C. Кстати, разлагаться некоторые из этих соединений (в частности, те, что на основе AlCl₃) могут не только от высоких температур, но и при действии на них других веществ, например воды.

К воде ионные жидкости относятся совершенно по-разному. Те из них, что содержат AlCl₃, — гидролизуются, хотя гораздо медленнее, чем AlCl₃, а ионные жидкости с анионами Cl[–], CF₃COO[–] или CF₃SO₃[–] образуют с водой гомогенные смеси. Ионные жидкости с тем же катионом, но с анионом PF₆[–] или (CF₃SO₂)₂N[–] почти не смешиваются с водой и обладают сильными гидрофобными свойствами (а значит, их можно использовать в двухфазных системах с водой). Фосфатные ионные жидкости также имеют ярко выраженные гидрофобные свойства. А вот если анионом будет BF₄[–], то такая ионная жидкость смешивается с водой в любых пропорциях.

Теперь о том, как в них растворяются газы. Они почти не растворяются в ионных жидкостях, поскольку это полярные среды. Но если газ необходим для какой-либо конкретной реакции, то, чтобы растворить водород, кислород или оксид углерода, можно добавить перфторированные углеводороды — как известно, они-то хорошо растворяют газы (ведь именно из перфторанов изготавливают «голубую кровь»). Совсем другое дело — сверхкритический жидкий CO₂, — он хорошо растворяется в некоторых имидазолиевых ионных жидкостях. Это свойство можно использовать для экстракции и разделения, а также для некоторых каталитических реакций.

Химия зеленеет

Термин «зеленая химия» кажется сочетанием несочетаемых слов, как, например, «живой труп» у Л.Н.Толстого. Это обманчивое впечатление. «Зеленая химия» — новая философия химии, новый язык, помогающий взглянуть на химическую отрасль не только с утилитарных позиций (получение прибыли, производство продуктов, которые имеют спрос), но и с общегуманитарных. Цель этой новой философии — свести на нет усилия экологов по очистке нашей планеты от вредных выбросов, большая часть которых — результат работы химических производств. Основные принципы «зеленой химии» сформулировал Пол Анастас — один из руководителей Агентства защиты окружающей среды США (см. также «Химию и жизнь», 2004, № 6).

1. Лучше предотвращать образование выбросов и побочных продуктов, чем заниматься их утилизацией, очисткой или уничтожением.

2. Стратегия синтеза должна быть выбрана таким образом, чтобы ВСЕ материалы, использовавшиеся в процессе синтеза, в максимальной степени вошли в состав продукта.

Здесь надо вспомнить понятие атомной экономии, или атомной эффективности, которое предложили в разных модификациях Б.Трост и Р.Шелдон. В качестве примеров реакций с высокой атомной эффективностью можно привести реакции метатезиса (диспропорционирования)



2
Гибкие батарейки с нанесенной на бумагу ионной жидкостью

Перейдем от общей картины к отдельным работам, которые ведутся широким фронтом во всем мире. Чтобы популярная статья не превратилась в научный обзор (тема и так непростая), не будем претендовать на полноту информации, а ограничимся только несколькими примерами.

Кислотные ионные жидкости на основе хлоридов металлов вполне могли бы заменить традиционные гетерогенные и гомогенные катализаторы алкилирования, ацилирования и олигомеризации (в частности, отпала бы необходимость в использовании $AlCl_3$ и других агрессивных катализаторов). Фактически ионная жидкость на основе галогенида соли металла — это сильная льюисовская кислота, иммобилизованная в фазе ионной жидкости (по аналогии с системами, иммобилизованными на твердых носителях).

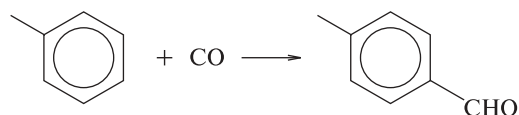
Типичный пример ацилирования по Фриделю—Крафтсу — ацилирование алкилароматических углеводородов. Это очень важная реакция для тонкого органического синтеза, но те твердые кислотные катализаторы (цеолиты и твердые суперкислоты), которые обычно используют в

этой реакции, не работают в полную силу: образующиеся полярные продукты блокируют кислотные центры, неминуемо идут побочные реакции и катализатор теряет активность. Вот тут ионные жидкости открывают уникальные возможности.

Еще одна реакция, в которой перспективы кажутся весьма привлекательными, — олигомеризация и полимеризация олефинов. О высокой эффективности ионных жидкостей в этих процессах впервые сообщил французский Институт нефти, где был разработан промышленный процесс олигомеризации бутенов с использованием ионной жидкости (процесс «Дифазол»).

Ко всеобщему удивлению выяснилось, что ионная жидкость с анионом $Al_2Cl_7^-$ оказалась хорошим катализатором переработки высокомолекулярных углеводородов. Ее можно использовать в гидрокрекинге тяжелых нефтяных остатков. Более того, есть данные, что эта ионная жидкость оставалась активной и в повторных экспериментах.

Еще один пример — карбонилирование ароматических углеводородов. Обычно в этих реакциях используют льюисовские кислоты (такие, как $AlCl_3$) и другие галогениды металлов, которые, как известно, не лишены недостатков. В частности, их нельзя использовать повторно. Ионные жидкости также катализируют эту реакцию, правда, при повторном использовании постепенно теряют свою активность.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

олефинов, Дильса—Альдера, реакции конденсации и кросс-сочетания, алкилирования. В них исходные соединения и вспомогательные вещества практически полностью включаются в состав конечного продукта. Примерами реакций с низкой атомной эффективностью могут служить реакции окисления стехиометрическими окислителями (хроматы, перманганаты) и реакции восстановления с использованием $NaBH_4$, $LiAlH_4$. Сокращение числа стадий — эффективный путь повышения атомной экономии.

3. По возможности нужно применять такие синтетические методы, которые используют как можно менее токсичные вещества.

4. Нужно производить химические продукты с минимальной токсичностью при сохранении их функциональной эффективности.

Это особенно важно при производстве пестицидов и других средств защиты растений узкого спектра действия. Если исследователи поймут механизм защиты данного растения, то станет возможным целевой синтез продуктов, содержащих лишь ту функциональную группу или фрагмент структуры, который нужен для эффективного действия препарата. А общая токсичность соединения будет меньше. Хороший пример — использование феромонов вместо традиционных инсектицидов.

В последнее время широким фронтом ведутся также работы по получению биоразлагаемых полимеров для современных упаковок, в том числе и для пищевых продуктов.

5. Использование вспомогательных веществ (растворителей, экстрагентов и др.) по возможности должно быть сведено к минимуму.

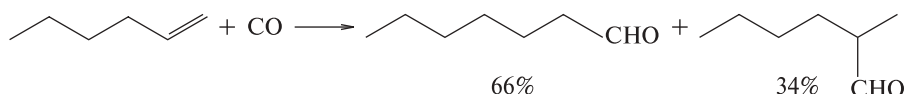
Это совершенно понятно, поскольку растворители и экстрагенты не входят в состав конечного продукта (их атомная эффективность равна нулю). Между тем они — значительная и довольно дорогостоящая часть производства.

В качестве альтернативы можно использовать новые растворители: ионные жидкости, фторированные рас-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Другой метод получения альдегидов — гидроформирование олефинов на родиевых, платиновых, кобальтовых или рутениевых катализаторах, которые слишком дороги. Однако комплексы этих металлов, растворенные (практически иммобилизованные) в имидазолиевой ионной жидкости с гексафторфосфатом в качестве аниона, показывают высокую активность и селективность в этой реакции. Но главное — катализаторы в такой форме можно использовать повторно.



Среди новых областей использования ионных жидкостей обязательно нужно, и, может быть, даже в первую очередь, упомянуть электроосаждение металлов. Причем не только тех, которые легко получить из водных растворов, но и более капризных металлов, для покрытия которыми применяют экзотические методы с использованием высокого вакуума и элементоорганических соединений. Уже удалось создать таким способом покрытия из ниобия, тантала, вольфрама, рения и других металлов.

Вообще, перечень новых применений ионных жидкостей непрерывно пополняется. Их пытаются использовать как электролиты в литиевых перезаряжаемых батареях, элементах солнечных батарей, как растворители для переработки твердых отходов (в том числе отработанного ядерного топлива), для экстракции и концентрирования различных веществ, среды для переноса тепла, агенты для удаления твердых минеральных отложений, светочувствительные материалы, пластификаторы полимеров, антимикробные агенты, растворители для получения наночастиц оксидов, металлов и халькогенидов...

Буквально месяц назад опубликована статья, в которой описаны гибкие батарейки с нанесенной на бумагу ионной жидкостью (рис. 2).

В общем, как уже, наверное, понятно, химики пробуют проводить в ионных жидкостях почти все известные процессы. Где-то результат блестящий, где-то не очень. Так или иначе, благодаря многообразию и особенностям их свойств ионные жидкости отлично проявили себя в катализе, органическом синтезе, электрохимии и синтезе новых материалов.

Что касается «экологичности» этих соединений, то в последующих исследованиях многое может быть переоценено. Хотя уже то, что их можно использовать повторно без дополнительной очистки и перегонки, их негорючесть и низкое давление насыщенных паров делают ионные жидкости полноправными участниками «зеленой химии». Даже если не учитывать выигрыш в производительности, эффективности или селективности, которые во многих случаях очевидны (примеры некоторых реакций мы привели). Сегодня ионные жидкости из-за их высокой стоимости вряд ли будут применять в многотоннажных процессах (если только не обнаружатся дополнительные преимущества). А вот малотоннажная химия, в первую очередь металлокомплексный катализ и электрохимия, — наиболее вероятные области их использования.



творители, работающие в двухфазных системах, сверхкритические среды (двуокись углерода, легкие углеводороды, фреоны), а также воду. Наконец, некоторые процессы можно проводить вообще без растворителя.

6. Энергетические расходы должны быть пересмотрены и минимизированы. По возможности химические процессы нужно проводить при низких температурах и давлениях.

Использование катализаторов, применение СВЧ-излучения для нагрева, параллельных схем, в которых тепло экзотермической реакции ис-

пользуется в параллельно протекающей эндотермической, эффективное использование тепла (в западной науке даже есть специальная дисциплина *heat management* — управление теплом) — все эти подходы нужно задействовать, чтобы превратить экологически малопривлекательные процессы в «зеленые». Напомним, что энергия — это эквивалент, измеряемый в кубометрах и тоннах природного газа или нефтепродуктов. А если посмотреть с другой стороны — это эквивалент, измеряемый в тоннах CO₂, выбрасываемого в атмосферу.

7. Сырье для получения продукта должно быть возобновляемым, а не исчерпаемым, если это экономически целесообразно и технически возможно.

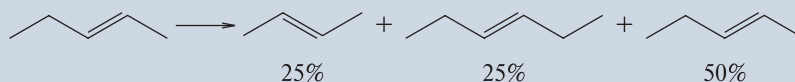
Сегодня наиболее привлекательными считают растительные масла (особенно пальмовое), целлюлозу, хитин и получаемый из него хитозан, биомассу и бытовой мусор. Углекислый газ также рассматривают как возобновляемое сырье.

8. Вспомогательные стадии (защита функциональных групп, введение блокирующих заместителей и прочее) должны быть по возможности исключены.

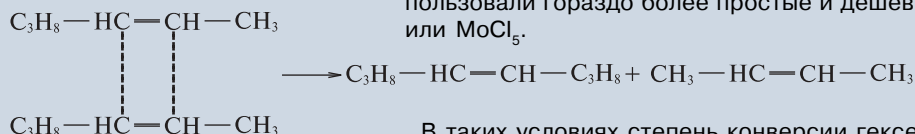
Ионные жидкости в ИОХе



Реакция метатезиса



В наших работах для метатезиса гексена-1 в ионной жидкости типа BMIM-BF₄ (BMIM – катион 1-бутил-3-метилимидазолия) мы использовали гораздо более простые и дешевые катализаторы – WCl₅ или MoCl₅.



Таблица

Сравнение активности различных кислотных катализаторов в изомеризации н-октана

Катализатор	T, °C	Конверсия, %
Ионная жидкость на основе AlCl ₃	30	40
AlCl ₃	30	1,8
	90	32
SO ₄ /ZrO ₂	90	1,5
H ₄ PW ₁₂ O ₄₀	20	1,6
	90	1,1
H ₂ SO ₄ конц.	90	0

В таких условиях степень конверсии гексена-1 оказалась близка к термодинамическому пределу (реакция проходила при комнатной температуре). Если же в реакционную смесь добавить SnR₄, Ph₃SnCl, Bu₂SnO или некоторые кремнийорганические соединения, то активность катализатора увеличивалась в полтора-два раза, а селективность – до 97–99%.

Интересно, что в таких системах (ионная жидкость + WCl₆) удается осуществить даже метатезис олефинов с функциональными группами, который не получается на обычных гетерогенных катализаторах, содержащих рений.

Что касается реакции изомеризации насыщенных углеводородов в ионных жидкостях, на нее мы даже получили патент. Поскольку эти реакции протекают по кислотному механизму, мы использовали ионные жидкости, содержащие AlCl₃ и другие хлориды металлов (льютосовские кислоты). Хлорид алюминия фактически находится в иммобилизованном состоянии в ионной жидкости. Этим и объясняется разница в каталитической активности ионной жидкости и порошкообразного AlCl₃.

Обычно для изомеризации парафинов применяют твердые кислотные катализаторы (цеолиты), которые работают только при высоких температурах (выше 200–250°C), но, по теории, сильно разветвленные изомеры должны образовываться как раз при низких температурах. Оказалось, что с ионными жидкостями изомеризация *n*-алканов C₅–C₈ протекает при температуре 20–60°C (табл.). Конверсия *n*-алканов достигает 50–60% при селективности образования продуктов до 95%.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Сейчас эти операции особенно многочисленны в фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности.

9. Каталитические системы и процессы (как можно более селективные) во всех случаях лучше, чем стехиометрические.

Этот принцип совершенно очевиден. Основная идея «зеленой химии» – учиться у природы. Можно эффективно комбинировать различные подходы: например, биокатализ и электрохимию в водной среде; СВЧ-активацию и катализ и многое другое.

10. Химические продукты должны выбираться таким образом, что-

бы после их использования они не накапливались в окружающей среде, а разрушались до безвредных продуктов.

11. Вещества, используемые в производстве, и их агрегатное состояние в химических процессах нужно выбирать так, чтобы минимизировать вероятность непредвиденных несчастных случаев, включая утечки, взрывы и пожары.

Этот принцип исключительно важен, поскольку химия – это многовариантная наука и часто для получения одного и того же продукта можно использовать различные реагенты и технологии. Достаточно вспомнить тра-

гедию индийского города Бхопал, когда на заводе компании «Юнион Карбайд» произошел выброс метилизоцианата, в производстве которого использовали фосген, и погибли тысячи людей. Позже фирма «Дюпон» разработала новый метод получения метилизоцианата без фосгена.

12. Нужны аналитические методы контроля в реальном режиме времени, чтобы предотвратить образование вредных веществ.

В последние годы разработано много новых и очень чувствительных экспресс-методов анализа для этих целей.



Праздник химии в Политехе

С.Алексеев

В Политехническом музее сразу после его открытия в 1872 году стараниями ученых-просветителей И.П.Архипова и П.П.Петрова была организована химическая лаборатория. В ней В.В.Марковников, А.А.Колли, И.А.Каблуков, Н.Д.Зелинский и другие выдающие химики читали лекции для публики и показывали демонстрационные опыты. А в канун 135-летия музея, 4 октября 2007 года, здесь была открыта новая химическая лаборатория. Оснащенная по последнему слову техники, с современными вытяжными шкафами, приборами, компьютерами и проекторами, она продолжает просветительские традиции музея.

«Наша работа организована следующим образом, — рассказывает заведующая лабораторией И.В.Белякова — После изучения той или иной темы учителя химии приводят учеников, и наши лекторы — преподаватели вузов или научные сотрудники лаборатории — читают им лекции по этой теме, а также показывают опыты, которые трудно поставить в школьной лаборатории. После лекций предусмотрены и практические занятия. Ведь химия — прежде всего экспериментальная наука, и самостоятельная работа с реактивами делает ее изучение более наглядным. Школьники приобретают интерес к настоящему химическому исследованию».

В создании первых программ практических занятий принимала участие М.И.Доронина — преподаватель химии лицея № 14 города Жуковского, педагог-новатор. Сегодня они включают восемнадцать тем, которые интересны и полезны старшеклассникам. Для детей 9—12 лет была создана специальная программа «Введение в химию» — цикл из 8 лекций, практических занятий и экскурсий по музею. А в дни школьных каникул сотрудники лаборатории ставят химические спектакли — зимнюю сказку «Иван-Царевич и Змей-Горючий», и весеннюю, «Снегурочка и Данила-мастер».

«Мы подобрали такую коллекцию экспериментов, которые могут проиллюстрировать любой раздел химии из школьной программы. В нашей лаборатории ребята могут удовлетворить свое любопытство под контролем квалифицированных преподавателей, которые обеспечивают безопасное проведение практических занятий», — говорит И.В.Белякова.

Несколько опытов

из коллекции химической лаборатории
Политехнического музея*



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ



Водородные пузыри

С помощью аппарата Киппа надуют водородом мыльные пузыри. Оторвавшись от трубочки, они поднимаются вверх. Это подтверждает, что водород легче воздуха. Если поднести к пузырю горящую лучинку, водород взорвется и даст яркую вспышку, так как водород — горючий газ.

Праздничный огонь

Так выглядит один из опытов, которые показывают во время исполнения зимней сказки.



*Выполнение всех опытов требует строгого соблюдения техники безопасности



Химическое мороженное

В химический стакан насыпают измельченную сахарозу, добавляют 2—3 капли воды и, тщательно перемешивая массу стеклянной палочкой, приливают концентрированную серную кислоту. Кислота обугливает сахарозу, масса вспенивается и поднимается по стеклянной палочке.



Черная гадюка

Сначала нужно смешать измельченную в пудру сахарозу и соду. Потом положить эту смесь на песчаную горку, добавить немного этилового спирта и поджечь. Из горки «выползает» черная змея, длина которой может достигать метра! Змея получается черной за счет обугливания сахарозы, а ее рост вызван выделением большого количества газообразных веществ.



Фото предоставлены Политехническим музеем

Дым без огня

В колбу наливают концентрированный водный раствор аммиака, а на ее дно насыпают немного пищевой соды. Потом добавляют концентрированную соляную кислоту. В результате идут два процесса: образование взвеси белых частичек хлорида аммония при реакции кислоты с аммиаком и высвобождение углекислого газа в результате взаимодействия кислоты с содой. Газ создает в колбе давление и выталкивает наружу «облачко» хлорида аммония.

Свеча, которая никому не светит...



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Л.Намер

...потому, что кругом и так светло, а еще потому, что мы этого света не видим. Это свет раскаленных газов в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания. Светятся они потому, что раскалены (см. школьный учебник физики), раскалены потому, что горит бензин, а горит потому, что их подожгла та самая свеча. Подожгла посредством электрической искры — искрового разряда в газе, то есть в парах горючего, смешанных с окислителем — кислородом воздуха. Известен еще и дизельный двигатель, в котором горючее впрыскивается в сжатый и потому горячий воздух и от этого горячего воздуха воспламеняется без искры, и совсем новый тип двигателя, который при малых сжатиях работает от искры, а при больших — как дизель; но эта статья — о бензиновом двигателе «с искрой».

Итак, в цилиндре уже есть эта смесь, поршень ее сжимает, давление и температура растут — и дальше появляются две возможности. Первая: температура при сжатии возрастет настолько, что горение смеси начнется «само». Однако в нормальной ситуации такого происходить не должно, смесь нужно поджечь во вполне определенный момент, внешним, причем управляемым, сигналом. Инициатор горения смеси — электрический раз-



1

Свеча с платиной и иридием, фирма «Denso»

ряд, искра, которая возникает, если подать на зазор между двумя электродами достаточно высокое напряжение. Стало быть, надо в стенку цилиндра впаять кусок диэлектрика, в него — отдельный электрод, и в нужный момент цикла подавать на этот электрод высокое напряжение. Разряд будет, естественно, разрушать электрод, поэтому всю конструкцию надо сделать сменной. Примерно так в 1902 году рассуждал изобретатель «свечи» — Роберт Бош.

Итак, одна проблема налицо: разрушение электродов. Этот процесс зависит от состава и температуры среды, материала и температуры электродов и от параметров

разряда — напряжения, тока, частоты и длительности импульсов. Разработчик свечей из всего этого списка, по существу, может управлять только материалом и отчасти температурой электродов — все остальное определяется двигателем. Да и температуру электродов особенно не поварьировать, и вот почему. Мало создать условия для поджига смеси, надо еще позаботиться о том, чтобы она не воспламенилась когда не надо. Между тем свеча содержит изолятор из алюмооксидной (Al_2O_3) керамики, он плохо проводит тепло и при работе нагревается, причем существенно — до сотен градусов — от газа в камере сгорания с температурой порядка $2500^\circ C$. Поскольку от горячего изолятора при температуре более $700-800^\circ C$ может воспламениться смесь, конструктор должен принять меры к охлаждению изолятора. Можно было бы делать его из керамики на основе окиси магния или бериллия, но оба эти материала существенно дороже и сложнее технологически. Приходится решать проблему косвенными методами: увеличивая теплопроводность деталей, с которыми керамика контактирует. Раньше их выполняли из стали, сейчас они в большинстве случаев биметаллические — медные внутри, из нержавеющей стали снаружи. Медь имеет высокую теплопроводность, и такая конструкция не дает керамике перегреваться.

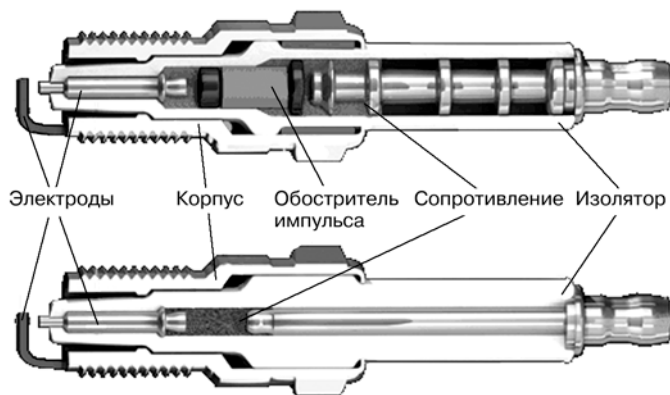
Но и охлаждать керамику особо нельзя, так как при горении в цилиндрах образуется непонятно что, дипломатично называемое «продукты сгорания». Это «непонятно что» оседает, в частности, на свечах, но если на электродах ему удержаться трудно из-за высокой температуры самого разряда, то керамику оно загрязняет охотно. Продукты сгорания содержат достаточно свободного углерода, чтобы быть проводящими. И все... изолятор уже не изолятор, пробоя не происходит, искра не образуется. Способов защиты от этого эффекта два. Основной — выбрать такую конструкцию свечи, чтобы при работе изолятор нагревался не менее чем до $600^\circ C$, — при этом «непонятно что» сравнительно мало оседает на изоляторе. Иногда говорят, что оно оседает, но сгорает. Тоже не исключено.

Другой способ борьбы — выжигать осадок поверхностным разрядом или поверхностным пробоем, то есть разрядом по поверхности диэлектрика. Некоторые фирмы утверждают, что в их свечах этот процесс и происходит. Возможно, так оно и есть, но метод довольно сомнительный — разряд по поверхности должен иначе поджигать смесь, нежели обычный, и двигатель может это почувствовать.

Наконец, еще одно решение — покрытие изолятора из Al_2O_3 каким-то другим веществом, на котором нагар либо меньше оседает, либо быстрее сгорает. С учетом условий эксплуатации можно положить глаз на тугоплавкие



Свечи с платиной (вверху) и иридием (внизу), фирма NRG



Свеча «Pulstar» (вверху) и обычная (внизу)

Итак, температура изолятора должна находиться в довольно узких пределах, поэтому и температурой электродов особенно не поиграешь. Остается варьировать материал, и техника пошла именно по этому пути. Ранее электроды всегда делали из нержавеющей стали, некоторое время назад появились свечи, в которых один или оба электрода покрыты платиной, а последний писк моды – иридий. На фото показаны свечи с платиновыми и иридиевыми электродами. При хорошем качестве бензина их срок службы может быть в два-три раза больше, чем у обычных. Изготовители свечей объясняют на своих сайтах, что их свечи можно отличить от обычных без химанализа – по форме электродов. Уважаемые изготовители плохо представляют себе российских умельцев и их возможности по изготовлению электродов нужной формы...

По мере износа электродов зазор возрастает и пробой промежутка затрудняется. Один из методов борьбы с этим явлением – создавать в свече несколько зазоров, то есть делать электрод с несколькими выступами. Разряд сам выбирает, какой зазор ему пробивать, а по мере расхода электрода и роста зазора сам переключится на другой зазор. Иногда «многозазорную» конст-

оксиды. И действительно, в литературе встречается утверждение о благотворной роли покрытия из оксидов редкоземельных элементов. Дело возможное, но хорошо бы проверить, как это покрытие выдержит срок службы – коэффициенты термического расширения у оксидов разные, а изолятор свечей работает в условиях термочиклов. Так что покрытие может осыпаться.

Хорошие батарейки или плохие аккумуляторы?

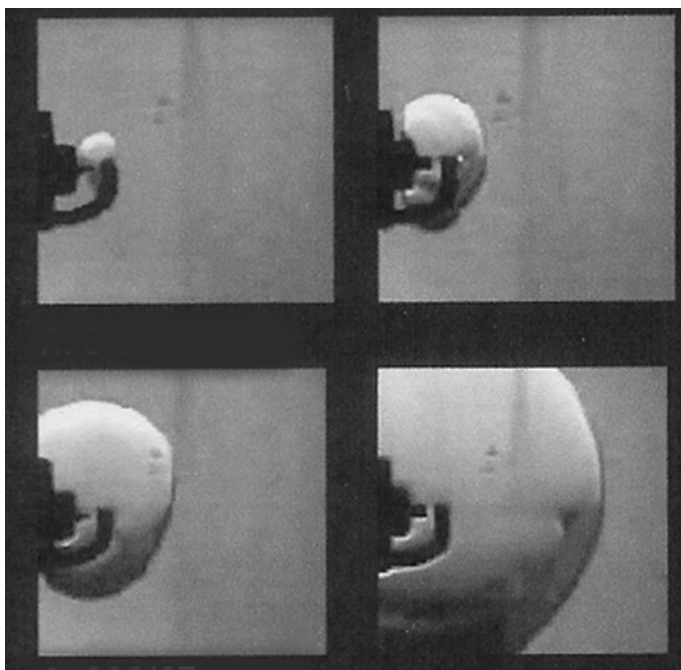
На мировом рынке появились новые батарейки (см. фото справа). Вообще-то правильнее говорить о гальванических элементах, так как батарея – это ряд однотипных элементов: батарея отопления, артиллерийская батарея. На этих гальванических элементах честно написано, что заряжать их нельзя. С другой стороны, на них значится «оксид-гидроксид никеля», а на упаковке – $\text{NiO}(\text{OH})$, что наводит на мысль о не-

чистом происхождении, об аккумуляторных «корнях». Ибо в щелочных никель-кадмиевых или никель-железных аккумуляторах, которые по распространенности занимают второе место после свинцовых, происходит обратимая реакция $2\text{NiOOH} + \text{M} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{M}(\text{OH})_2$, где М – кадмий или железо. При заряде аккумулятора реакция идет справа на лево, а при разряде – слева направо. Именно последняя реакция и яв-





ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



Волна горения смеси в цилиндре.
Слева — обычная свеча, справа — «Pulstar».
Вверху — 0,014 мкс, внизу — 0,033 мкс.

рукцию анонсируют не как конструкцию, где разряд происходит в одном месте и срок службы растёт, а наоборот — как конструкцию, где разряд происходит сразу во многих местах, объём разряда растёт и поджиг смеси улучшается. Эта гипотеза с точки зрения физики разряда выглядит неубедительно.

Но от параметров разряда действительно кое-что зависит, а именно — более короткий и более мощный при той же энергии разряд ускоряет горение смеси в цилиндрах. А более быстрое горение смеси способно изменить параметры двигателя в лучшую сторону. Укоротить разряд можно несколькими способами, простейший — установить параллельно свече конденсатор. Это известное решение, так называемый усилитель искры, но до сих пор нет сложившегося мнения о его эффективности. В Интернете высказываются на этот счет разные мне-

ния, но срок службы свечей, кажется, никто не определял. Между тем изменение мощности искры может повлиять на эрозию. Другой способ увеличения мощности искры — создать в свече «обостритель импульса», организовав скачок волнового сопротивления (например, с помощью изменения сечения центрального электрода). По-видимому, именно так устроены свечи «Pulstar», только что появившиеся на западном рынке. О сроке службы этих свечей пока данных нет.

И напоследок. В некоторых свечах зажигания внутри встроен резистор: как пишут изготовители — для уменьшения радиопомех. Вообще говоря, любой последовательный резистор должен уменьшать ток. При этом излучение, конечно, уменьшается. Но по-видимому, уменьшается и мощность искры, и скорость нарастания напряжения на зазоре, что может привести к ухудшению характеристик двигателя. Рекламируются также специальные провода, уменьшающие помехи. Тут ситуация сложнее. Если этот провод имеет высокое сопротивление и за счет этого уменьшает помехи — опять же, это может привести к ухудшению характеристик двигателя. Если он уменьшает помехи за счет экранирования — на работе двигателя это сказываться не должно. Если провод имеет повышенную индуктивность (реактивное сопротивление) — энергия разряда может и не измениться, но может уменьшиться мощность. Рассчитать эти вещи трудно, поскольку линия работает на резко нелинейную нагрузку (разряд), и тут нужен эксперимент. С другой стороны — а зачем их подавлять? В автомобилях обычно приемник УКВ, сотовый — то же самое, в этих диапазонах искра помех не создает, разве что у вас на борту Си-би радиостанция...



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



ляется рабочей для этих элементов. Почему же они не аккумуляторы? Почему их нельзя заряжать? Возможно, для них использована менее качественная и потому более дешёвая активная масса NiOOH или же применена более простая технология.

Проведенное небольшое исследование показало следующее. Емкость этих батареек выше, чем у лучших щелочных элементов, но хуже, чем у литиевых 1,5-вольтовых элементов, о которых мы писали в № 9 за 2005 год (на фото — слева). Так, при разряде на сопротивление 50 Ом емкость щелочных элементов AA этих «никелевых» и литиевых составляет соответственно 2,1 — 2,5 — 2,7 А·ч, при разряде на 5 Ом — 1,3 — 1,8 —

2,2 А·ч. Эти данные, как и данные изготовителей, относятся к разряду до половинного напряжения, в реальных условиях емкость может оказаться и меньше, если аппаратура более чувствительна к уменьшению напряжения.

Далее мы попытались, естественно, эти батарейки зарядить. После первого стандартного заряда в импульсном щадящем режиме (16 часов) емкость при разряде на сопротивление 5 Ом оказалась 1,7 А·ч, после второго — 0,65 А·ч. Итак, эти батарейки — недоаккумуляторы, но один раз их заряжать (по крайней мере, в этом режиме) можно.

И.Ильин, Л.Намер



Что нам Марс?

Кандидат физико-математических наук
С.М.Комаров

«50 лет космической эры. Пора на Марс?» Так называлось очередное научное кафе, организованное агентством «ИнформНаука» при поддержке фонда «Династия», которое проходило 2 октября в московском кафе-клубе «Петрович». На нем-то и разгорелась дискуссия о пилотируемой экспедиции к Марсу. В этой статье мы постарались рассказать о том разнообразии мнений, которое обнаружилось среди специалистов, причастных к организации полета.

— Долетит?
— Вот то-то, что долетит. Вот в Европе они тогда взовьются.
— Кто взовьется?
— Как, кто взовьется? На, теперь, выкуси, — Марс-то чей? — советский.

А.Н.Толстой. «Аэлита»

Марс приближается

Каждые пятнадцать — семнадцать лет Марс и Земля в силу особенностей орбитального движения сближаются на минимальное расстояние. Эти события называются Великими противостояниями Марса. В XX веке Великие противостояния случались в 1909, 1924, 1939, 1956, 1971 и 1988 годах. В XXI



ДИСКУССИИ

веке первое из них было в 2003-м, следующие — в 2018 и 2035, когда расстояние между планетами составит около 57 млн. км. Именно в это время разумнее всего организовывать полет человека к Марсу: меньше топлива, меньше еды, легче корабль, меньше доза облучения. И не случайно приближение очередного Великого противостояния порождает всплеск дискуссии о том, надо ли человеку лететь на Марс.

«Лететь на Марс не надо. По крайней мере, в ближайшем будущем. Во-первых, мы с большой вероятностью погубим космонавтов во время двухлетнего перелета. В лучшем случае на Землю вернутся смертельно больные люди. Причина — в высоком уровне облучения за пределами радиационных поясов Земли. Во-вторых, человек не сможет перемещаться по поверхности Марса. В-третьих, для человека на Марсе нет научной задачи, а пилотируемая экспедиция стоит очень дорого. Вместо нее можно было бы организовать несколько прекрасных беспилотных экспедиций и получить множество научных результатов», — считает кандидат физико-математических наук В.Г.Сурдин из Государственного астрономического института им. П.К.Штернберга.

«На Марс лететь надо. Только так начинается освоение планет. Марс более других соседних планет похож на Землю. Значит, именно на нем человечество может обустроить для себя дополнительный космический дом. Ведь на Земле каждые 30 миллионов лет случается глобальная катастрофа. Сейчас мнение научной общественности склоняется к тому, что причиной служит столкновение с космическим телом. Реализация проекта под условным названием «Ковчег» позволит сохранить человечество, если появится угроза такой катастрофы», — говорит доктор физико-математических наук В.М.Линкин из Института космических исследований РАН.

«Пилотируемая экспедиция на Марс позволит нам загрузить космическую промышленность заказами и в результате не только сохранить эту отрасль, но и обеспечить новую технологическую революцию», — считает Игорь Маринин, главный редактор журнала «Новости космонавтики».

«На Марс лететь не надо. Однако надо постоянно к этому полету готовиться, постоянно о нем рассказывать и держать публику в напряжении», — предлагает компромиссный вариант кандидат физико-математических наук В.Н.Решетов, редактор научного отдела журнала «Вокруг света».

«На Марс надо лететь тогда, когда созреют запросы общества. Иначе может получиться как с лунной программой американцев, когда были затрачены большие деньги, однако созданным при этом заделом воспользоваться не удалось», — говорит Б.Максимов, обозреватель сайта «Грани.ру».

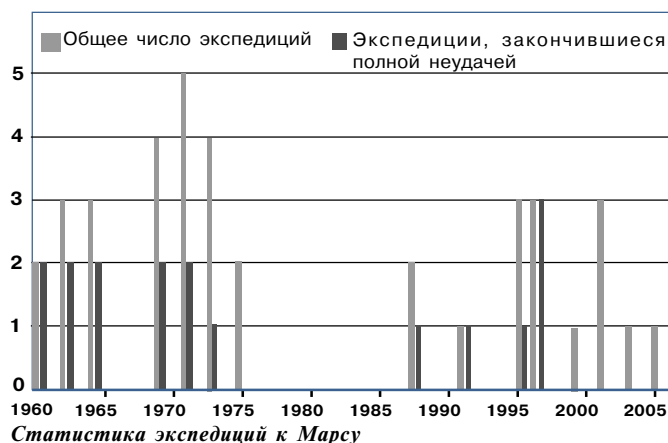
Как видим, аргументация сторон серьезная, и принять правильное решение весьма нелегко. Чтобы разобраться в проблеме, обратимся к истории исследований Марса.

Как летали к Марсу

История полетов к Марсу состоит из двух периодов бурной деятельности, разделенных периодом затишья. Первый закончился в 1975 году экспедицией «Викингов», которая принесла неоднозначный результат исследований биологической активности марсианского грунта (см. «Химию и жизнь»,

1977, № 4; 1998, № 7). Советские ученые планировали исследовать марсианский грунт на Земле, доставив его в возвращаемой капсуле, однако этот проект был заморожен. По слухам, одной из причин послужили неофициальные угрозы американцев сбить корабль со столь опасным грузом.

После доставки грунта и его тщательного исследования на предмет наличия инопланетной жизни и ее угроз для здоровья человека как раз и должен был последовать следующий этап, как в случае с лунной программой — полет человека на Марс. Более того, начатый в середине 60-х годов по инициативе С.П.Королева проект «Н1-Л3» предполагал создание такой ракеты-носителя, которая позволила бы вывести на орбиту не только лунный, но и марсианский корабль. Сделать лунную ракету советским ученым не удалось (как говорят, во многом из-за конфликта, возникшего между генеральными конструкторами после первых успехов), а внезапная смерть С.П.Королева, который мог бы заручиться поддержкой в руководстве страны, сделала проект межпланетного перелета невозможным на долгое время. В США отношение к полетам человека в космос всегда было негативным: руководителям НАСА никак не удавалось объяснить конгрессменам, зачем нужен человек в космосе, если проводить иссле-



дования с помощью приборов гораздо дешевле и безопаснее. Так наступил большой перерыв в межпланетных полетах человека.

Что намерили

После полетов американских «Маринеров» и советских «Марсов» в шестидесятые годы было окончательно установлено, что, в сущности, на Марсе атмосферы нет: ее плотность такая же, как земная на высоте более 20 км. То есть — в стратосфере. В таких условиях земные существа жить не могут. Состоит атмосфера Марса из углекислого газа с небольшими добавками аргона, кислорода, водяного пара и метана в некоторых районах над экватором. Поскольку и вода, и метан подвержены фотолизу, а облучение, которому ничто не препятствует, весьма жесткое, должны существовать поверхностные источники поступления этих газов в атмосферу. Сегодня планетологи считают, что водяной пар испаряется с полярных ледяных шапок, прежде всего северной, а также из ледников, скрытых под слоем грунта. Происхождение метана до сих пор непонятно. Самое же печальное обстоятельство, угрожающее сорвать планы посадки яблонь на этой планете, — отсутствие в атмосфере азота, без которого жизнь растений так же невозможна, как без кислорода.

На Марсе холодно, средняя температура —40°C. На экваторе, впрочем, бывают теплые дни с повышением температуры до 27 градусов тепла. Ночью, правда, все равно 50-градусный холод — тонкая атмосфера не в состоянии удерживать уходящее с поверхности тепло. Это довольно близко к

параметрам более или менее привычной людям Антарктиды. Кроме того, здесь, на экваторе, редко выпадают осадки в виде снега из CO₂ или воды.

К настоящему времени целая флотилия аппаратов, побывавшая на марсианской орбите за последние десять лет, провела подробнейшую картографическую съемку планеты. «Сейчас мы знаем рельеф поверхности на Марсе даже лучше, чем на Земле, ведь на нем нет растительного покрова», — говорит В.Г.Сурдин. Многие участки отсняты со шпионским разрешением в десяток-другой сантиметров на пиксель. На этих кадрах можно даже разглядеть марсоходы. Спектрометры установили химический состав минералов на поверхности планеты. Радар «Марсис» заглянул в глубь нее на несколько километров и построил разрезы профиля пород. Так были обнаружены незаметные с поверхности древние кратеры, засыпанные более поздними породами.

Особняком стоят поиски жизни на Марсе, о которых мы подробно рассказывали в 1998 году. Вывод из этих работ следует такой: нельзя однозначно утверждать, что жизни на Марсе нет. Во-первых, результаты экспериментов «Викингов» можно трактовать двояко. Во-вторых, доказанное наличие жидкой воды в недрах планеты позволяет предположить, что существуют резервуары с древней жизнью. В-третьих, нельзя упускать из виду и возможность того, что земные микроорганизмы, попав на Марс с первыми советскими экспедициями, когда никому не приходило в голову стерилизовать космические аппараты перед полетом, могли каким-то образом приспособиться к жизни на негостеприимной планете. Конечно, вероятность этого крайне мала, однако на Земле мы знаем удивительные примеры жизни в, казалось бы, невыносимых условиях.

Может показаться, что вопрос о жизни на Марсе представляет интерес скорее для исследователей-романтиков, чем для космонавтов-практиков. Это совсем не так. Потому что при наличии жизни нужно предпринимать тщательные меры для защиты от нее экипажа, марсианской базы, а также и возвращаемого на Землю модуля. А это дополнительные и весьма серьезные трудности и затраты. Да и не всякий метод стерилизации подойдет для борьбы с организмами, приспособленными к весьма жестким условиям. Доказав же отсутствие на поверхности Марса микроорганизмов, можно этих затрат избежать. Значит, поиски жизни на Марсе — необходимый этап в подготовке пилотируемой экспедиции.

Земля — орбита

Энтузиасты пилотируемого полета к Марсу считают, что марсианский корабль соберут на орбите из модулей по той же методике, которая отработана при сборке орбитальных станций «Мир» и Международной космической. Потом на него загрузят необходимое оборудование. Поскольку объем корабля сопоставим с размерами МКС, вспоминая историю ее монтажа, можно быть уверенным, что стройка займет несколько лет. Затем туда прилетят члены экипажа, заработает двигатель, и корабль выйдет на орбиту межпланетного перелета.

Чтобы осуществить перелет многотонного корабля, требуется двигатель, который позволит сначала его разогнать, а потом и затормозить. Поскольку все топливо придется везти с собой, есть лишь два нефантастических способа передвижения. Это ядерный реактивный двигатель и электрореактивный двигатель. В первом случае водород нагревается за счет энергии ядерного деления, приобретает огромную скорость и, покидая корабль, придает ему необходимый импульс. Во втором случае солнечная или ядерная энергия превращается в электрическую и затрачивается на ускорение ионов тяжелого газа — ксенона. Те опять-таки приобретают большую скорость и создают реактивный импульс.

При всей привлекательности, идея использования ядерного топлива на борту приводит к нескольким проблемам. Во-первых, реактор надо охлаждать. На Земле это делают

водой, а в космосе для охлаждения послужит сам рабочий газ. С учетом низкой теплоемкости и теплопроводности такое решение требует от инженеров-проектировщиков немалой фантазии. Во-вторых, экипажу нужна будет защита от облучения, которая увеличивает вес корабля. В-третьих, чрезвычайно опасна сама по себе доставка концентрированных радиоактивных материалов на борт космического корабля, ведь нет никаких гарантий, что этот груз окажется на орбите, а не будет рассеян в атмосфере Земли: все-таки история космонавтики хоть и непродолжительна, но богата на разного рода катастрофы. Как бы то ни было, работы по созданию ядерного двигателя начались в 1959 году. На Семипалатинском полигоне был создан сохранившийся доныне стенд для отработки ядерного двигателя, и к 1981 году советские ученые в принципе создали ядерный двигатель для марсианской ракеты. Затем работы в этом направлении приостановили (см. «Химию и жизнь», 2000, № 4). Ученым из США достигнуть расчетных значений не удалось, и работы там тоже прекратились.

Земля — Марс — Земля

Во время полета по этому маршруту экипажу угрожают три главные знакомые опасности: облучение, невесомость и скука. К числу малоисследованных принадлежит, например, отсутствие постоянного магнитного поля.

Облучение в открытом космосе бывает двух типов. Во-первых, электромагнитное излучение Солнца в рентгеновском и гамма-диапазонах. От него защищает толстая металлическая обшивка корабля. Во-вторых, быстрые тяжелые частицы: протоны, нейтроны и ядра гелия других элементов. У этих частиц есть два источника — солнечный ветер и галактические космические лучи. Интенсивность первых больше, зато у вторых значительно выше энергия. При попадании в обшивку корабля быстрые частицы тормозятся, и не только возникает жесткое излучение, но и может пройти ядерная реакция, которая приводит к радиоактивному заражению обшивки. Кроме того, попадание быстрого тяжелого ядра из состава космических лучей в живую клетку чревато для нее повреждением молекулы ДНК, а по разным оценкам за время полета тяжелые ядра поразят от 8 до 40 с лишним процентов клеток мозга космонавтов. Как бы то ни было, космонавты неизбежно получат дозу облучения. Ее величину оценивают в 80 бэр в год (для сравнения: максимально допустимая доза для работников АЭС — 5 бэр в год). «Разрешенная доза для космонавтов составляет 36 бэр, а это уже сравнимо с оценкой облучения во время перелета. Кроме того, есть способы повышения резистентности организма», — говорит В.М.Баранов, академик РАМН, первый заместитель директора Института медико-биологических проблем РАН.

К наиболее неприятным последствиям для экипажа могут привести вспышки на Солнце, когда мощность солнечного ветра заметно возрастает. Казалось бы, для уменьшения вероятности попадания корабля в зону вспышки нужно лететь в год спокойного Солнца, то есть в 2018 году. Однако в этот период сильнее всего воздействие космических лучей. А в год активного Солнца солнечный ветер выдувает галактические лучи, и опасность от них становится меньше.

Эксперименты, связанные с радиационной безопасностью во время межпланетного перелета, входят в число необходимых этапов при подготовке полета человека на Марс. Пока что к Марсу не летал ни один живой организм (кроме невольных пассажиров-микробов, судьба которых неизвестна). Однако во время планируемой в 2011 году экспедиции «Фобос-грунт» предполагается разместить на борту аппарата куколки шелкопряда. Не исключено, что насекомые вернутся на Землю в той же капсуле, что и грунт марсианского спутника, и ученые смогут выяснить, как повлиял на них перелет. «Чтобы досконально исследовать воздействие космической радиации на организм

человека, на Земле будет поставлен параллельный эксперимент с обезьянами: им придется испытать на себе «космические» уровни радиации, в то время как люди-испытатели будут отрабатывать все остальное», — рассказывает В.М.Баранов.

Облучение будет преследовать космонавтов не только в открытом космосе, но и на Марсе, что ставит под сомнение успех экспедиции. «Для защиты от излучения корабль нужно окружить метровым слоем льда. Но тогда он будет весить столько, что ни один двигатель не сможет его сдвинуть с орбиты», — считает В.Г.Сурдин. Впрочем, как утверждают ученые из ИКИ РАН, убежища для космонавтов уже разработаны. Это небольшие комнаты, поверхность которых защищена водой или кирпичами из полиэтилена. Космонавты могут переждать внутри них солнечные бури. «Меня не пугает возможность получить дозу облучения. Марс стоит того. Я бы полетел, несмотря ни на что», — говорит доктор медицинских наук В.В.Поляков, который совершил самый длительный полет на орбитальной станции «Мир» — почти полтора года.

Экипаж должен не просто долететь до Марса и вернуться обратно. Он должен долететь до планеты в таком состоянии, чтобы выполнить на ее поверхности задуманную программу. Этого не удастся сделать, если мышцы и кости ослабнут из-за невесомости. Поддерживать их в норме будут с помощью центрифуги, установленной на борту корабля. А со скукой члены экипажа справятся, выполняя научные исследования, ухаживая за зелеными насаждениями и общаясь друг с другом. Поэтому обеспечить хороший психологический климат в коллективе во время двухлетнего полета — главная задача тех специалистов, которые будут готовить экипаж. Первый этап такой подготовки — эксперимент «Марс-500», рассказ о котором пойдет в следующем номере журнала.

Земля — Луна, Луна — Марс

Самому полету будут предшествовать многочисленные автоматические экспедиции. Космонавтам на Марсе может понадобиться немало различного оборудования и припасов. Необходимо подготовить и помещения, в которых можно спрятаться от облучения. Раньше предполагалось, что подобным убежищем будет служить спускаемый модуль марсианского корабля. Однако тщательное изучение радиационной опасности на поверхности Марса подсказывает другое решение: закопанные в грунт жилые модули, подобные тем, что планировалось установить на Луне. Очевидно, что нет никакого смысла везти их во время пилотируемого полета, который должен занимать как можно меньше времени и, стало быть, проходить на наиболее легком корабле. Эти модули, а также другое оборудование, например те же тяжелые марсоходы, запасы еды, воздуха, запчасти и прочее, можно забросить на Марс заранее с помощью тихоходных фотонных кораблей, точнее, даже не кораблей, а барж, которые преодолеют расстояние до Марса за несколько лет. «Пилотируемому полету должны предшествовать роботы-квартирмейстеры», — говорит член-корреспондент РАН Л.М.Зеленый, директор ИКИ РАН.

При таком подходе марсианская экспедиция оказывается неразрывно связана с программой лунной базы. В самом деле, все оборудование, предназначенное для Марса, надо где-то испытать. Сила тяжести на Луне, конечно, несравнимо меньше марсианской. А вот радиационный фон выше, и атмосфера отсутствует совсем. Значит, лунная база (о ней мы в очередной раз рассказывали в июле 1999 года) станет хорошей моделью как для отработки взаимодействия тех роботов, которые должны обустроить жилье на Марсе, так и для испытания всего комплекса оборудования. Тем более что в случае возникновения чрезвычайной ситуации есть шанс эвакуировать людей с Луны, чего о Марсе не скажешь.

Относительно перспектив лунной программы среди наших ученых единства мнений тоже нет. Например, Л.М.Зеленый так формулирует проблему Луны для нашей страны: «Для



ДИСКУССИИ

американцев строительство базы на Луне — это возвращение на Луну, продолжение программы, прерванной тридцать лет назад. Для европейцев, китайцев, японцев, индусов и бразильцев посадка на Луне — это открытие Луны. Поэтому вполне объясним их интерес к лунным программам. У нас особое положение. Наши станции первыми прилетели к Луне. Мы первыми получили фотографии лунной поверхности. Первыми установили на Луне выпел нашей страны. Наш приход на Луну не будет возвращением, это будет повторением того, что уже сделано. Поэтому базу на Луне можно рассматривать только как этап подготовки экспедиции на Марс».

«База на Луне представляет собой несомненную ценность. Это ближайшее к нам космическое тело, и организовать полет туда гораздо проще, чем на Марс. Поэтому освоение планет нужно начинать именно с Луны. На ней содержится огромный запас энергии в виде гелия-3. Если удастся запустить термоядерный реактор, именно Луна сможет обеспечить достаточное количество топлива, чтобы решить все энергетические проблемы человечества», — считает его оппонент, академик Э.М.Галимов, директор ГЕОХИ РАН им. В.И.Вернадского. Луна может стать и тем местом, где удобно строить межпланетные корабли. Ведь старт с нее обходится гораздо дешевле, чем с Земли. А для этого нужно освоить Луну и создать там базу по переработке полезных ископаемых.

Марс

Казалось бы, успехи в картографировании Марса, разведке его недр и поверхности с помощью аппаратов не дают особого простора для деятельности человека. Однако не нужно забывать о слабых местах аппаратов. Прежде всего это отсутствие гибкой программы. Тот же марсоход может сфотографировать окрестности (которые не балуют разнообразием ландшафтов). Подъехать к выбранному камню и измерить его наружный и внутренний состав. Конечно, это очень много, даже если принять во внимание, что цветные фотографии отнюдь не передают истинный цвет поверхности, поскольку синтезируются из измерений в трех узких спектральных областях, а не фиксируют весь спектр излучения, как это делает человеческий глаз. Человек на месте марсохода увидел бы другую картинку. А вот состав камней измерял бы так же. В отличие от марсохода, человек сможет забраться на крутой склон кратера или заглянуть в таинственные дыры, которыми изобилует поверхность планеты. Человек мог бы выкопать яму в районе не менее таинственных разливов, которые формируются буквально на глазах исследователей. Человек мог бы покопаться в грунте и выяснить, правда ли, что в некоторых местах под ним лежат ледники? И многое другое сделал бы человек, получи он возможность свободно перемещаться по поверхности планеты. Однако вот со свободой-то и выходят неприятности. С.П.Королев предполагал, что космонавты проведут на Марсе целый год и совершат путешествие от полюса до полюса. В реальности этого сделать не удастся. «На Марсе нет атмосферы, значит, нужно применять скафандр, предназначенный для безвоздушного пространства. Он весит более сотни килограммов и окажется неподъемным. На Мар-



ДИСКУССИИ

се нет радиационных поясов, значит, для защиты от облучения нужно закапываться глубоко в грунт. Не может быть и речи о свободных прогулках по поверхности планеты», — говорит В.Г.Сурдин. Путешествовать придется на небольшие расстояния, совершая радиальные походы в районе места высадки, причем делать это в тяжелых скафандрах, защищающих от безвоздушного пространства и облучения. Подобные ситуации неплохо описаны фантастами, скажем, в «Стране багровых туч». Только, в отличие от придуманной Стругацкими Венеры, на Марсе дышать совсем нечем, и расстояния выхода ограничено запасом кислорода в баллоне. А скафандр едва ли позволит свободно орудовать пальцами и разглядывать все, что хочется. В любом случае прогулки американских астронавтов по значительно более удобной Луне выглядели именно как прогулки, никаких особых открытий им там сделать не удалось.

Терраформирование

Все, о чем шла речь в предыдущей главе, имеет отношение к традиционному пониманию научных задач исследователя космоса. А именно — изучению далеких звезд, определению параметров окружающего пространства и исследованию строения и происхождения космических тел. Как видно, здесь для человека действительно не очень много задач, и по соотношению цена/качество конкурировать с аппаратами ему трудно. Однако дело можно представить совсем с другой точки зрения.

Помимо науки об окружающем мире за пятьдесят лет космической эры сформировалась особая наука об освоении космического пространства человеком. Собственно, все пилотируемые полеты, и прежде всего пилотируемые полеты на орбитальных космических станциях, представляют собой эксперименты, поставленные в рамках этой науки. Ее достижения — совсем не маленькие. Первый полет длился меньше двух часов. Спустя сорок лет человек победил невесомость, и теперь он может пребывать на орбите годами без ущерба для своего здоровья. Фактически главное достижение этой науки на сегодня — создание технологии освоения околоземной орбиты. Сейчас нет технических трудностей для монтажа на ней технологических комплексов с участием людей. Другой вопрос, нужно ли выносить производство в космос. «Создание завода по производству микросхем позволило бы в разы сократить затраты на их изготовление за счет использования природного вакуума», — говорит один из участников экспериментов на станции «Мир» В.Ю.Антропов (см. «Химию и жизнь», 2000, № 4).

«Вынос в космос некоторых производств, прежде всего установок по преобразованию солнечной энергии в электрическую, позволит подойти к решению многих проблем охраны окружающей среды. Не нужно будет добывать и сжигать на Земле ископаемое топливо, загрязняя атмосферу углекислым газом и бросовым теплом, которое теряется из-за низкого КПД преобразования тепла в электроэнергию», — считает шведский политолог Расмус Карлсон из Лундского университета.

С точки зрения этой науки полет человека к Марсу представляет собой очень серьезную научную задачу. Как человек поведет себя в полете? Как его встретит Марс? С какими трудностями он столкнется после того, как высадится на поверхности чужой планеты? Никакой аппарат и никакое моделирование не в состоянии дать ответа на эти вопросы. Поэтому первый шаг человека по поверхности Марса есть первый шаг к его освоению, и без него никакого освоения не начнешь. Значит, дискуссия о том, должен ли человек лететь на Марс или нет, на самом деле представляет собой дискуссию совсем по другому поводу: должен ли человек готовиться к переселению на другие планеты?

Основоположники космонавтики К.Э.Циолковский, Ф.А.Цандер и другие были совершенно уверены: человек должен покинуть свою колыбель. Действительность XX века подсказывает, что это мнение — отнюдь не плод романтических фантазий. Каждый теперь знает, что ресурсы планеты ограничены. Сейчас, в XXI веке, вопрос, закончатся ли они когда-нибудь, не стоит. Стоит вопрос — когда? Время дешевой нефти, кажется, уже прошло. Время, когда закончится пресная вода, близко, не случайно человек в считанные десятилетия сумел вычерпать целое Аральское море. Время оскудения запасов кислорода находится в далеком будущем и связано с ликвидацией свободных пространств для жизни растений.

Второй аспект проблемы — природные катастрофы. Если астероидную опасность можно воспринимать с легкой долей иронии — трудно всерьез обсуждать событие, которое случается раз в 30 млн. лет, то катастрофическое глобальное потепление разворачивается на наших глазах. Последствия его легко предсказать: дальнейшее сокращение ресурсов, имеющихся в распоряжении человечества, прежде всего свободных пространств и энергии, потребление которой должно возрасти из-за дополнительного охлаждения или нагрева жилищ, а также строительства гигантских сооружений, защищающих обжитые прибрежные районы от затопления.

Обезопасить себя от нехватки имеющихся ресурсов можно только за счет освоения новых. Если ресурсы исчерпаны в глобальном масштабе, значит, нужен новый глобус. Марс как раз и станет таким новым глобусом, своеобразным ковчегом для человечества.

С этой точки зрения лететь на Марс надо, и как можно скорее, особенно если вспомнить о больших промежутках времени, которые разделяют удобные для пилотируемых экспедиций моменты. Несомненно, отрабатывать технологию освоения другой планеты придется по частям, и первые полеты придутся именно на Великие противостояния. Это потом, в будущем, когда выяснятся детали и подвиг превратится в рутину, время полетов удастся продлить (или сократить?) и экспедиции будут гораздо чаще. Это уже после того, как человек ступит на Марс, сначала появится временная база под слоем грунта, затем будет создана солнечно-водородная энергетика, благо воды на Марсе много и ничто не ослабляет солнечный свет. Потом построят наполненные воздухом и светом купола с постоянными поселениями и своим сельским хозяйством. А может быть, мы выберем путь терраформирования (см. «Химию и жизнь», 2001, № 5) — установку над полюсами космических зеркал, испарение полярных запасов углекислого газа, насыщение атмосферы планеты хлоруглеводородами, дающими сильнейший вклад в парниковый эффект, растопление ледников и добавление в атмосферу еще одного парникового газа — водяного пара и в конечном счете заселение сформировавшихся болот анаэробными бактериями, которые породят кислородную атмосферу, как это было на Земле в архейскую эру. Найдется и решение проблемы почвенного азота. А потом, глядишь, недалек будет день, когда на Марсе, в открытом грунте станут цвести яблони, генетически модифицированные для жизни в его тяжелых условиях.





РАССЛЕДОВАНИЕ

Если спросить серьезного читателя, какая книга вызывает у него больше доверия — современная научно-популярная энциклопедия или записки средневекового путешественника, — он, безусловно, назовет энциклопедию. Средневековые искатели приключений нередко приносили действительность в жертву занимательности и населяли описываемые земли невиданными чудищами и безголовыми людьми. Нередко, но не всегда.

В 1614 году в Лиссабоне вышла книга «Странствия Фернана Мендеса Пинто, где сообщается о многих и многодневных вещах, которые ему довелось увидеть в королевствах Китайском, Татарии, Сорнау, оно же в просторечии Сиам, в Каламиньяне, Пегу, Мартаване и во многих других королевствах и княжествах Востока, о которых в наших западных странах мало или даже совсем ничего не известно». Книга мгновенно стала, как сейчас говорят, бестселлером и за 50 лет выдержала в разных странах мира не менее ста изданий. И неудивительно: сочинение Пинто — это и приключенческий пиратский роман с захватывающим сюжетом, и исторические хроники, и утопии, и описания неизвестных земель. Причем в описательной части автор старается быть предельно точным.

Вот, например, рассказ о служебной командировке в Северную Суматру, имевшей место в 1539 году (Пинто тогда было 25 лет, и он путешествовал по заданию коменданта Малакки). До пункта назначения пришлось добираться на лодке.

«Сквозь заросли деревьев мне довелось увидеть великое множество змей и зверей столь удивительной величины и диковинного вида, что я весьма опасаюсь рассказывать о них, по крайней мере, людям, которые мало видели свет, ибо они, именно потому, что мало что видели, имеют обыкновение не верить тому, что видели другие.

Повсюду в этой реке, которая не была особенно широкой, кишело ог-

О Золотом острове и четвертом глазе

Кандидат
биологических наук
Н.Л.Резник

ромное количество ящериц, коих более справедливо было бы называть драконами, поскольку некоторые из них доходили размером до самой большой алмадии (это гребное судно до 25 метров в длину. — *Н.Р.*), спины у них были покрыты выступами наподобие раковин, а пасти были более двух пядей; они отличаются большой дерзостью и бесстрашием и, если верить местным жителям, зачастую нападают на большие алмадии, если на них не больше трех или четырех негров, разбивают их хвостом и пожирают по очереди людей, не раздирая их на части, а проглатывая целиком. (Под описание, данное Пинто, подходит гребнистый крокодил, действительно опасный для человека, длина матерого самца около 3 метров. Величайшая редкость — семиметровые крокодилы. — *Н.Р.*)

Видели мы здесь и весьма необычных и странного вида животных, которых туземцы называют какесейтанами, размером с большую утку; они совершенно черные, с чешуей и колючим гребнем на спине, каждая игла которого размером с писчее перо, с крыльями, как у летучей мыши, шей змеи, рогом на голове, напоминающим петушину шпору, и с очень длинным хвостом в черных и зеленых пятнах, как у ящериц в нашей стране. Эти животные, полет которых похож на прыжок, охотятся на обезьян и других зверей, коими они питаются. (В этом отрывке речь идет, вероятно, о чернобородом летающем драконе — насекомоядной ящерице размером чуть больше ла-

дони. Рога и гребня у нее нет, а крылья черные с желтым крапом. — *Н.Р.*) Видели мы также великое множество змей с капюшонами, толщиной с человеческое бедро и столь ядовитых, что, по свидетельству негров, стоит только слюне этих гадов попасть на живое существо, как оно тотчас падает мертвым на землю, и никакое противоядие уже не в силах ему помочь. Мы видели еще других змей, уже без капюшона и не столь ядовитых, но гораздо более длинных и толстых, с головой размером с телячью. Про них нам рассказывали, что они хищники и охотятся следующим образом: они взбираются на верхушку какого-нибудь дерева в лесу, которые в изобилии покрывают эту землю, и, зацепившись концом хвоста за ветку, но не отпуская ее, свисают с нее, спрятав голову в кусты подлеска и прижав ухо к земле. Таким образом они в ночной тишине слышат всякий шум и, если мимо них пройдет бык, кабан, олень или какое-либо другое животное, захватывают его в пасть и, во что бы ни вцепились их зубы, подтягивают к себе наверх, так что нет живого существа, которое могло бы их избежать.

И наконец, мы здесь видели большое количество бурых и черных обезьян размером с большую собаку наших пастухов; обезьян этих негры боятся гораздо больше всех прочих животных, ибо они нападают с такой смелостью, что никто не может с ними сладить».

Безусловно, это описание не полностью совпадает с современными данными о суматранской фауне, но

и обвинять мемуариста в преднамеренной лжи у нас нет оснований. У страха, как известно, глаза велики, и нет ничего удивительного в том, что нарочитые пресмыкающиеся Суматры выросли в этих глазах раза в три. А о змеиных ушах в то время вообще было известно очень мало, да и неудобно их было с лодки разглядывать. Кроме того, Пинто не все описанное наблюдал лично. О многом он рассказывает со слов туземцев, на которых каждый раз добросовестно ссылается. Может быть, он их неправильно понял. А может быть, местные жители с огромным удовольствием навешали лапши белому человеку, найдя в нем благодарного слушателя. Португальцы, находясь в экзотическом краю, охотно верили удивительным рассказам и полученную информацию не проверяли, что привело к достаточно серьезному служебно-географическому казусу.

С давних времен мореплаватели искали в морях Юго-Восточной Азии легендарный Золотой остров. Пинто на Суматре также должен был собирать о нем сведения и привез своему непосредственному начальнику, коменданту Малакки Перо де Фариа, «в письменном виде описание Золотого острова, который его особенно интересовал и который, по всеобщему мнению, лежит в море против реки Каландор на пятом градусе широты, окруженный многими мелями и быстрыми течениями, и отстоит от южной оконечности острова Суматры примерно на сто шестьдесят легуа (около 890 км — *Н.Р.*)». Сведения эти были получены от достойнейших людей: тогдашнего вождя батакских племен и суматранского купечества, и никто в них не усомнился. Пинто вспоминает:

«Фариа в том же году написал донесение королю дону Жоану III, да восславится его святая память. Последний на следующий же год назначил управляющим еще не открытого Золотого острова некоего Франсиско де Алмейду, дворянина из числа своих придворных, человека с самыми разносторонними способностями





и весьма подходящего для такого дела, который уже давно просил у короля подобного назначения в награду за многочисленные свои заслуги на островах Банда, Молуккских, Тернате и Жейлоло. Но на пути в Индию Франсиско де Алмейда заболел лихорадкой на Никубарских островах, и, когда его величество удостоверился в его смерти, он назначил на ту же должность другое лицо — некоего Диого Кабрала с острова Мадера. Но Мартин Афонсо де Соуза (вице-король Португальской Индии. — *Н.Р.*) отобрал у него эту должность в судебном порядке, так как узнал, что он клеветал на него как на губернатора, и передал ее некоему Жеронимо де Фигейредо, придворному герцога Браганского. Фигейредо отплыл в 1542 году из Гоа на двух фустах и одной каравелле, на которой было восемьдесят солдат и офицеров. Но экспедиция его ни к чему не привела, ибо, как выяснилось после, он, по видимому, захотел обогатиться раньше, чем надеялся это сделать, отправившись туда, куда его посылали, и пошел к берегам Танаусарина, где захватил несколько судов, шедших из Мексского пролива, из Адена, из Алкосера, из Жуды и из разных мест на Персидском побережье. И так как он дурно обходился с солдатами и не отдавал им причитавшуюся долю добычи, они взбунтовались и после многого такого, о чем, как мне кажется, лучше не писать, связали его по рукам и по ногам, отвезли на остров Цейлон и сбросили на берег в порту Гале, а каравеллу и фусты отвели к губернатору дону Жоану де Кастро, который всех их помиловал за то, что они всей армадой пошли с ним в Диу на помощь дону Жоану Маскареньясу, которого в это время окружили военачальники короля Камбайского. И с той поры и по сей день не было больше речи об этом открытии, которое сулит много благ нашим владениям, если только Господу нашему будет угодно, чтобы остров этот был открыт».

Остров не был открыт, но в его существовании португальцы XVI века не

сомневались: очень хотелось, чтобы он был, да и слухи ходили упорные.

У нашего века свои загадки, но, как и сотни лет назад, они вызывают жгучее любопытство. Существует даже книжная серия «Энциклопедия тайн и загадок», которую выпускает московское издательство «Белый город». Недавно в этой серии вышла книга Виктора Калашникова «Загадки человека». Энциклопедия, рассчитанная на старшеклассников, озадачит их немало. Например, школьников учат, что головной мозг — жизненно важный орган, а В.Калашников на полном серьезе утверждает, что это предрассудок и без мозга прекрасно можно обойтись. В доказательство автор приводит три случая. Позвольте процитировать.

«13 сентября 1847 года американский железнодорожный строитель Файниз Гейндж пострадал от аварии: его голову пронзил лом длиной один метр и весом шесть килограммов. Хирурги удалили Гейнджу большую часть черепа вместе с мозгом. (Пожалуйста, обратите внимание на год, в котором была сделана эта операция. — *Н.Р.*) После этого строитель прожил еще много лет и на здоровье не жаловался.

В 1940 году в боливийскую больницу привезли подростка с диагнозом «опухоль мозга». Оказалось, что у него не было не только опухоли, но и мозга как такового, что не мешало ему жить, правда, с жалобами на сильные головные боли.

Спустя 36 лет, в 1976 году, в Голландии скончался 55-летний известный часовой мастер Ян Герлинг. При вскрытии оказалось, что он в течение жизни обходился без мозгов — их ему заменяли 300 граммов воды.

Ученые были вынуждены прийти к выводу, что существуют немозговые носители психики, но не смогли определить, что же это такое и где может находиться подобный орган тела».

Имена этих ученых, увы, остались для нас загадкой, равно как и источники, из коих В.Калашников почерпнул сведения о своих безмозглых

героях. В отличие от средневекового авантюриста, современный составитель энциклопедии избегает ссылок. А жаль, потому что очень уж хочется подробностей. Но боюсь, мы так и не узнаем, что болело в голове у боливийского подростка, равно как и об ощущениях часовщика Герлинга: ведь полтора стакана воды должны были шумно плескаться в черепе, рассчитанном на нормальный мозг объемом около 1800 мл. Неужели окружающие не слышали? И неужели это действительно была именно вода, даже не физиологический раствор? В свете этих данных средневековые рассказы о безголовых людях с лицом на животе уже не кажутся нелепостью.

Загадок в этой книге много, но остановимся еще на одной. Согласно В.Калашникову, мозг нужен человеку только как носитель психики (зачем существуют многочисленные функциональные зоны головного мозга — тайна), а когда мозга нет, психика локализована в другом месте. Автор прозрачно намекает, что этим местом может быть «третий глаз», в просторечье эпифиз, также входящий в состав головного мозга. Но если нет мозга, то не должно быть и эпифиза. Либо эти люди как-то обходились вообще без психики, либо их третий глаз одиноко перекатывался в пустой черепушке, либо где-то есть еще четвертый глаз, который ученым предстоит отыскивать, как португальцам Золотой остров. Кстати, какая книга вызывает у вас больше доверия: современная энциклопедия или записки средневекового путешественника?

Выдержки взяты из книги Фернана Мендеса Пинто «Странствия», М.: Художественная литература, 1972, и из книги Виктора Калашникова «Загадки человека», вышедшей в серии «Энциклопедия тайн и загадок», М.: Белый город, 2004





ФИЗИОЛОГИЯ

Насильственное удовольствие

Прием наркотика стимулирует выделение нейромедиаторов в определенных участках мозга, благодаря чему субъект испытывает удовольствие и желает повторения. Однако удовольствие наркоман почувствует только в том случае, если примет дозу сам; принудительное введение морфина радости ему не доставит. К такому выводу пришли специалисты ФГУ национального научного центра наркологии Росздрава, ГУ НИИ фармакологии им. В.В.Закусова РАМН и ГУ НИИ морфологии человека РАМН, проведя эксперименты на крысах (sudakov@mail.ru).

Прием опиатных наркотиков вызывает выделение нейромедиаторов норадреналина, серотонина и дофамина из нервных окончаний, расположенных в нескольких отделах головного мозга, в том числе в передней поясной коре. Московские исследователи прооперировали 20 крыс и получили возможность определять содержание нейромедиаторов в этом отделе головного мозга в режиме реального времени. Еще одна манипуляция позволила крысам вводить самим себе морфин. Чтобы через катетер в вену попала доза наркотика, крысе надо было трижды нажать на педаль, чему животные научились довольно быстро. В ходе эксперимента подготовленной крысе сначала «промывали мозги» искусственной спинномозговой жидкостью, чтобы привести в норму уровень нейромедиаторов, а потом позволяли в течение часа нажимать на заветную педаль.

За час крысы вводили себе шесть доз морфина, что в сумме составило 3 мг/кг. Чем больше наркотика оказывалось в организме животного, тем сильнее росло содержание дофамина и норадреналина в межклеточном пространстве передней поясной коры, — значит, эти нейромедиаторы выделялись после каждого впрыскивания. Концентрация третьего нейромедиатора, серотонина, тоже возрастала, но в данном случае крысинный организм отреагировал на сам факт введения наркотика, а не на рост его кон-

центрации в крови. В начале сеанса выброс серотонина из нервных окончаний, расположенных в передней поясной зоне, постепенно нарастал, а затем его концентрация начала снижаться.

Не всем крысам доверили морфиновую педаль. Некоторым животным наркотик внутривенно вводили сами экспериментаторы. Крысы получили по 2 мг/кг морфина, то есть примерно две трети от количества, введенного их самостоятельными собратьями. И оказалось, что уровень нейромедиаторов после этой процедуры не изменился: крысы, по-видимому, не испытывают удовольствия от большой дозы наркотика, введенного в нее насильно. Из этого, однако, не следует, что внутривенное введение морфина не вызывает привыкания.

Очевидно, эти знания окажутся полезными для специалистов-наркологов, которые пытаются освободить пациентов от пагубного пристрастия.

ТЕПЛОТЕХНИКА

Тепловые трубы делают снег

Ученые из НПО им. С.А.Лавочкина придумали, как сохранить снег на горнолыжных и беговых трассах даже в теплую погоду. Системы искусственного охлаждения, которые разрабатывают исследователи, основаны на применении тепловых труб особой конструкции. Использовать такую систему авторы предлагают в олимпийском Сочи — городе, известном своей капризной погодой.

Принцип работы тепловых труб хорошо известен. Он заключается в том, что в замкнутом пространстве (в длинной и узкой трубке) сильно нагретый газ превращается в жидкость и вновь испаряется. Но эти процессы разделены пространственно. На одном конце, в зоне нагрева, жидкость испаряется: этот процесс требует затраты энергии, то есть идет с поглощением тепла. А на другом, в зоне охлаждения, жидкость конденсируется, охлаждая окружающее пространство. Так, нагревая один конец длинной трубы, можно охлаждать другой на весьма большом расстоянии.

Вопрос в том, как заставить жидкость вернуться обратно в зону испарения. Если это тепловая труба, с помощью которой, например, охлаждают фундамент дома в зоне вечной мерзлоты (чтобы дом не «поплыл» летом), устройство располагают вертикально, и жидкость просто стекает вниз под действием силы тяжести. А как быть, если труба расположена горизонтально или вообще выгнута дугой под лыжной трассой?

Решить эту проблему ученым помог «космический опыт», ведь они специализируются как раз на космических объектах, которым приходится работать в условиях невесомости, без помощи земной гравитации. Исследователи предложили выпилить на внутренней стороне труб тончайшие канавки-капилляры. Такая капиллярная структура позволяет возвращать жидкость в зону испарения при любом положении трубы в пространстве, поскольку капиллярные силы действуют независимо от ориентации капилляра. А метод, позволяющий выпилить в металле длинные канавки шириной меньше микрона, разработали инженеры из МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Для охлаждения зоны конденсации ученые предлагают использовать особые устройства — элементы Пельтье, названные так по имени Жана Шарля Атанаса Пельтье, первооткрывателя эффекта выделения или поглощения тепла при протекании электрического тока через соединение двух металлов, сплавов или полупроводников. Эти элементы обеспечивают необходимое охлаждение зоны конденсации при малом расходе электроэнергии, что делает всю систему весьма экономичной. Если же учесть огромную эффективную теплопроводность тепловых труб (больше, чем у золота и меди), то становится понятно, что и общая эффективность системы чрезвычайно высока. Наконец, такая система безопасна, в том числе и с экологической точки зрения, мало весит и надежно работает — ведь движущихся деталей у нее нет!

Сегодня уже введено в эксплуатацию более 500 таких устройств. Они очень надежны, поскольку трубы расположены через каждый метр и выход из строя одного или нескольких устройств практически не влияет на работоспособность всей системы в целом. Все устройства идентичны по конструкции, но каждое



имеет возможность регулировки температуры – это особенно важно для больших протяженных конструкций и для nivelирования естественных климатических особенностей трасс.

В перспективе для Олимпийских игр будут использованы возможности контроля и управления из космоса, поэтому желательно создать единую искусственную климатическую систему, которой можно управлять из единого центра.

Так что есть все основания надеяться, что трассы на Олимпиаде-2014 в Сочи будут покрыты не лужами, а хрустящим морозным снегом, даже если вокруг будет зеленеть травка и цвести крокусы. Благодаря системе искусственного охлаждения, разработанной учеными из НПО им. С.А.Лавочкина.

зоология

Каждому организму – свое время

Жизнь какой-нибудь мелкой мышки кажется нам короткой, но это не так. За год-два мышка с физиологической точки зрения успевает не меньше, чем человек за несколько десятилетий. Каждый организм живет по своему внутреннему времени. Российские ученые, сотрудники Зоологического института РАН, предложили формулу, которая определяет единицу внутреннего времени. Она зависит от массы организма и скорости потребляемой энергии (model@zin.ru).

У всякого живого существа есть возраст, который измеряют в традиционных единицах времени: днях, месяцах, годах. Однако под словом «возраст» мы подразумеваем не только количество прожитых дней, но и физиологическое состояние организма. Мышь нескольких месяцев от роду – вполне взрослое существо, а человек в этом возрасте абсолютно беспомощен. Пока он достигнет половой зрелости, сменится более десятка мышинных поколений. Так что помимо внешнего физического времени, каждому живому объекту (а также экосистеме или популяции) свойственно время физиологическое, внутреннее. Естественно возникает вопрос: в чем это время измерять?

Физиологическое время зависит от скорости многочисленных процессов роста и развития. Для определения универсальной единицы физиологического времени из множества процессов логично выбрать такой, который шел бы по-

стоянно в каждом существе от рождения и до смерти. Зоологи из Санкт-Петербурга предлагают использовать для определения внутреннего времени процесс обмена веществ – метаболизм. Но скорость обмена веществ, как и другие процессы, происходящие в организме, тесно связана с его массой, которую тоже необходимо учесть. Причем масса состоит из двух частей: активной и пассивной. В обменных процессах участвует активная часть, а пассивная служит буфером, но при определенных условиях включается в обмен веществ.

Единицу физиологического времени исследователи определили как физическое время, за которое одна единица активной массы потребляет одну единицу энергии. Единица физиологического времени имеет такую же размерность, как и физического, но его значение зависит от массы организма и количества потребленной энергии (кислорода). Однако потребление энергии непостоянно. Его скорость различна для животных разных видов, разных индивидов одного вида, разных органов и тканей одного организма. Соответственно меняется и единица физиологического времени. Чем быстрее идет обмен, то есть чем больше элементарных актов поглощения энергии происходит в единице активной массы за минуту или за час, тем она короче. Физиологическое время можно ускорить или замедлить, например изменив режим питания или температуру либо введя гормоны. С физическим временем так обойтись нельзя, во всяком случае в земных условиях. Но зато в любой момент можно измерить интенсивность метаболизма, сравнить время и убедиться, что время внутреннее течет неравномерно относительно физического. Физиологи и раньше это знали, а с появлением формулы и единицы измерения могут это доказать.

психология

Косметика с точки зрения психолога

Если вы хотите узнать о даме самое сокровенное – загляните в ее косметичку. Посмотрите, каким кремом она пользуется, и узнаете, как она справляется со стрессами и разрешает конфликтные ситуации. Изучение данной проблемы московскими психологами из Института психологии РАН поддержано грантом РГНФ (rebeke@psychol.ras.ru).

В поле интереса психологов под руководством Т.А.Ребеко попали косметические кремы. Оказалось, что предпочитаемые свойства кремов могут кое-что сказать о том, как их владелица справляется со стрессами, выходит из конфликтных ситуаций, а также о ее самооценке. Ученые назвали это «структурой фемининной идентичности» (то есть осознания себя как женщины).

В исследовании приняли участие 28 женщин от 22 до 65 лет. Перед тем как их опрашивать, психологи изучили сайты и каталоги ведущих косметических компаний, чтобы выделить основные свойства кремов. Свойств насчитали 39, и их объединили в шесть групп: защита, очищение, лечение, питание, антистресс и профилактика старения.

Опрос нельзя было проводить «в лоб» из опасения получить неверные ответы на столь деликатную тему. Поэтому женщинам предлагали представить идеальный косметический крем.

Результаты этой презентации соотнесли с данными психологических тестов, которые предлагали участникам экспериментов. Тесты были ориентированы на то, чтобы оценить способы выхода из конфликтной ситуации, способы справиться со стрессом и самооценку. И вот что получилось.

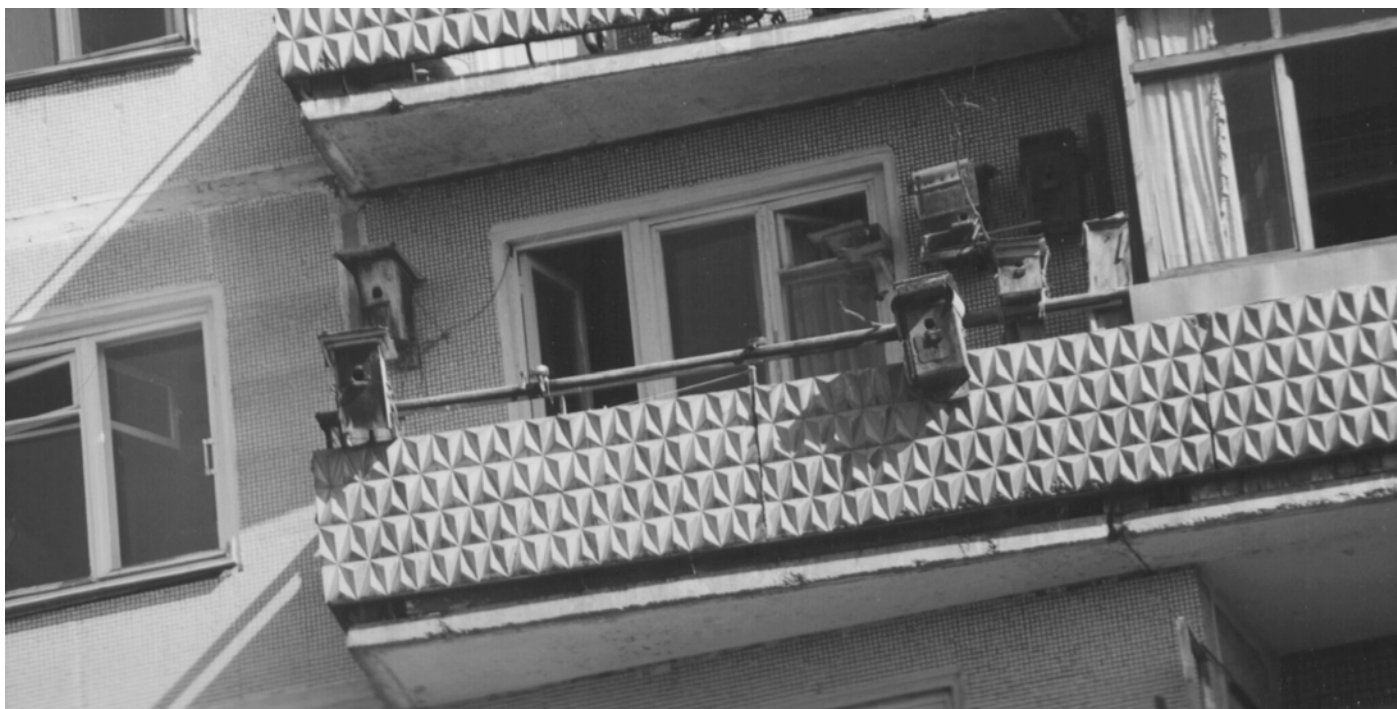
Предпочтение категории свойств «защита» свидетельствует о психологической ранимости и внутренней конфликтности, эмоциональном реагировании на возникающие проблемы и невозможности обратиться за помощью к другим.

Женщины, предпочитающие категорию «очищение», склонны переводить вовне свои личные проблемы, как бы очищаясь от них. Те, кому важен «антистресс», получают особенное удовольствие от расслабления после усталости. Категория «лечения» наиболее важна для женщин в возрасте. Те же, кто считает самым главным «питание», рациональны и успешно справляются с решением задач в стрессовой ситуации.

Ученые признают, что интерпретация результатов имеет ограничения. Вме-

сте с тем, по их мнению, методика позволяет рассматривать отношение к коже как показатель отношений с внешним миром.





1

Птичья гостиница

О птичьем языке

Г.Д.Серов

Горожанам редко удается наблюдать за дикими животными. У меня такая возможность появилась, когда я поселился в девятиэтажном доме, в квартире на шестом этаже с лоджией, балконом и окнами, выходящими на Обское водохранилище.

За водной гладью виднелся бор, напротив нас — остатки леса. Рядом с домом — ручей, заросший рогозом. В нем водились дикие утки, жила ондатра. В небе летали всевозможные птицы. Пейзаж чудесный, пернатых много, осталось только беречь их и помогать выжить. Для начала я вывесил отличный скворечник, потом еще пять, которые вышли немного хуже (фото 1). Кормил птиц мелкими семенами подсолнуха, маргарином, крошками белого хлеба, реже кусочками мяса. Некоторые из них прилетали поесть сами: снегирь (фото 2), синица, дубонос, поползень, воробьи, голуби, большой пестрый дятел и другие. Многие брали корм для птенцов. Потом они появлялись уже со слетками. Позже молодежь прилетала без родителей. Снегири, поползень и синицы даже залетали ко мне в комнату.

Я наблюдал за птицами каждый день в течение многих лет. Они все больше поражали меня своим интеллектом. Как они между собой разговаривали, осталось тайной, но птички поступки оказались столь разумными, что объяснить их можно было только умением передавать информацию друг другу. Способными к этому оказались не только мудрые врановые, но даже обычные воробьи, голуби, скворцы и, видимо, стрижи. О некоторых событиях из жизни птиц я и расскажу.

Я наблюдал за птицами каждый день в течение многих лет. Они все больше поражали меня своим интеллектом. Как они между собой разговаривали, осталось тайной, но птички поступки оказались столь разумными, что объяснить их можно было только умением передавать информацию друг другу. Способными к этому оказались не только мудрые врановые, но даже обычные воробьи, голуби, скворцы и, видимо, стрижи. О некоторых событиях из жизни птиц я и расскажу.

Война скворцов и стрижей

В одном скворечнике поочередно гнездились скворцы и стрижи. Первыми с зимовки прилетали скворцы и выводили птенцов (фото 3). В тот день, когда из дома вылетали скворчата, в нем поселялись стрижи и тоже успевали вывести потомство до осени (фото 4). Через пару лет скворцы стали прилетать домой на неделю позднее, а стрижи — раньше. Возник конфликт, и стрижи оказались победителями, хотя по размерам скворец чуть крупнее и клюв у него значительно длиннее. Скворцы бросили птенцов, уже покрытых пухом. На следующий год трагедия повторилась, погибло пятеро слепых птенцов.

Тогда скворцы перестали гнездиться в скворечнике. Весной самцы садились на свой бывший дом, пели, но потом исчезали. Иногда прилетала пара птиц. Осматривали домик, забирались внутрь, даже начинали обустривать гнездо. Не раз я думал, что они останутся. Однако через два-три дня скворцы улетали, словно кто-то из стаи

2

Снегири у кормушки





советовал им не селиться там, где два года подряд от стрижей погибли выводки. Действительно, как только пара скворцов начинала устраиваться, их всегда навещали сородичи. Так прошло несколько лет. Стрижей стало больше, и я вывесил для них еще четыре домика.

Как-то весна была холодная, выпал снег. Скворцы предупредили непогоду и прилетели значительно позднее, в конце апреля. Обосновались на балконе, стали носить траву и вить гнездо, а затем насиживать кладку.

Вскоре вернулись стрижи. Сначала появились разведчики, а через день и вся стая (фото 4). Стрижи с визгом пронеслись мимо балкона, оповещая о своем прибытии. Они чуть не задевали за голову не только меня, но даже скворца, сидевшего на жердочке перед летком. Похозяйски подлетали к домикам, некоторые даже залетали в него, а кое-кто, цепляясь за леток, заглядывал внутрь. Обследовали они и занятый скворцами домик. Надежда на то, что все утрясется, не оправдалась. Через день утром я услышал в скворечнике крики, звуки борьбы. Пришлось мне вмешаться и пересадить стрижа в пустой скворечник. Однако покинули домик и скворцы.

Один вернулся назад быстро, другого не было с полчаса. Как же я удивился, когда к домику подлетело сразу несколько скворцов. Хозяин залетел в леток, остальные

расселись на перилах балкона. Они бегали по нему, заглядывали в пустые домики, иногда перелетали на ветки деревьев напротив балкона. Потом летали перед домом, пересекая путь стрижей, кружащих каруселью. К скворечнику стрижи ни разу не подлетели. Демонстрация силы продолжалась до вечера. В последующие дни хозяин-скворец часто выглядывал из летка или сидел возле него на жердочке. Стрижи носились прямо над ним. Бедняга пригибался к жердочке, втягивал голову. Хорошо, что соплеменники не забывали семью. Они то и дело проверяли, все ли там в порядке и не нужна ли помощь. Наконец стрижи заняли пустые домики, а скворцы успешно вывели птенцов.

Как скворец объяснил холостым первогодкам, что у него несчастье, что он срочно нуждается в помощи? Они прилетели быстро, не прошло и часа.

На следующий год я повесил новый домик на стене. Он висел высоко, а потому что там происходило, выяснить было невозможно, однако при необходимости я мог, подняв крышу, выдворить непрошеного гостя. Как и предполагал, скворцы, вернувшись из теплых стран, осмотрели домики и выбрали новый. Стрижи сначала заняли пустующие домики, а потом, когда скворцы уже кормили своих птенцов, я вновь услышал шум драки. Попытался ее прекратить, стучал по стенке скворечника — бесполезно. Когда же захотел, сняв крышку, взять стрижа рукой, он вывернулся и вылетел, за ним последовали хозяева. И в этот раз скворцы обратились за помощью к молодым. Все повторилось. Сначала в домик залетела мать, а через некоторое время вернулся самец с тремя соплеменниками. Они начали барражировать напротив балкона, иногда рассаживались на перилах, на крышах домов.

Скворцы второй раз с помощью своих братьев одержали победу над стрижами. Поведение молодых скворцов, избравших правильный путь к обузданию агрессоров, оказалось разумным. Неужели демонстрация силы своим присутствием — это тоже инстинкт? Как бы то ни было, можно утверждать, что скворцы при необходимости обмениваются между собой информацией. Но каким путем, вот вопрос? Как разобраться в их криках? Что касается скворцов-помощников, то на военный совет (как в Филях) у них времени не было, и они придумали правильный выход из положения за кратчайшее время.

4

Семья стрижей в сборе





5

Стая стрижей в полете

Через год драка между скворцами и стрижами повторилась вновь. Такого еще не бывало — стриж за день трижды влетал в чужой дом. Первый раз мне пришлось рано утром через крышу выгонять нарушителя. Вечером он вновь вел себя агрессивно. Была драка, обе птицы вылетели наружу. Ночью, когда стемнело, я вдруг услышал снаружи шум: то ли визг, то ли крик. Вышел на балкон: странно, звуки доносились снизу. Присмотрелся — на полу кто-то копошился, бил крыльями. Кричавший, шевелившийся, спутанный клубок оказался стрижом и скворцом, вцепившимися друг в друга. Разнял их и выпустил. Как сожалел, что фото не сделал — руки были заняты! После этого стрижи оставили в покое своих противников. Вот так скворцы дали достойный отпор врагу и вывели птенцов.

О серых воронах

Вороны долго гнездились на соснах, напротив нашего дома. Я наблюдал за ними, когда самка уже сидела на кладке, а самец ее кормил и охранял. Его постом служила макушка высокого тополя. Если на их территорию залетал черный коршун, страж с криком быстро летел ему навстречу. Он набирал высоту и сверху нападал на незваного гостя. Я видел в бинокль, как иногда коршун, обороняясь от вороны, на лету переворачивался на спину, вытянув над собой лапы с большими когтями. В драку он не вступал и улетал. Когда появлялись птенцы, самка помогала самцу.

Сороки тоже знали, что это не их территория, и пролетали мимо, не задерживаясь. Пространство между домами птицы разделили на участки и охраняли их от своих сородичей или птиц, равных по силе.

Как родители-вороны выкармливают птенцов, обучают их летать и находить пищу, многим известно, а вот что слетки, покинув гнездо, около недели сохраняли привязанность к своему дому и далеко от него не улетали, я узнал впервые. Они возвращались с крыши столовой, где их кормила мать, и отдыхали после обеда (как все «мои» птицы) на краю гнезда, чаще на ветках своей или растущей рядом сосны. Потом родители улетели вместе с ними. Молодежь начинала самостоятельную жизнь, а взрослые воро-

ны возвращались без них, чтобы вскоре отправиться на зимние квартиры.

И вот однажды между воронами и сороками возник конфликт из-за территории. Как третейский судья считаю, что виноватых здесь не было. Закончился спор примирением сторон благодаря тому, что сороки обратились за помощью к своим товаркам. В этом случае более разумными оказались сороки. Вот как это произошло.

Обычно зимой «мои» вороны прилетали пару раз проверить, на месте ли сосны и не случилось ли чего-нибудь в родных пенатах. Однажды они почему-то долго не появлялись, и этим воспользовалась пара сорок. На дереве неподалеку от вороньей сосны они начали сооружать гнездо. Вороны-хозяева, вернувшиеся после долгого отсутствия, обнаружили чужой дом и рядом с ним двух нарушителей. Не потерпев наглости белобоких, они принялись их прогонять, каркать, перелетая с ветки на ветку ближе и ближе к ним. Бедные сороки, непрерывно стрекоча, медленно сдавали позиции, перелетали с дерева на дерево, ниже и ниже. Вороны гнали их туда, где кончались сосны, росли березки, осинки и начинался берег ручья. И тут одна из сорок покинула ненадолго место сражения и вернулась уже не одна, а с четырьмя подружками! Силы сорок и гвалт умножились, стрекотание заглушило карканье. Сороки перешли в наступление, однако драки не было — только крик. Вороны не выдержали натиска, улетели, но вернулись. Наступил мир: вороны принялись строить новое гнездо, сороки — достраивать начатое.

Опять у меня возник тот же вопрос: «Каким образом улетевшая сорока рассказала соседкам о несчастье и убедила их полететь к своему гнезду?» Удивило и то, как она быстро нашла их. Видимо, они постоянно поддерживали связь между собой. Это был еще один случай общения птиц, попавших в беду, с сородичами.

Что касается нюансов голоса сороки, то они бывают разными, в зависимости от обстоятельств. Жители леса знают: если она часто стрекочет, значит, появился чужак — человек, собака, — и надо быть настороже. Наедине с собой они разговаривают (не раз слышал) журчащими звуками с переливом, с несвойственными им руладами.



Все фото – автора



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

О голосах птиц можно рассказывать много, но вернемся к рассказу о поведении серых ворон, об их общих собраниях, которые я назвал «ассамблеями».

Часто в осенние дни я видел ворон, сидящих на проводах, но не придавал этому значения. Но однажды я решил, что эти слеты заслуживают внимания. Наблюдал за ними несколько лет. Оказалось, собрания происходят почти в одни и те же осенние дни. Уже только этот факт заставил меня присмотреться к поведению мудрых птиц.

Вороны появлялись в небе четыре года подряд, в первую декаду сентября, как правило, до полудня. Они летели маленькими группками, по 3–5 птиц, со всех сторон. Направлялись всегда к одной и той же высокой металлической опоре линии электропередачи. Подлетали, рассаживались с разных ее сторон и на разных проводах. Так собиралось около 30–50 птиц. На сборы уходило больше часа. Вороны, видимо, знали друг друга, и потому некоторые подсаживались к уже сидевшим. Час-

то перелетали с места на место. «Ассамблея» длилась минут сорок. Точнее сказать нельзя, потому что птицы постоянно были в движении, подлетали опоздавшие. Разлетались тоже по-разному: по одной, парами, троём, и часто – в разное время и в разные стороны. Иногда улетала одна ворона, следом за ней взлетала другая, догоняла первую, и дальше они летели вместе. Регламента у их встреч не было.

Можно только предполагать, зачем вороны собирались вместе. Не была ли эта встреча посвящена знакомству молодых? Может быть, они знакомились друг с другом, выбирали себе партнера для создания будущей семьи? Или выбирали старейшего, или просто делились сведениями о прошедшем лете?

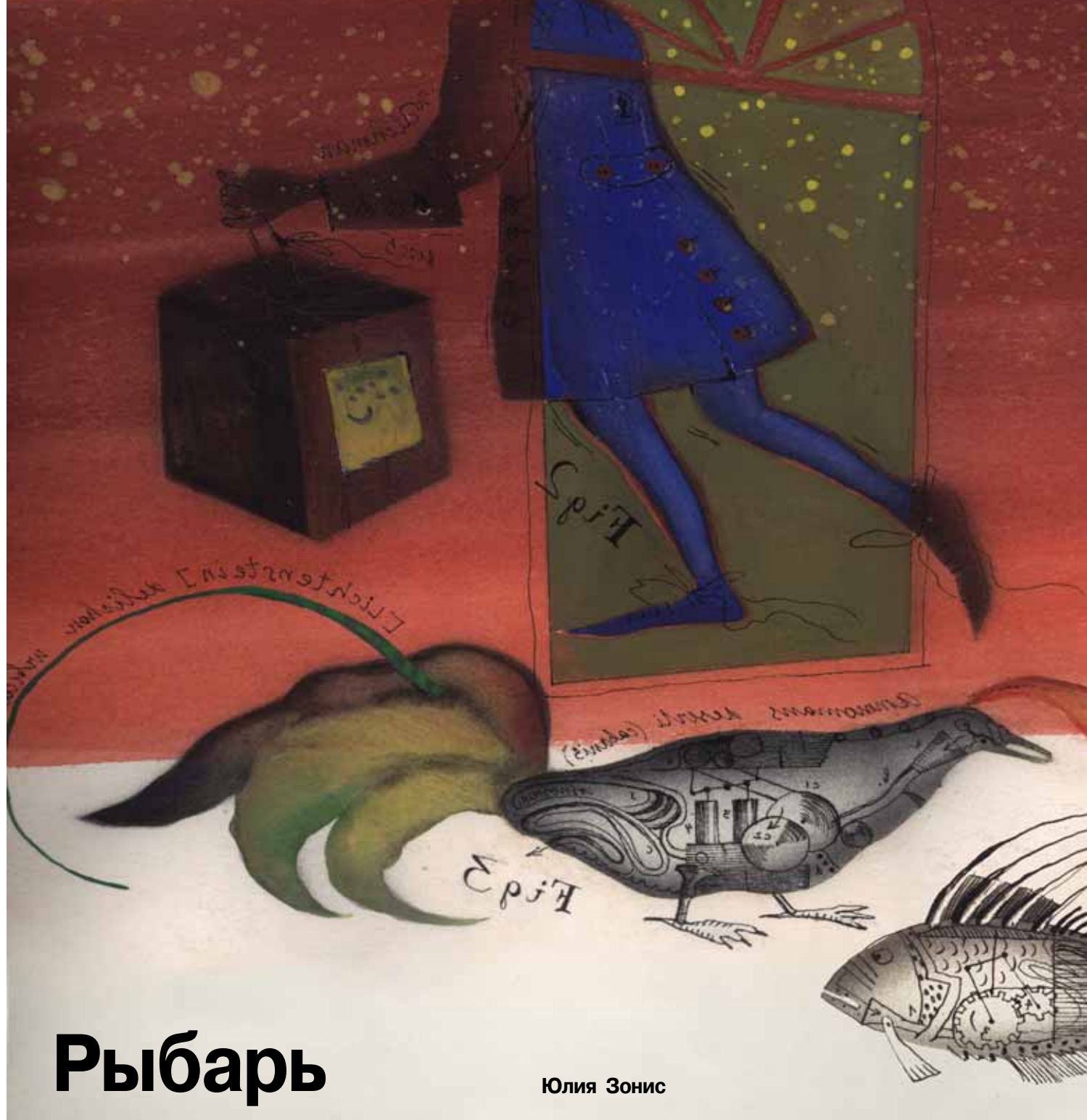
Умные птицы вновь удивляли своим поведением. Могло ли у них подобное произойти без умения объясняться на вороньем языке? Разве можно договориться иным способом о встрече в одном и том же месте и в одно и то же время?

А закончу я рассказом об удивительном случае с серой вороной. Человек запускал во дворе кордовую модель самолета, а неподалеку на дереве сидела серая ворона. Заметив кружившийся неизвестный ей предмет, она переместилась на дерево поближе, потом стала летать вокруг него. Осмотрела со всех сторон и улетела. Через несколько минут она появилась с напарницей. Теперь они облетали самолетик вдвоем. Чем он их так заинтересовал, а главное, как ворона позвала с собой подружку? Вывод один: ворона обладает речью. Жаль, что на это не указал автор заметки. Подтверждением сказанному служат слова Конрада Лоренца: «Животные не только в состоянии дифференцировать большое количество сигналов, но и отвечают на них гораздо более тонко, чем человек».



Иан Бек, иллюстрация из сказки о Томе Трухарте





Рыбарь

Юлия Зонис

Дом Птичницы сгорел. Куда делась сама Птичница, было непонятно, но Рыбарь предполагал, что она ушла в сны. Прикрыв глаза (и даже не прикрывая, а лишь прищурившись), он представлял себе искорки огня, которые проскакивали по оплывшему, раздавшемуся телу Птичницы. Первыми наверняка загорелись волосы, но Рыбарю почему-то казалось, что пламя пришло изо рта. Вот они, оранжевые, неуверенные язычки, лизнувшие десны и редкие зубы, затем перепрыгнувшие на верхнюю губу. Тут уж огню было раздолье: вся верхняя губа Птичницы поросла темными волосками — потому они и затрещали, скручиваясь от жара. Несколько горящих волосков упало на простыню, оттуда огонь перекинулся на ковровую дорожку, полинявшие от стирки оконные занавески, а там занялась и крыша. Крышу эту Рыбарь перести-

лал сам, таскал наверх связки тростника, укладывал его на деревянные жерди перекрытия. Тростник колот пальцы, Птичница стояла внизу и, задрав голову, следила за работой. Теперь Птичница ушла в сны, и крышу придется перестилать заново. Для новой Птичницы.

Марина, Рина, Мурра, Рука, Рахель. Почему Рахель? Рахелью Ринку звала бабушка. Бабушка, бабушка... Ринка напряглась и тут же устало обмякла. Бабушка, какой бред, по каюте ходят зеленые ящеры! Один присел в углу на корточки, как человек, собравшийся справить нужду. Явственно потянуло какой-то гнилью, гадостью, болотным аммиачным духом. Ринка свесилась с койки, и ее вырвало.

Рина нашарила очки в изголовье, махнула рукой присевшему на корточки ящеру и, шатаясь, дрожа, хватаясь за верхние койки, стала пробираться к трапу.

Дом никогда целиком не сгорает, и это хорошо. Не так уж много народу в поселке, чтобы заново все отстраивать. Занавески новые можно взять у Обойщика, ковровую дорожку у Бакалейщика. А стекло в окнах все равно не было — в поселке не водилось стекол. Даже зеркала и те медные... Рыбарь не был уверен, что когда-нибудь видел стекло наяву. В снах — да, пожалуйста, сколько угодно: яркие прозрачные стекла витрин, тонированные стекла автомобилей, маленькие чердачные окошки — в них стекла были мутноватые, зато как ярко блестели они на закате! Были еще витражные стекла, цветные стекла, увеличительные, зеркальные и даже пуленепробиваемые, но они-то как раз интересовали Рыбаря меньше всего. Когда не надо было перестилать крышу или выбирать сети, он думал о стеклах. Больше всего ему хотелось заполучить настоящее стекло, хоть одно, хоть самое маленькое, но оказывалось, это невозможно — стекла оставались в снах. За неимением стекол Рыбарь собирал камешки. На закате он бродил по отмели, разгребая ногами залежи ракушек. Рядом тихо шипело море. Некоторые из найденных камешков очень напоминали стекло, когда лежали, блестя, среди белых раковин. Но потом они высыхали, тускнели, и Рыбарь разочарованно зашвыривал их обратно в воду.

Когда солнце садилось, он шел в таверну. Обычно таверна пустовала, только ближе к ночи сюда заглядывал Смотритель маяка. Заходил вечерами и Бакалейщик, хотя вообще-то он предпочитал сидеть дома, проверять счета и любоваться своей коллекцией птичьих яиц. Бакалейщик не понимал Рыбара.

— Если уж ты что-то собираешь, то собирай, а ты, Рыбарь, странный какой-то. Найдешь камешек — и тут же выбросишь. Хоть бы мне их отдавал, что ли.

Смотритель усмехался в усы, Рыбарь пил пиво и отмалчивался, а потом уж пора было отправляться на вечерний лов.

Но сегодня таверна была чуть ли не битком набита. Явился даже Волынщик, который обычно не забредал в поселок, предпочитая глухомань южной оконечности острова. Пили, гудели, но все украдкой нет-нет да и поглядывали на Рыбаря.

— Ты уж, Рыбарь, постарайся там. Че-нить получше найди. А то последняя-то Птичница... не того, — выговаривал Рыбарю Бакалейщик.

Рыбарь и сам знал, что последняя Птичница была не того, и неловко поежился.

Бам! Это удар ветра. Бам! Где-то наверху, на палубе, Димка и Ген сражаются с парусом, а мотор заглох давно уже, может, час назад, а может, год.

И — бам!.. Каюта подпрыгнула так, что Ринка скатилась с койки, едва не попав в лужу рвоты. И — плюх! Нет, это просто лодка протекает, это плещется вода. Почему в этом море вода такая чертовски соленая? А в каюте нельзя выпрямиться — как же второй янчир ухитряется стоять во весь рост, он же в два раза выше Ринки?

И — бам! Ветер? Как они там, наверху? И есть ли кто-нибудь наверху? Может, их давно смыло за борт, и парус хлопает на ветру, или парус тоже сорвало, унесло к берегу. Вот смешно — парус туда небось долетит, целехонкий, или уже на излете плюхнется в море, и его вынесет к пляжу. К набережной. Что это за

— Помоложе, и чтоб, ну, глазастая. Не как у той: глаз из-за щек не видать, образина в окно не влазит. Поглазастей, и чтоб ноги, знаешь...

— Ага, — поддержал Обойщик, Бакалейщиков приятель. — Нет, ты бери, какую надо, но чтобы и смотреть на нее было приятно, а то ведь, знаешь, живешь вроде по соседству, окно в окно, можно сказать, ну и смотришь.

— Да и тебе же лучше, — осклабился Бакалейщик, приканчивая свое темное. — А то будет, как в прошлый раз.

Рыбарь нахмурился и отставил кружку. Ему показалось, что Бакалейщик и Обойщик понимающе перемигнулись у него за спиной.

В окно стукнул ветер, потянуло по ногам сквозняком, и Рыбарь понял — пора.

При свете электрического фонарика вода казалась черной, а волосы первой из найденных им — белыми. Женщина запуталась в сети, и уже по тому усилую, с которым Рыбарь тащил ее из воды, понятно стало: не та.

Она всплыла на поверхность как огромный пузырь, бока которого сдавлены крупными ячейками сети. Первая была так похожа на ушедшую в сны Птичницу, что у Рыбаря по спине побежали мурашки, а пальцы ног поджались. Вспомнились жара, солнце на затылке, колющий тростник и хозяйски-заботливый взгляд снизу. Нет уж!.. Он вывернул сеть в море. Лодка качнулась, и первая темным пятном ушла под воду. Только волосы еще белели недолго, а потом — чернота. Там, под лодкой, первая превратилась в толстую, крутобокую рыбину, ударила хвостом и скрылась в глубине.

Вторая, молодая брюнетка, оказалась хороша. Мокрая юбка облепила длинные ноги. Рыбарь уже почти решился взять ее, когда в соседней сети что-то блеснуло. Рука Рыбаря дрогнула, и длинноногая ушла в воду вслед за первой. Мурена, удивился Рыбарь. Поди ж ты. Длинноногая красotka превратилась в мурену.

Свет фонарика заплескал по воде и отразился в двух маленьких стеклах. Стекла украшали глаза девочки, запутавшейся в соседней сети, и, пока Рыбарь, дрожа, задыхаясь, но с величайшей осторожностью, тянул драгоценную добычу в лодку, он вспомнил: стекла называются очками.

«За-коп-чен-ный по-то-лок. Бом-бом-тили-бом, загорелся кош-кин дом... Мурра, кошку, наверное, звали Муркой. Почти как меня».

Когда Ринка очнулась в странном месте, была ночь. Над ней склонялись странные лица. Присмотревшись, Ринка поняла, что лицо всего одно и ничего странного в нем нет. Так, человек. Только небритый очень. Нет, бороды у него не было — лишь щетина. Трехдневная щетина, подумала Ринка. Он ленивый, ему просто лень бриться. Через два-три дня он посмотрит в зеркало, вспомнит, что не собирался отращивать бороду, и побреется. Бреется он наверняка ржавым лезвием, а может, и опасной бритвой, тоже ржавой и старой. И пену стряхивает в консервную банку из-под кильки в томатном соусе... Дальше Ринка додумать не успела, потому что небритый человек направил фонарик прямо ей в глаза и пришлось срочно закрываться ладонью от слепящего света.

Небритого человека звали Рыбарь. Другие люди рассказали ей назавтра, что он вытащил Ринку из моря. Чтобы она стала Птичницей. Вытащил, перенес в дом, оставшийся от старой Птичницы. Уложил на кровать и ослепил фонариком. И ушел. А Ринка заснула. И спала до утра. На острове все спали до утра. И только Рыбарь ночью не спал, рыбу ловил. Но все это ей рассказали потом.

А пока была ночь, и Ринка видела сон: как она протискивается вверх по трапу, а наверху рев, и грохот, и волна — огромная,

слепающая, холодная. Наверное, волна смысла ее с палубы, потому что следующее, что Ринка видит, — это черная вода качается взад-вперед перед глазами, растет горбами и ух — вниз, и кажется, что на этот-то раз точно не выплывешь, но Ринка все же выплывает, волна выталкивает ее наверх, на самом гребне она замечает белую звездочку и, задыхаясь, гребет к ней, и с каждым взмахом — о, счастье! — белая звезда разгорается все ярче и ярче. Утром Ринка узнает, что это вовсе не звезда, а островной маяк.

На острове очень жарко. В поселке почти нет деревьев, только дома с тростниковыми крышами, и дома почему-то не отбрасывают теней, будто над поселком вечный полдень.

Веснушки, думает Ринка. Веснушки и обгоревшая шея, а сметаны-то тут точно нет, смазать будет нечем. Во дворе копошатся куры. Кур надо кормить. Это первое, что ей сказали: она будет новой Птичницей, а Птичница должна кормить кур. Не резать и ощипывать, а только кормить. Не то чтоб Ринке очень хотелось резать кур, но ее собеседника (длинного дядьку звали Обойщиком, он жил в соседнем доме) эта мысль привела в ужас. Он замахал руками и чуть не свалился с крыльца. Крыльцо Обойщикова дома выходило как раз на окна Ринкиной спальни (то есть спальни Птичницы, мысленно поправилась Ринка), и круглый глаз Обойщика блестел в щели между занавесками, когда девушка проснулась. Обойщик вытягивал шею, как гусь. Гусей Ринка помнила с деревни, бабушка их откармливала. Обойщик вообще чрезвычайно походил на гуся, а вот Бакалейщик, к примеру, смахивал на бульдога.

Утром и в последующие дни Ринка узнала много новых вещей, и не только про кур. Взять хоть маяк. Маяк зажегся только на случай особого лова, когда Рыбарь уходил в море надолго и привозил людей. Еще ей рассказали про батарейки. И про Трактирщика. Но интереснее всего был все же маяк. Смотритель маяка любил пиво, доил над кружкой длинный ус, шурился и был неразговорчив. В ночи лова он тоже не спал, и Бакалейщик сообщил об этом со сдержанным презрением. Однако дольше всех не спал, конечно, Рыбарь.

Рыбарь вообще был убогим. Полезным, но убогим. Он очень часто не спал ночью, ловил рыбу или просто сидел на берегу. Трактирщик, упомянув об этом, возмущенно фыркнул, и Ринке пришлось стирать со щек пивную пену. Ей-то Рыбарь как раз понравился. Уж всяко больше, чем толстый Бакалейщик.

А Бакалейщик поучал. Задрав палец или постукивая им по столешнице для пушечей убедительности, он говорил:

— Сны — это наше главное. То, считай, ради чего мы здесь. О!

Лучшим экспертом по снам считался Трактирщик, но он, увы, просыпался так редко, что ничего не мог рассказать Ринке. Лежал бревном где-то в задней комнате, и временами сквозь стенку доносился его храп. Поэтому посетители таверны сами поднимались, доливали себе пива, и Бакалейщик курсировал между стойкой и столиком чаще других. Ринке, конечно, пива не полагалось. Она с завистью наблюдала за Бакалейщиком и слушала его речь.

— Сны! — Толстяк закатывал глаза, и в его серых радужках отражались серые занавески. — Да на наших снах, почитай, весь мир держится!

Бакалейщик стучал кулаком по столу и опрокидывал в рот кружку. Вечно спящий Трактирщик подтверждал его слова особенно громким храпом.

Как бы то ни было, на острове жили люди. Значит, и Ринке надо было жить.

— Она кур не кормит!

Рыбарь зашел в таверну перед ночным ловом. Неловко свалив у двери новую сеть, он пробрался к стойке. Слова Обойщика заставили его поморщиться.

— То-то и оно. Кормит их, но неправильно. Куры, они голодные по двору ходят, ко мне в огород лазят.

— Куры! Что мне твои куры! — Бакалейщик попытался горько вздохнуть, но подавился пивом, закашлялся, обрызгав вытянувшего шею Обойщика. — Заходит она ко мне вчера в лавку, и цоп — шарф. Хороший, белый шарф, я специально положил его отдельно от цветного. Цоп — и себе на голову наворачивает. Мол, у вас тут такая жара, буду ходить в этом... как его, в тюрбане. Нет, ну ты видел, чтобы кто-то в тюрбане у нас ходил? Вон, Волынщика спроси. Небось и он, гулена, такого отродясь не видал. А она повертелась так-сяк перед зеркалом, и будь здоров! А в другой раз я смотрю — она к моей коллекции птичьих яиц подбирается. Глазки уже так и горят, так и горят. Еле ее спровадил.

Бакалейщик шумно вздохнул, подпер кружкой щеку. Обойщик оглянулся через плечо, перегнулся через стол и громко зашептал:

— Мне Смотритель вчера говорил: она на маяк хотела залезть.

— Ну?

— Вот тебе и ну. Говорила, хочет оттуда посмотреть на море. За Стену заглянуть хочет.

Бакалейщик поперхнулся пивом. Рыбарь, до этого старавшийся не замечать шепота, прислушался.

Всякому известно, что с маяка можно смотреть только на южную глухомань, а там и нет ничего, одни болотные огоньки перемигиваются. Да и те разве что по ночам. Волынщик, правда, утверждал, что на острове есть и другие деревни. Волынщик был заодно и разносчиком, и в доказательство своих слов притаскивал иногда из странствий диковинную посуду и медные колокольчики, которых в их поселке никогда не водилось. Рыбарь думал порой о том, что неплохо бы обогнуть остров на лодке да и посмотреть, что же все-таки там, за черными скалами. Но становилось боязно. Заплывешь — не вернешься. По суше оно, конечно, надежнее, но Рыбарь не любил сушу. Можно было иногда подниматься на маяк, смотреть на болотные огоньки, на туманы, ползущие из глубины острова. Но смотреть на море? За Стену? Рыбарь помотал головой, осушил свою кружку и направился к выходу.

Уже на пороге он расслышал шипение Обойщика:

— А еще я видел, как она себе пива налила. Подошла и налила...

Медленный прибой, медленный, отороченный белым, ворочавший гальку...

Рыбарь любил эти ночные часы. Знал, что в поселке побаиваются ночного моря. А его, Рыбаря, и вовсе за человека не считают. Если человек — и спи ночью, не таскайся по берегу!.. Все знал, но все-таки не мог удержаться. К тому же в предрассветные часы в сети шло много правильной рыбы, а рыбу в поселке любили. Рыбарю же нравилось одиночество. Вот ведь странно — зачем он вообще ходит в таверну, слушает бурчание Бакалейщика, глядит на поникшие пивные усы Смотрителя? Когда Рыбарь выходил ночью на берег, ему казалось, что он уже не вернется в поселок. А однажды...

Небольшая тень поднялась с галечной кучи, качнулась к Рыбарю. Он отшатнулся, но тут же вздохнул с облегчением, узнав девочку в очках. Ринку. Очков сейчас не было видно.

— Ты почему не спишь?

Голос его был глухой, будто заржавленный: Рыбарь ведь говорил редко. Но девочка не испугалась. Подошла и попросила:

— Возьми меня с собой.

И сразу стало понятно, что она хочет сбежать. Но Рыбарь ничего не сказал. Только мотнул головой — мол, садись в лодку. Девчонка, кажется, обрадовалась, заспешила к воде. И как видит в этой темнотище?

Сильно пахло рыбой. Рыбарь умел различать запах рыбьих косяков под водой, упрямое, бессмысленное на первый взгляд



ФАНТАСТИКА

движение, поворот, уход в глубину, под сеть. И все же сеть затрепетала, забила изрядным количеством правильной рыбы. Рыбарь почти научился видеть в темноте без фонарика, но сейчас включил его для Ринки: девчонке любопытно взглянуть на длинные, сильные тела, на тупорылые головы. Рыбы было много, и почти вся — правильная.

Ринка внимательно наблюдала за его руками, выпутывающими из сети несколько неправильных рыббин.

— По-моему, это морской окунь. Его едят.

Рыбарь покачал головой, швырнул окуня в воду, потянул следующего.

— Рыбарь, почему ночью все должны спать?

Он задумался, потому что плохо умел объяснять, у Бакалейщика это выходило вполне внятно. К тому же сам частенько видел неправильные сны. Лучше уж валандаться в море, чем видеть неправильные сны — так говорил Бакалейщик.

— Что такое Стена? Почему с маяка нельзя смотреть на море?

В голосе девочки звучало нетерпение. Такие вот и уходят в сны. Сначала видят неправильные сны, а затем уходят. Рыбарю, совсем уж некстати, вспомнилась старая Птичница, и на душе сделалось мутрно.

— Если мы сейчас поплывем все дальше от берега, дальше и дальше, что будет?

Рыбарь упорно выбирал из сети неправильную рыбину. Дурацкий окунь запутался колючками плавников, бился — Рыбарь об него уже все пальцы исколол. Окунь открывал рот, глотал бесполезный для него воздух, и казалось, что если он сейчас попытается ответить, беззвучно открывая и закрывая рот, то его огреют веслом и швырнут, оглушенного, в воду.

— Стена, — глухо произнес Рыбарь, оттирая от чешуи пальцы, — это Стена рассвета. Вплывешь в нее — сгоришь.

Девчонка будто не услышала. Взяла окуня из рук Рыбаря, кинула на дно лодки к остальной рыбе.

— Мы его зажарим. — В ее голосе звучала уверенность...

Неправильная рыба шипела на углях, а сверху палило солнце. Рыбарь подумал, что в чем-то Ринка права — солнце здесь и правда необычайно жаркое. Такое жаркое, что через два часа после рассвета Ринке удалось развести костер, просто наставив свои стеклышки на кучку сухих веток и поймав солнечный луч. Хотя с чем сравнивать?

Ринка будто угадала его мысли.

— Вот этот шрам, — она ткнула пальцем в белый рубец на руке Рыбаря, след от когда-то впившегося в мякоть крючка, — спорю, он появился уже на острове.

Рыбарь мельком взглянул на свою ладонь. Странно. Хотя точно помнил то время, когда шрама не было. А сейчас шрам — вот он, по нему можно провести пальцем. Если как следует напрячься, то вспомнится и другое: большие города, набережные, высокие белые здания, ослепительные стекла витрин. Или портовые краны, или небольшие домишки на скалах, или, к примеру, один маленький домик на горе. К морю от этого домика нужно было спускаться кривыми улочками, где из-за глинобитных изгородей тянули ветки персики и миндаль. Дом вспоминался чаще всего, но стоило всмотреться попристальней — и сразу наплывало какое-то поле, потом каналы, топкие берега грязной, ши-



ФАНТАСТИКА

рокой реки. В конце концов, это могло быть сном, одним из многих снов, на которых держится мир. Там, за Стеной. Рыбаря удивляло, как мир может держаться на такой ненадежной вещи, как чьи-то сны. И все же другого объяснения не было, и следовало уважать Бакалейщика, сновидящего много, плодотворно и, главное, правильно. А Рыбарь не заслуживал уважения. Хрупкой реальности снов он предпочитал явления простые, надежные: море, прилив, костерок, жарящаяся на углях рыба, солнце, пекущее затылок.

Рыба, кстати, уже изжарилась. Рыбарь недоверчиво наблюдал, как Ринка потянула ее за обуглившийся хвост, счистила палочкой угольки, надкусила — и сморщилась. Рыбарь хотел уж кинуться на помощь (ведь рыба-то неправильная!), но Ринка выплюнула кусочек, высунула обожженный язык и пожаловалась:

— Подгорела. И несоленая.

Сову Ринка нашла сразу за поселком. Сова казалась комочком глины, налепленным на ветку сухого дерева. Только широко раскрывшиеся лунные глаза выдали в сером шарике птицу. Ринка восторженно взвизгнула и схватила сову. Та немедленно впиалась ей в руку острыми коготками и уже примерилась долбануть клювом, когда Ринка ловко накинута на нее тюрбан.

Ошеломленную птицу она притащила домой и поселила на полке. Рыбарь носил для совы свежую рыбу, но поглядывал при этом неодобрительно. Станный он, Рыбарь, думала Ринка. Вот ведь нравится ему сова, а ни за что не похвалит.

Ночью сова с довольным уханьем вылетала в окно, а Ринка сидела на пороге, дожидаясь ее возвращения и вспоминала бабушку. Бабушка тоже как-то нашла сову, принесла к ним с мамой. Мама отказывалась кормить совенка, поскольку тот больно клевался и драл руку когтями. Так что птицу пришлось отпустить. Иногда Ринке казалось, что тот совенок вырос и теперь нашел ее на острове. Птицы ведь не люди — что им какая-то дурацкая Стена!.. Ринка сидела на крыльце, вспоминала бабушку, ветер перебирал ее волосы, а из-за занавески соседнего дома таращился круглый глаз Обойщика. Обойщик думал о курах.

Пощечина оказалась последней каплей. До этого были: некормленные куры, неправильные сны, коллекция Бакалейщика (девочка все же добралась до нее и нагло заявила, что все яйца в ней — куриные), маяк, ночные прогулки и пиво. И пойманная сова. И кровати. И похищение батареек. Но пощечина переполнила чашу поселкового терпения.

Пощечину Ринка влепила Волынщику. Сейчас неудачливого ухажера отпавляли в таверне темным. Задыхаясь от возмущения и брызжа во все стороны пеной, он орал:

— Никогда, ни одна!.. Птичница! Даже эта тупая старуха, которая в Рыбаря вторилась, — и то! Да у меня в южных поселках такие были! А эта... малявка! Дрянная!

Народ сочувственно поддакивал. Да, Птичницу, что и говорить, Рыбарь добыл куда не годную.

Рыбарь переминался у стойки, слушал залихватистый храп Трактирщика. Слушал возмущенный ор Волынщика и сочувственные возгласы. Надо было что-то сделать. Например, подойти и дать

Волынщику в зубы. Рыбарь сжал кулак, посмотрел на него: ну, костлявый кулак, но заткнуть Волынщика можно и таким. В глубине, на сгибе ладони, Рыбарь чувствовал шрам. Тот самый, до которого дотронулась девочка со стеклами. Если бы Волынщик носил такие стекла, этим вечером они наверняка бы разбились...

Бакалейщик поймал Рыбаря на выходе из таверны, на ступеньках. Топот за спиной, сопение, пивной дух, и вот уже жирная рука надежно ухватила Рыбаря за сгиб локтя.

— Ты это куда пошел?

Голос вкрадчивый, дребезжащий, как будто Бакалейщик не был уверен, что его руку сейчас не стряхнут. Рыбарь и стряхнул, да так и не обернулся.

— Ты это, того, — дребезжал за спиной Бакалейщик. — Ты же ее привез, тебе и разобраться надо.

Рыбарь зашагал прочь. А Бакалейщик завизжал ему вслед:

— Ты что? Думаешь, мы не знаем, кто старой Птичнице уголька подпустил? Сны, ха-ха, в сны она ушла! Знаем мы эти сны! С той сумел разобраться — ну и с этой давай, а то мы и сами.

Рыбарь развернулся и плюнул ему под ноги.

Дом загорается не сразу, неохотно. У дома больные, старые кости, продутые ветром, у дома крыша, выложенная сухим тростником, и кажется, стоит вспыхнуть одной искорке — запылает вся постройка. Но дом устал. Он не хочет гореть. Он хочет скрипеть на ветру, расправлять плечи при мокром бризе, ежиться под укусами солнца, прячась под худую тростниковую шляпу. А гореть ему вовсе ни к чему, он уже горел однажды. Но вот солнечный луч ударяет в стекло, и между стеблей тростника начинает плясать бледный огонек. В пожар он превратится не скоро, но все же старому дому не устоять.

— Почему ты не хочешь попробовать? Ну помнишь, ты же съел того окуня? И ничего не случилось. Сны, Стена... Это же просто глупости!

Глупости, ага. Надо напомнить ей, чтобы сняла этот дурацкий тюрбан: в темноте он будет слишком заметен.

— Они тебя тут заклюют. Ну пожалуйста, поехали со мной! Я обещаю, ничего плохого не случится. Надо просто грести и грести. — Всхлип, а потом: — Ты присмотришь за моей совой?..

Дом горел. На сей раз он поддался огню окончательно. Горела тростниковая крыша и проваливалась сама в себя, а ветер разносил уголья. Все поселковые сбежались и заваливали пламя землей, чтобы не загорелись соседние дома.

Этой ночью никто не спал. Не спал испуганный Обойщик — вытягивал длинную шею, моргая, глядел на пожарище. Не спал Смотритель, усы которого наконец-то высохли благодаря жару. Не спал Волынщик — он как раз собирался назавтра уходить из поселка в свою глухомань, но придется ему задержаться: ведь отстраивать новый дом — дело непростое. Не спал, конечно, Бакалейщик, шурил на пламя довольные глазки. Не спал и Рыбарь. Он стоял чуть в стороне, так что огонь освещал его сбоку, и казался он плоской рыбиной, вырезанной из жести. Рыбарь смотрел на горящую крышу и думал, что ему вовсе не хочется перестилать ее заново.

Когда он понял это окончательно, то отвернулся от пожарища и стал смотреть на море. В руке он сжимал подаренные стеклышки, и казалось Рыбарю, что, если нацепить эти стекла, он увидит далеко в море лодку. В лодке будет сидеть Ринка, щуриться подслеповато на далекое пожарище — красный огонек, превращающийся в красную звездочку, красную точку. Ринка будет грести, как учили ее Димка и Ген, как учил ее он, Рыбарь, — широкими, уверенными гребками. Она будет грести и грести, грести и грести, прямо в алую стену рассвета. А впереди будет лететь улизнувшая от Рыбаря сова.



ТЕМАТИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. Пищевая биотехнология

- Современная биотехнология и биобезопасность.
- Биотехнология, пища и здоровье. Реализация концепции здорового питания в России.
- Пища XXI века – новые подходы и технологические приемы: конструирование пищи, использование микроорганизмов, высокое давление, кавитация, тонкое измельчение и др. Прижизненное формирование качественных характеристик сельхоз сырья.
- Пищевые продукты, пищевые добавки и биологически активные добавки к пище, вспомогательные технологические средства в пищевой промышленности на основе биотехнологии.
- Методы и средства биотехнологии и нанотехнологии в контроле производства пищевой продукции, ее качества и безопасности.
- Нетрадиционные источники пищи. Перспективные штаммы микроорганизмов для интенсификации технологических процессов пищевой промышленности.
- Регулирование и контроль функциональных свойств пищевых продуктов. Современные представления о функциональных продуктах.
- Пища и пищевые загрязнители.
- Биологические объекты и нанотехнологии в пищевой промышленности.
- Генно- модифицированные организмы в производстве продуктов питания. Методы исследований, мировой опыт.
- Нанотехнологии, в том числе: катализаторы на основе наноматериалов для пищевой и спиртовой промышленности.

Секция 2. Ферменты в пищевой промышленности

- Влияние воды на ферментативную активность в пищевых продуктах.
- Направленный ферментативный катализ для получения продуктов с заданным фракционным составом и функциональными свойствами.
- Ферментативный катализ переработки сельхоз сырья – путь интенсификации биотехнологических процессов в пищевой промышленности.
- Производство пива и осветление соков, хлебобулочная промышленность, модификация крахмала, мясомолочная промышленность и другие отрасли, пробиотики, контроль качества продукции и др.

Секция 3. Вода и пищевые технологии: безопасность, качество и эффективность

3.1. Современные представления о структуре и свойствах воды, термодинамические и физические свойства связанной воды, энергии связей, активность воды.

Приборы для определения активности воды.

- Пищевые продукты с промежуточной влажностью. Влияние активности воды на сроки хранения и развитие микрофлоры.
- Способы улучшения качества воды, водоподготовка и т.д.
- Изменения активности воды при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработке.
- Структурное состояние и биологическая активность воды в продуктах питания и их изменения при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработки продуктов питания.
- Роль и значение макро- и микроэлементного состава питьевых вод и продуктов питания в коррекции показателей здоровья населения
- Изотопный водородно-кислородный состав воды

3.2. Биотехнология очистки вод

- Анаэробный и аэробный процессы очистки сточных вод.
- Биохимия и биотехнология разрушения ксенобиотиков.
- ZWO (Международная организация Воды) – активность, проекты и результаты

Секция 4. Инновации, финансы и бизнес в пищевой биотехнологии.**Секция 5. Биотехнологическое образование и пищевая промышленность.****МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:****• Российско-Американский симпозиум**

«Актуальные вопросы российско-американского сотрудничества в области биотехнологий. Опыт реализации биотехнологических инновационных проектов в США и России»

• В рамках конференции традиционно проводится конкурс на лучшую научно-исследовательскую работу молодых ученых – участников конференции: условия участия на сайте:

<http://www.mosbiotechworld.ru/rus/konkurs.php>

Прием тезисов до 6 февраля 2008 г.

www.mosbiotechworld.ru

Тематика выставки: Весь спектр биопродуктов для пищевой и фармацевтической промышленности, агропромышленного комплекса, ветеринарии, геологии, промышленных предприятий, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически активные добавки, Тест-системы для определения качества и биологической активности воды, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии, биодизель, биоэтанол. Питательные среды. Процессы и аппараты для очистки и подготовки воды. Оборудование и контрольно-измерительные приборы по определению активности воды, молекулярной структуры и изотопного водородно-кислородного состава воды в пищевых отраслях промышленности, медицине, косметологии и др. Промышленная и лабораторная безопасность, катализаторы на основе наноматериалов, нетрадиционные источники пищи, функциональные пищевые ингредиенты и продукты (технология получения и применения).

Клюква и брусника

Чего в России больше – брусники или клюквы? Клюква и брусника – сестры по семейству брусничных. Это вечнозеленые кустарнички с плотными кожистыми листьями и красными ягодами. Клюквы в России очень много, однако брусники больше. Только в лесах Сибири и Дальнего Востока каждый год созревает ее больше трех миллионов тонн!

Когда можно собирать бруснику и клюкву? Брусника поспевает во второй половине августа, правда, иногда в августе же брусничные кусты цветут второй раз. В этом случае ягоды созревают поздней осенью.

Лучшее время для сбора клюквы – середина сентября, но собирать ее можно всю осень, пока не ляжет на землю снег. Под снегом ягоды сохраняются до весны, и после таяния снега снова можно идти по клюкву.

Почему клюква и брусника долго не портятся? Ягоды клюквы и брусники содержат бензойную кислоту, которая обладает антимикробными свойствами – убивает гнилостные бактерии. Но и микроорганизмы, осуществляющие брожение, она убивает тоже. Именно по этой причине вы никогда не пробовали клюквенное вино, только настойку. По этой же причине бруснику и клюкву добавляют в соленья и квашеную капусту, чтобы подольше сохранить продукт. Сами же ягоды либо хранят сухими в холодном месте, либо замачивают в холодной кипяченой воде. Кстати, если замочить недозрелую клюкву, она под водой дозреет.

Бывает ли развесистая клюква? Можете смеяться, но клюква действительно развесистая. Ее стелющиеся тонкие стебли достигают в длину 75 см, а стволы низенькие. Клюква растет очень быстро и образует пышные куртинки, однако их малая высота мешает нам заметить, какой это развесистый кустарник.

Почему клюква и брусника красные? Ягоды окрашены природными пигментами антоцианами, которые ответственны в природе за пурпурные цвета, от красного до синего. Один из них – оксикокцианинхлорид – и есть пигмент клюквы. Красное – вещество, содержащееся в кожице брусники, которое, кстати, выделил в кристаллической форме больше 150 лет назад знаменитый химик Вильштеттер, благотворно действует при обморожениях.

Почему клюква кислая, а брусника горьковатая? В клюкве очень мало сахаров, около 2,5%, а кислот много. Кроме бензойной, ягоды клюквы содержат лимонную, яблочную, хлорогеновую, урсоловую, аскорбиновую и другие кислоты. Клюква кисла настолько, что какая-нибудь органическая кислота вполне могла бы носить имя клюквенной. Увы, химики занялись этой ягодой, когда все «кислотные» имена были уже разобраны. Кстати, научное название рода клюквы, *Oxycoccus*, происходит от греческих слов «кислый шарик».

В бруснике кислот тоже немало, но она гораздо слаще; 12% сахаров перекрывают кислый вкус. А характерный горьковато-терпкий привкус ягодам придают брусничные гликозиды арбутин, флавоиол и вакцин.

От чего помогает клюквенный морс? Клюква содержит бензойную и хлорогеновую кислоты, которые убивают микробов. Поэтому при лихорадочных состояниях врачи прописывают клюквенное питье как жаропонижающее средство. Клюквенный морс и сок помогут и при некоторых инфекциях мочевыводящих путей. Из-за клюквы в моче увеличивается содержание гиппуровой кислоты, которая обладает антимикробным действием. Воспаление сбивают, конечно, и свежие ягоды. При пародонтозе литовская народная медицина рекомендует массировать десны ягодами клюквы, разминая их языком.

Что еще полезного содержится в клюкве, кроме бактерицидных кислот? Кроме перечисленных органических кислот, в клюкве есть еще одна – урсоловая, аналог одного из гормонов надпочечников. Ее много в клюквенных выжимках. Урсоловая кислота помогает бороться с воспалениями и заживлять раны; расширяет венозные сосуды, которые питают сердце. Клюква – хороший медонос, и клюквенным медом смазывают варикозные язвы и пролежни. В клюкве много витамина Р. Ее ягоды богаты минеральными элементами, которые по крохам собирают корни растений в болотах и на опушках, поэтому клюкву добавляют в пищу больным с бессолевой диетой. Клюква бодрит, активи-

визирует умственную деятельность. В клюкве есть и пектиновые вещества, благодаря которым ягоды можно использовать для лечения желудочных заболеваний как обволакивающее средство.

А еще сок клюквы — хорошее средство для удаления загара, веснушек и пигментных пятен. Он высветляет не только кожу: в давние времена российские мастера серебряных дел отбеливали в кипящем клюквенном соке свои изделия.

Какая польза от брусничного листа? На Командорских островах любимый повседневный напиток местного населения — отвар брусничного листа. И это не случайно. В листьях брусники — целая кладовая полезных соединений, которые оказывают деминерализующее, мочегонное, антисептическое, вяжущее действие. Отвар брусничного листа помогает размягчать скопления солей и слизи, снова делать их растворимыми и выводить из организма. Иначе говоря, это средство против отложения солей. Полезен отвар и при камнях почек и желчного пузыря — ведь это тоже чаще всего выпавшие в осадок соли. Кроме того, отвар губительно действует на микроорганизмы. Главное действующее вещество брусничного листа — глюкозид арбутин, который в организме человека расщепляется на сахар и гидрохинон, обладающий сильными бактерицидными и диуретическими свойствами.

Когда надо собирать брусничный лист? Обычно листья для лекарственных целей собирают весной, но берут при этом только перезимовавшие листья, так как молодые листья текущего года при сушке чернеют.

Что такое брусничная вода? Этот прохладительный и витаминный напиток, упомянутый Пушкиным в «Евгении Онегине», был очень распространен на Руси. Сначала бруснику целую ночь томили в печи, чтобы она быстрее настаивалась, потом протирали, смешивали со свежей ягодой, заливали водой и выдерживали 12 дней. Так и получалась совершенная брусничная вода. Ее процеживали, подслащивали медом или сахаром, добавляли чуть-чуть водки (примерно столовую ложку на литр) и разливали по бутылкам.

Брусничная вода — это не только лакомство. Ее используют от угара, перегрева на солнце, а в горячем виде пьют как потогонное и жаропонижающее средство, принимают при болях в суставах, полощут ею горло при ангине. Ну, а вред, на который намекал Пушкин, скорее всего связан с легким мочегонным действием брусничной воды.

Чем хороши ягоды брусники? Брусника — кладезь витаминов, особенно В₂, поэтому она входит в состав витаминных чаев. Кстати, брусника, выросшая в тундре, содержит почти в два раза больше витаминов, чем таежная. Ягоды брусники обладают антимикробным действием и благотворно влияют на микрофлору желудочно-кишечного тракта. Брусника — лютей враг гнойного стафилококка.

Все ягоды семейства брусничных богаты медью, которая оказывает инсулиноподобный эффект, поэтому брусника хороша при лечении сахарного диабета. При простуде и ломоте в суставах пьют разбавленный мед, переваренный с брусничным соком. А роженицам дают по две-три ложки брусничного варенья, которое помогает избежать мастита и других послеродовых воспалений.

С чем ее едят? Бруснику и клюкву едят в свежем и моченом виде, делают из нее напитки и варенья. Клюква прекрасно сочетается и с белками, и с углеводами, и с жирами. Клюквенный морс пойдет под любое блюдо. А подливка из ягод клюквы и брусники к мясу, пожалуй, самая лучшая. Кислоты, входящие в состав ягод, помогают нашему организму переваривать белки.

Можно ли выращивать клюкву и бруснику на плантациях? Болота осушают и тайгу вырубают. Собирать клюкву и бруснику все труднее, но люди научились их выращивать. Клюкву начали культивировать в США еще в 1816 году, а бруснику в Швеции на 150 лет позже. Устройство клюквенных и брусничных плантаций — задача непростая, но выполнимая, и при наличии специальной литературы с нею можно справиться. Оба растения хорошо размножаются черенками. На плантациях лучше выращивать американскую крупноплодную клюкву. Ее ягоды больше, чем у вишни, и дают хороший урожай. Есть и крупноплодные сорта брусники, которые начинают плодоносить уже на четвертый год.

Л.Викторова





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Полевые зоологи потянулись в уют

В США становится все меньше специалистов по млекопитающим, работающих в поле. Марк Хафнер из Луизианского университета называет несколько причин, почему это происходит (<http://www.allenpress.com/pdf/JOM-FieldResearchInMammalogyAnEnterpriseInPeril.pdf>).

Во-первых, в стране вообще сокращается интерес к исследованиям дикой природы. Те же студенты, которые решили изучать животных, быстро смекают, что делать это в лаборатории куда удобнее. Да и шансов подзаработать в этом случае гораздо больше: вдруг удастся найти какой-нибудь ген или белок, за который медики выдадут приличный грант. Наблюдения за мышами или койотами вряд ли предоставят такую возможность.

Во-вторых, официальные правила проведения наблюдений в поле все время усложняются. Заразная болезнь под названием «бюрократизм» все сильнее душит эту область исследований, мало пригодную для формализации и поэтому очень уязвимую.

Третья причина — растущая агрессивность групп и обществ защиты животных. Самые рьяные из них выступают против любого взаимодействия человека с дикими животными, даже если исследования помогут лучше понять жизнь наших четвероногих собратьев и сберечь их.

Четвертая причина в том, что американское общество все больше страшится дикой природы. На посетителей национальных парков США обрушивается поток предупреждений о всяческих опасностях. Таким образом дирекции парков пытаются оградить себя от возможности попасть под суд при несчастных случаях.

Конечно, определенный риск при проведении полевых работ действительно есть, но начинающие студенты часто преувеличивают его. Научиться разумно относиться к возможным опасностям совсем не просто.

Все это говорит о том, что американская нация теряет дух первопроходцев и следопытов. Теперь даже студенты-зоологи плохо представляют себе, чем вдохновлялись их преподаватели, когда сами были студентами и работали в поле.

М. Рачковский

Пишут, что...



...согласно модели ранней Вселенной с разогретой темной материей, звезды формировались не в группах, а в гигантских нитях длиной до трех килопарсеков, которые затем разрывались на фрагменты («Science», 2007, т.317, № 5844, с.1527—1530)...

...характеристики роста, развития и генетической изменчивости растений гороха при выращивании в течение полного цикла онтогенеза в космической оранжерее «Лада» практически не изменяются по сравнению с наземным контролем («Генетика», 2007, т.43, № 8, с. 1055—1056)...

...уточненные оценки позволили подвергнуть сомнению существование «наведенной сейсмичности» — способности сильных землетрясений или взрывов вызывать новые землетрясения («Физика Земли», 2007, № 9, с.31—47)...

...первая коронарная ангиопластика — операция на сердце с установкой баллонного катетера в суженную артерию — была произведена 30 лет назад, в сентябре 1977 года в Цюрихе («Кардиология», 2007, № 9, т.47, с.4—14)...

...ДНК в теломерных, то есть концевых областях хромосомы, с которыми связано старение клетки, образует квадруплексы — участки, где она сложена вчетверо («Nucleic Acids Research», 2007, т.35, № 15, с.4927—4940)...

...у мухи дрозофилы, чье название означает «любящая сладкое», впервые идентифицированы белки-рецепторы сахарозы, глюкозы и мальтозы («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2007, т.104, № 35, с.14110—14115)...

...при рассмотрении симбиозов растений с микроорганизмами можно говорить не только об объединенном обмене веществ, но и о межвидовых генных комплексах («Успехи современной биологии», 2007, т.127, № 4, с.339—357)...

...в пробе керна глубокого бурения дна озера Байкал, содержащем осадочные породы возрастом около 3,5 млн. лет, найден новый вид бактерий, который назвали *Roseomonas baicalica* («Микробиология», 2007, т.76, № 4, с.552—559)...

...показана изменчивость шишек ели европейской и ели сибирской из 44 по-

пуляций на территории России, Украины, Белоруссии, Казахстана и стран Прибалтики («Лесоведение», 2007, № 5, с.60—68)...

...люди, традиционно потребляющие богатую углеводами пищу, независимо от места обитания и расовой принадлежности, генетически отличаются от тех, кто живет на белковой диете: у них больше копий гена амилазы, фермента слюны, переваривающего крахмал («Nature Genetics», 2007, т.39, № 10, с.1256—1260)...

...предложен и запатентован способ умягчения воды импульсным электрическим полем, более эффективный, чем «омагничивание», и сопряженный с минимальными энергозатратами («Журнал прикладной химии», 2007, т.80, вып.9, с.1571—1572)...

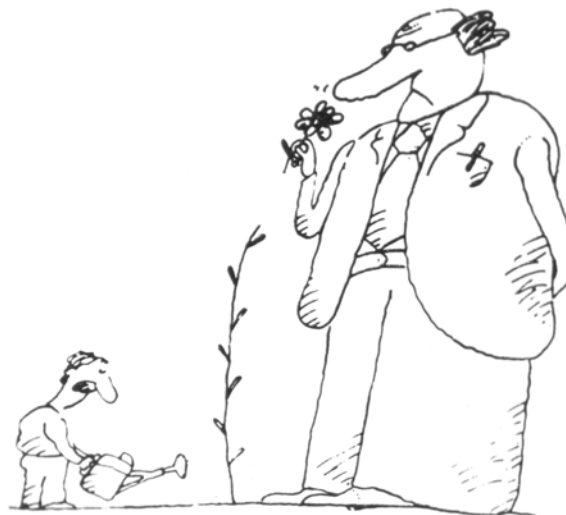
...расстройства депрессивного спектра имеют две трети жителей Крайнего Севера («Экология человека», 2007, № 7, стр. 43—47)...

...большинство исследователей, изучавших синдром дефицита внимания и гиперактивности у детей и взрослых, сходятся во мнении, что единую причину возникновения заболевания выявить не удастся и, похоже, не удастся («Медицинская генетика», 2007, т.6, № 8, с. 9—13)...

...цифровые «организмы», обитающие в модели со сменой дня и ночи, где ночью было невозможно восполнять ресурсы, через несколько поколений продемонстрировали заторможенное поведение в ночное время, подобное сну у животных («New Scientist», 2007, т.195, № 2623, с.28)...

...анализ социальных причин и патогенетических механизмов, обусловивших снижение жизнеспособности нации, показал, что дело не в социально-экономических преобразованиях как таковых, а в том, каким образом они претворяются в жизнь («Вестник РАМН», 2007, № 5, с. 41—48)...

...установлено, что видовое разнообразие паразитарных сообществ у разных видов мелких млекопитающих зависит от количества потенциальных экологических ниш на их теле («Доклады Академии наук», 2007, т.415, № 2, с.277—280)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Деревья краснеют от бедности

До сих пор ученые не могут окончательно выяснить, зачем деревья сбрасывают листья. И уж совсем непонятно, для чего они раскрашивают ставшие ненужными листья в дивные красные цвета? Есть одно важное обстоятельство: желтые и оранжевые красители (соответственно, каротиноиды и ксантофиллы) нужны растению для фотосинтеза, они синтезируются весной и становятся заметными осенью, когда обесцвечивается зеленый хлорофилл. Красный же цвет придают листу пигменты-антоцианы, которые образуются перед листопадом. Не расточительно ли производить их, если скоро они вместе с листом упадут на землю и сгниют?

Ответ на эту загадку намечился в 2003 году, когда Уильям Хох из Монтанского университета в экспериментах блокировал гены, отвечающие за выработку антоцианов. Ученый обнаружил, что в этом случае листья растений были более чувствительны к солнечному свету и направляли в корень меньше питательных веществ. А без них дереву труднее пережить зиму и возродиться весной. Значит, яркие пигменты нужны для накопления питательных веществ.

А если на зиму не сделаешь хороший запас из-за бедности почв? Тогда тем более необходимо полностью передать его в корень. Это подтвердили опыты Эмили Хабинк, выпускницы Северокаролинского университета. Она обнаружила, что у клена и амбрового дерева больше красных листьев было в тех местах, где почва бедна азотом и другими питательными элементами. Действительно, когда пищи мало, нужно затратить много усилий, чтобы лучше сохранить ее запас, даже если для этого придется потратиться на синтез дополнительных пигментов.

Почему же раньше эта связь ускользала от внимания исследователей? Марта Эппес, представлявшая работу Хабинк на съезде Американского геологического общества, объясняет это тем, что биохимиков обычно интересовал механизм образования пигментов, но они не пытались связать его с условиями, в которых растению довелось жить. Эппес хочет также сравнить распределение цветов у осенних деревьев с геологическими картами.

М.Литвинов



О.Е.ПОПОВОЙ, Москва: Гигиенические нормативы ПДК загрязняющих веществ в воздухе жилых помещений, которые вы нам прислали, считаются утратившими силу с 2003 года, когда вступили в силу новые нормативы; что касается формальдегида, его максимальная розовая концентрация в воздухе не должна превышать $0,035 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная — $0,003 \text{ мг/м}^3$.

А.В.ВОЙТКЕВИЧ, Ульяновск: «Парижская зелень» — это ацетоарсенит меди, его по сей день используют в качестве инсектицида, а также в составе красок.

М.П.ИВАНОВОЙ, Ярославль: Чтобы кусочки сушеных яблок не потемнели, перед сушкой их надо было положить в раствор соли (100 г на 1 л воды) или опустить на полминуты в кипяток, а затем в холодную воду; уже потемневшие яблоки осветлить нельзя: как мы не раз писали, ферментативное окисление в данном случае необратимо, придется употребить их в пищу темными.

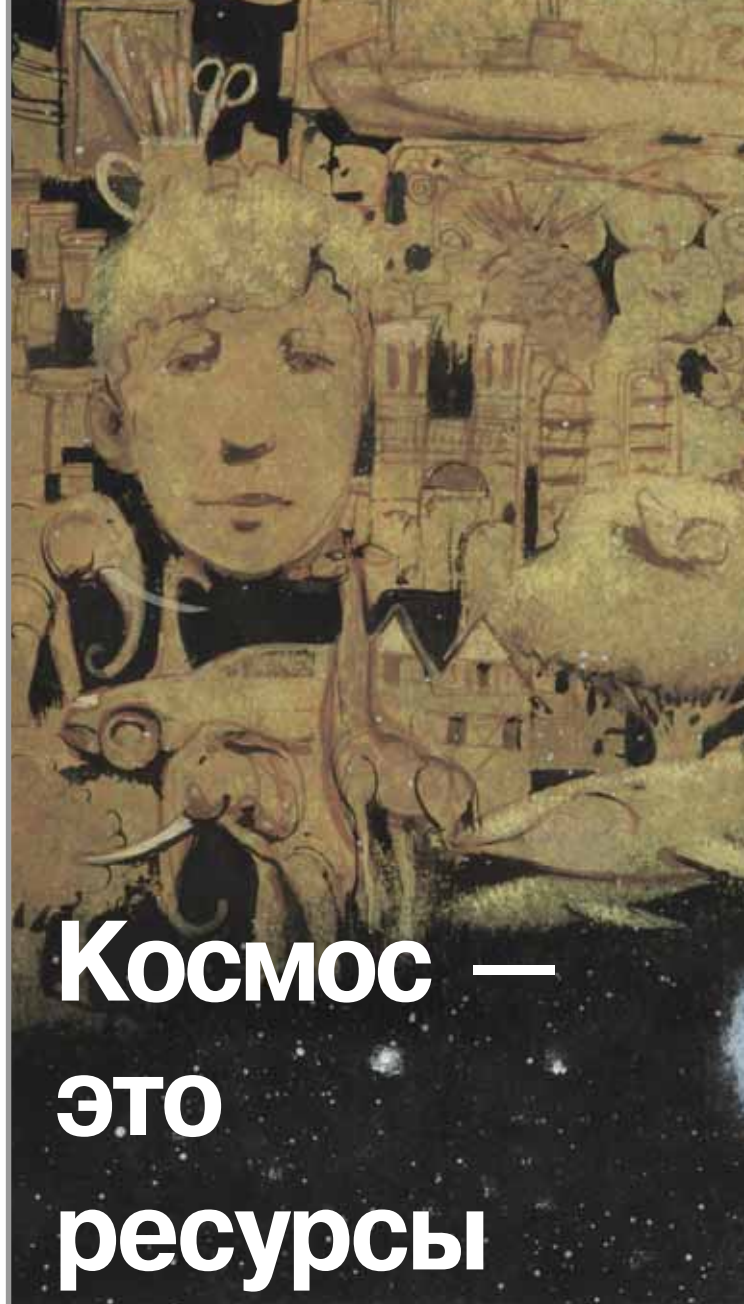
Е.Д.АСЕУЛОВОЙ, Санкт-Петербург: Квасить капусту можно с бесчисленным множеством оригинальных добавок; если морковь, антоновские яблоки, клюква и тмин с укропом — для вас уже пройденный этап, попробуйте сделать капусту с можжевельником (не больше 100 г на 10 кг капусты!) или по-грузински, со стручками горького перца и чесноком.

Р.Н.ГРИГОРЬЕВУ, Выборг: То, что в чайном листе витамина С очень много, чистая правда, но это в свежем листе — аскорбиновая кислота распадается и при его фабричной обработке, и при заваривании кипятком; зато в чайном настое много витамина Р.

А.С.КОРШУНОВУ, Казань: Как ни странно, соединение двух кусков оргстекла с помощью растворителя — это именно сварка, а не склеивание, ведь в данном случае имеет место заполнение зазора между соединяемыми поверхностями материалом свариваемых деталей, а растворитель связующим не является.

С.С.ЧАШНИКОВУ, Новосибирск: Вздутоплодник сибирский — растение из семейства зонтичных, содержит пиранокумарины, входит в состав спазмолитических сборов; на его основе делают препарат фловэрин.

КАРЕН, вопрос из Интернета: Ваши данные слишком оптимистичны; по мнению сотрудников Московского зоопарка, численность дальневосточного леопарда в природе сейчас не превышает 25 особей.



О том, что космос — кладёз ресурсов, журналисты и фантасты писали весь XX век. После того как первоначальный романтизм космической эры сменился прагматизмом, эти разговоры затихли. Ведь для освоения космических ресурсов нужны космические поселения, а их создание кажется слишком дорогой штукой по сравнению, скажем, со строительством аналогичного поселения на Земле. Однако по мере того, как человечество осознавало конечность ресурсов планеты, и ее способности перерабатывать отходы жизнедеятельности цивилизации, об освоении космических ресурсов заговорили снова. Прежде всего речь идет об отдельных изотопах, которые на Земле встречаются редко, а в космосе — очень даже часто. Сегодня наиболее знаменит гелий-3. Он входит в число основных компонентов солнечного ветра, и за миллиарды лет облучения в тонне лунного грунта накопилось, по разным оценкам, от миллиграмма до грамма гелия-3. Если бы у человека был термоядерный реактор, работающий на реакции дейтерий+гелий-3, тогда этот изотоп мог бы пригодить-



КСТАТИ О КОСМОСЕ

Художник И. Олейников

ся. Однако пока что нет даже реактора, работающего на более простой реакции дейтерий+тритий, и когда будет — неизвестно.

Другой ресурс — металлические астероиды. Судя по составу метеоритов, они могут стать источником чистого железа и никеля, для извлечения которых не потребуются грязные металлургические процессы. Расчет показывает, что даже не самый крупный металлический астероид диаметром в полкилометра содержит в себе больше железа, чем его годовая добыча, а никеля — больше, чем все его запасы на Земле. Технически доставить астероид не сложно: его можно оснастить фотонным двигателем, и тот за десятки лет должным образом изменит орбиту космического тела. Сложнее придумать — что с ним делать дальше, как всю эту массу ме-

талла спустить с орбиты и ничего при этом не разрушить.

Третий ресурс более реален: получение чистой электроэнергии, а именно установка системы солнечных батарей на Луне или на орбите и передача наработанной ими энергии в виде мощного импульса на земную приемную станцию. Не исключено, что именно этот ресурс и будет востребован первым.

А если смотреть шире, то главный ресурс космоса — это само пространство, которое человек может осваивать. И тогда на втором по степени важности месте оказывается вода. «Если у вас есть вода, то у вас есть все. С помощью электроэнергии от солнечных батарей ее можно разложить на водород и кислород. Первый станет основой энергетики, а второй обеспечит локальное создание при-

емлемой для дыхания атмосферы. Ну а роль жидкой воды в качестве основы экологической системы всем знакома», — говорит доктор геолого-минералогических наук А.Т.Базилевский из ГЕОХИ им. В.И.Вернадского РАН.

Впрочем, не исключено, что какие-нибудь «слезы Вселенной», найденные в толще астероида одним из тех авантюристов, которыми богата история нашей планеты, окажутся для многих людей самым главным ресурсом космоса. И именно их добыча, столь негативно описанная Стругацкими (у этих камней никаких достоинств, кроме красивого блеска; богатые дамочки платят за них бешенные деньги, и на этой махровой глупости выросла ваша компания) станет первым примером рыночного освоения космических ископаемых.

П.Данилов

Россия, Москва, МВЦ «Крокус Экспо»
22-25 апреля 2008


A-TESTex

6-я Международная специализированная выставка

A-TESTex

www.analyticaexpo.ru
**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ, ЛАБОРАТОРНАЯ МЕБЕЛЬ
И ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ.
БИОАНАЛИТИКА**

РАЗДЕЛ «АНАЛИТИКА»

Измерительные приборы и оборудование
Нанотехнологии
Оборудование лабораторное вспомогательное
Реактивы и материалы
Средства обеспечения работы аналитических лабораторий
Средства автоматизации лабораторных исследований
Комплексное оснащение лабораторий

РАЗДЕЛ «БИОАНАЛИТИКА»

Электрофорез
Приборы для биотехнологии
Биосенсоры
Биохимикаты
Лабораторное оборудование для биотехнологии и биологических наук
Исследование медикаментов
Протеомика
Стерильная техника
Информация и услуги для биотехнологии
Биотехнология в сфере охраны окружающей среды

Статистика 2007

Площадь брутто	10 402	Посетители	4545
Экспоненты	288	из них РФ	4313
из них нерезиденты	53	Казахстан	20
Страны-участницы	15	Украина	68
		Белоруссия	38

**В рамках выставки пройдут
специализированные мероприятия:
конференции, тематические семинары
и круглые столы**



Дирекция выставки:

107113, Россия, Москва,
Сокольнический Вал, 1, пав. 2
Тел./факс: (495) 105-35-60

E-mail: fyv@mvk.ru, sfi@mvk.ru, oae@mvk.ru
www.mvk.ru, www.mvk-crocus.ru