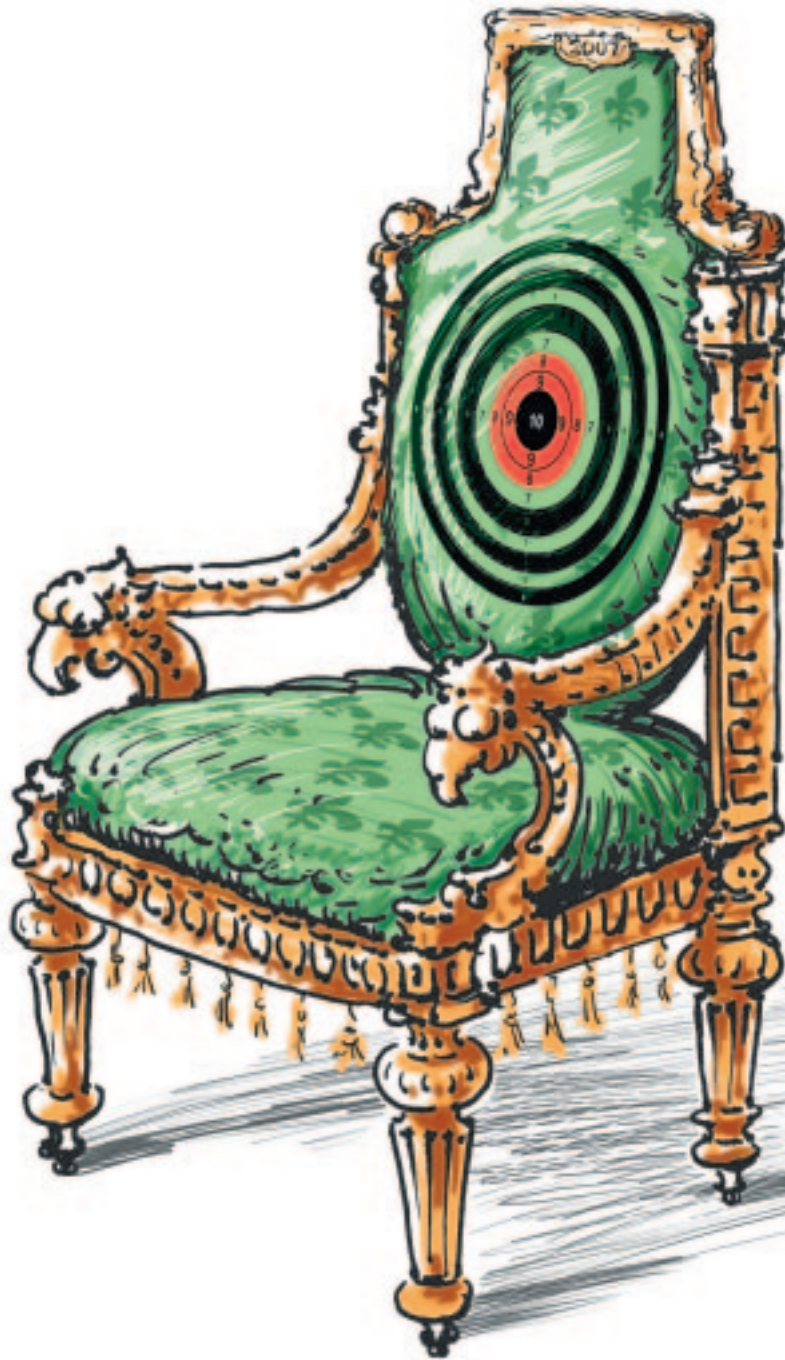




К

11
2006
ФНЗМЖ И РИМНИХ







Химия и жизнь
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

11
2006

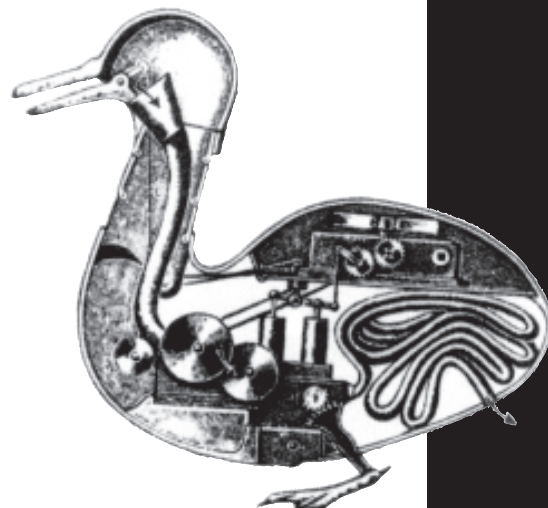
Фарш невозможно провернуть назад

Народная мудрость



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина
к статье «Периодические системы в биологии»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
Миколаша Чюрлениса «Аллегро». На окружающий мир
можно смотреть глазами художника, а можно применять
всякие хитрости — оптические приборы или фильтры.
Что при этом получается, читайте в статье Б.З. Кантора
«Фотографии при люминисцентном свете»*





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,
О.В.Рындина

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Агентство ИнформНаука

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

Подписано в печать 29.10.2006

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:

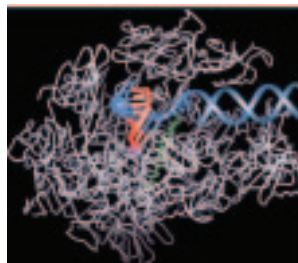
<http://www.hij.ru>

<http://esmi.subscribe.ru>

<http://www.new-press.ru>

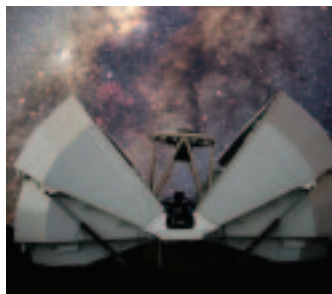
© АНО Центр «НаукаПресс»

За установление
структуры
РНК-полимеразы
Роджер Корнберг
получил
Нобелевскую
премию



16

Химия и жизнь



28

Школьники,
мечтающие
разгадать тайны
Вселенной, теперь
вооружатся самыми
современными
телескопами.

38



Мы можем
разглядывать череп
этого древнего
млекопитающего,
не извлекая его
из породы.

ИНФОРМАУКА

ЧИСТЫЕ РОССИЙСКИЕ МОРЯ	4
ИСПАРЕНИЕ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА	4
ПЕРЬЯ-КОМПОЗИТЫ	5

ТЕХНОЛОГИЯ

И.А.Станкевич ХИМПРОМ ЮРСКОГО ПЕРИОДА	6
---	---

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

С.М.Комаров НОБЕЛЕВСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ	12
Е.В.Клещенко УБИТЬ ПОЧТАЛЬОНА	14
М.Б.Литвинов ПРЕМИЯ ЗА ТРУД И ПОСТОЯНСТВО	16

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

С.М.Комаров КАЛЕНДАРЬ МАТЕРИАЛОВЕДА	18
---	----

КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

И.А.Сокальский ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ	24
---	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С.Анофелес КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП	28
---	----

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Л.Стрельникова ВСЕЛЕННАЯ, ШКОЛЬНИКИ, ИНТЕРНЕТ	29
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

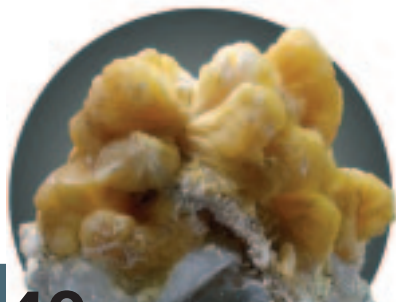
Е.Д.Свердлов ЧТО ИДЕТ НА СМЕНУ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РЕДУКЦИОНИЗМУ? ..	32
---	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

П.Данилов РЕНТГЕНОВСКИЙ МИКРОСКОП	39
---	----

ТЕХНОЛОГИИ

Б.З.Кантор ФОТОГРАФИЯ ПРИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОМ СВЕТЕ	40
--	----



Фотографы относятся к люминесцентному свету с недоверием. Но если использовать его правильно, то можно добиться впечатляющих эффектов.

40

Как красивы клетки, пораженные вирусом гриппа!



45

Зачем богомолу сверкающая тиара?



60



В номере

4, 58

ИНФОРМАУКА

Про Тунгусский метеорит, который, оказывается, долетел до Земли в виде мощной струи газа, про материаловедческое исследование птичьего пера, про облепиху без колючек и умное кресло, которое заботится, чтобы у хозяина, сидящего за компьютером, не затекли ноги и не убежала из-под рукимышь.

12

ТЕХНОЛОГИИ

У современных предприятий химической промышленности много общего с динозаврами: не только гигантские размеры, но и далекие от оптимума рацион и метаболизм. Гигантов юрского периода потеснили с эволюционной арены млекопитающие. А кто придет на смену химическим динозаврам?

18

ТЕХНОЛОГИИ

«Химия и жизнь» перевела на русский язык список ста самых важных событий в истории материаловедения, составленный редакцией «Journal of Minerals, Metals and Materials Science». Из этого списка наши читатели могут выбрать события наиважнейшие.

32

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Как биолог будет искать причину поломки радиоприемника? Для начала закупит множество идентичных функционирующих приемников. Затем вскроет один из них, опишет и классифицирует наблюдаемые объекты по форме, цвету и размеру. Исследует влияние цвета некоторых объектов на функционирование радио... и обнаружит только слабый эффект.

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

А.В. Григорьева

РИСУНОК ИЗ МОЛЕКУЛ ЖИЗНИ	43
СОЛНЕЧНЫЙ ЯНТАРЬ	44

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

В. Федотов

ВЕСТНИКИ ГРИППА	45
-----------------------	----

ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

В.Р. Пурим

СЖИГАТЬ, А НЕ ХРАНИТЬ	48
-----------------------------	----

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

З.Е. Гельман

СИБИРЯК И МЕРТВОЕ МОРЕ	52
------------------------------	----

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

С.В. Багоцкий

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА В БИОЛОГИИ	54
--	----

ДИСКУССИИ

Ю.А. Устынюк

ОТКРЫТАЯ НАУКА	57
----------------------	----

ИНФОРМАУКА

СЛЕЖКА ЗА ЦИТОМЕГАЛОВИРУСОМ	58
ОБЛЕПИХА БЕЗ КОЛЮЧЕК	58
УМНОЕ КРЕСЛО	59

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Л.В. Каабак

БАБОЧКИ В МИФАХ, ЛЕГЕНДАХ И ЛИТЕРАТУРЕ	60
--	----

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

А.А. Бенедиктов

ТАИНСТВЕННЫЙ ОТБЛЕСК БОГОМОЛА	64
-------------------------------------	----

ФАНТАСТИКА

Ю. Максимов

ДВАДЦАТЬ МИНУТ	66
----------------------	----

КСТАТИ О ПТИЧКАХ

О. Волошина

АКРОБАТКИ	72
-----------------	----

ИНФОРМАЦИЯ	69
------------------	----

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	22
---------------------------------	----

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	46
-----------------------	----

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
------------------------	----

ПИШУТ, ЧТО...	70
---------------------	----

ПЕРЕПИСКА	72
-----------------	----



экология

Чистые российские моря

Экологическое состояние окраинных морей России не представляет опасности для промысла и отдыха. Такого мнения придерживаются директор Мурманского биологического института КНЦ РАН академик Г.Г.Матишов и заместитель заведующего отделом антропогенной экологии института кандидат географических наук Г.В.Ильин.

О реальном состоянии российских морей трудно составить объективное представление, поскольку научные исследования и систематические наблюдения в этой области сегодня – большая редкость. В России пока не слишком распространены природосберегающие технологии и природоохранные меры. В морские воды действительно попадает большое количество загрязняющих веществ. Если оценивать экологическое состояние морей, ориентируясь на эти данные, можно схватиться за голову. Однако реальные концентрации загрязняющих веществ в морской воде оказываются значительно ниже расчетных.

Например, Баренцево море занимает одно из первых мест по количеству попадающих в море антропогенных загрязнителей. Между тем, по данным Мурманского биологического института и международной Программы арктического мониторинга и оценки (АМАП), Баренцево море можно считать одним из самых чистых северо-европейских морей. По заключению АМАП, содержание хлорорганических пестицидов в Баренцевом море намного ниже, чем в морях канадской Арктики. Исключение составляют прибрежные районы, где ощущается влияние промышленности, и зоны накопления осадков, где концентрация хлорорганических пестицидов несколько выше. Концентрации других пестицидов, тяжелых металлов и радиоактивных элементов в Ба-

ренцевом море также намного ниже предельно допустимых. Морских обитателей можно без опасения употреблять в пищу.

Большое беспокойство у экологов вызывает Азовское море. В него попадает много пестицидов. Но, по данным МБИ, реальная концентрация этих веществ в морской воде так мала, что ее с трудом можно определить. Только при впадении рек Дона и Кубани концентрация органических веществ повышается, но и эти области можно отнести к категории малозагрязненных. Содержание радиоактивного цезия в донных осадках втрое ниже, чем в 1987 году, по уровню накопления некоторых других вредных веществ центральные районы и осадки моря можно квалифицировать как малозагрязненные. Ученые Канадского центра исследования Великих озер, университета Иллинойса и специалисты МБИ проанализировали содержание загрязняющих веществ в азовской сельди, кефали, тарани, бычках, судке и тюльке. Концентрация пестицидов и полихлорбифенила в мышечных тканях этих рыб оказалась на порядок ниже, чем в рыбе Великих озер, имеющих статус «внутреннего моря».

Морские системы способны к самоочищению, поэтому фактическое содержание вредных веществ в воде, осадках и тканях морских обитателей ниже, чем могло бы быть, — к такому выводу приходят ученые. Сейчас экологическое состояние морей России не вызывает опасений. Но это благополучие не означает, что в моря можно безнаказанно сбрасывать промышленные отходы. О чистоте морей нужно заботиться точно так же, как мы печемся о чистоте воздуха или сухо-



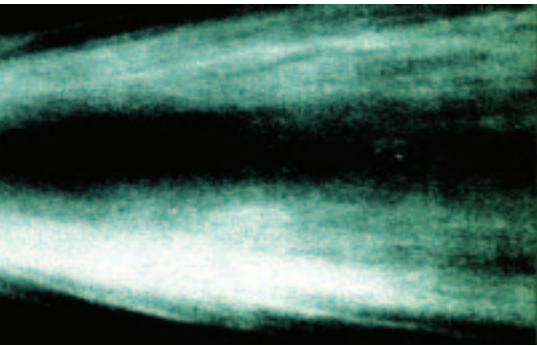
путных ландшафтов. И главное внимание, по мнению российских специалистов, следует уделить прибрежным зонам вблизи промышленных центров и у впадения крупных рек.

МЕТЕОРНАЯ ФИЗИКА

Испарение Тунгусского метеорита

Российский специалист в области метеорной физики, автор учебников по газовой динамике из НИИ механики МГУ им. М.В.Ломоносова профессор В.П.Стулов предлагает очередное объяснение события, происшедшего в районе Подкаменной Тунгуски 30 июня 1908 года. Объяснение учебного, основанное на решениях системы уравнений метеорной физики и независимых численных экспериментах, позволяет исключить фантастические версии падения Тунгусского метеорита. Он, собственно, не упал на Землю, а испарился по дороге.

На судьбу метеорита в атмосфере радикально влияет параметр, называемый греческой буквой «бета». Его величина определяет разрушение метеорита при нагревании. Этот параметр зависит от скорости космического тела, коэффициентов сопротивления и теплообмена, а также энергии, необходимой для его разрушения. Малые значения параметра бета соответствуют входу в атмосферу достаточно термостойких объектов с относительно небольшими скоростями. Если прочность такого метеорита невелика, он дробится на множество мелких фрагментов, которые, практически не испаряясь, медленно долетают до поверхности земли, образуя



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Перья-композиты

Своими уникальными способностями к полету птицы обязаны, среди прочего, тому, что их перья «сделаны» из уникального композиционного материала. К такому заключению пришли специалисты Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН и Института химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, исследовав физико-механические характеристики стержня птичьего пера (ab3590@mail.sitek.ru).

метеоритные и кратерные поля. Примером такого события может служить известный сихотэ-алиньский метеоритный дождь 1947 года.

При умеренных значениях параметров скорости дробления и испарения метеорита вполне сопоставимы. Метеорит летит, постепенно теряя куски. Мелкие фрагменты быстро тормозятся и поэтому почти не испаряются. Таков был, например, болид Бенешов, зафиксированный станциями Чехии в 1991 году.

Знаменитое Тунгусское космическое тело имело очень большое значение параметра бета. При таком значении параметра входящее в атмосферу тело быстро превращается в газ, либо целиком, либо в виде облака фрагментов. При этом испарение происходит почти сразу. Поскольку громадное Тунгусское тело ворвалось в земную атмосферу на огромной скорости, оно выделило энергии гораздо больше, чем было необходимо для его полного испарения. Во время тунгусского события к поверхности Земли на огромной скорости неслось облако раскаленного газа. Судя по тому, что кратер от падения метеорита на месте катастрофы отсутствует, а деревья повалены и обожжены на огромной территории, в 10 000 раз превосходящей вероятный геометрический размер Тунгусского космического тела, на земную поверхность обрушился не громадный булыжник и не потерпевший аварию космический корабль, а газовая струя.

Расчеты В.П.Стулова показывают, что если бы диаметр падающего метеороида составлял около 40 метров и двигался бы он со скоростью 35 км/с, то он испарился бы при входе в атмосферу, а падающая раскаленная «воздушно-паровая струя» растеклась бы по тайге именно с такими последствиями, каковые и наблюдались на Подкаменной Тунгуске.

В качестве объекта исследования ученые выбрали маховое перо дикого гуся. Стенка стержня пера состоит из двух слоев: внутреннего (корового) и кутикулы. Причем оба слоя имеют волокнистую структуру. Волокна внутреннего слоя ориентированы вдоль оси стержня, а волокна кутикулы — перпендикулярно ей. Хотя слои имеют четкую границу, соединены они так плотно, что ученые не смогли без повреждения отделить коровую часть от кутикулы. Для определения механических свойств двухслойного материала они использовали испытательную машину «Instron».

Именно двухслойность и разнонаправленность волокон определяют уникальные качества перьевого стержня. Прочность пера птицы, состоящего в основном из кератина, то есть органического по своему происхождению материала, не уступает прочности алюминиево-магниевого авиационного сплава. А по упругости перьевой материал близок к таким конструкционным полимерам, как полистирол, полиметилметакрилат и поликапролактан.

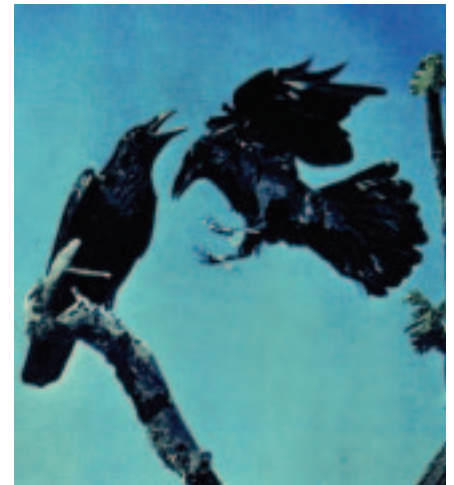
Очин, то есть та часть пера, которая «воткнута» в кожу, — полая внутри. Верхняя часть стержня, ствол, — ребристая и заполнена рыхлым веществом, которое легко удалить. Стержень в области ствола имеет более толстую кутикулу, волокна у нее направлены перпендикулярно стержню, и потому его предел прочности в два раза ниже, чем у очина.

Этим особенностям конструкции стержня ученые дают разумное физическое толкование. При машущем или планирующем полете перья изгибаются снизу вверх, то есть верхняя часть стержня находится в сжатом состоя-

нии, поэтому особой прочностью на растяжение от него не требуется. Гораздо большую опасность для этой части пера представляют сгиб или продольное растрескивание, поэтому ствол пера имеет утолщенную кутикулу, армированную в поперечном направлении, и укреплен ребрами жесткости. Большая прочность нужна для нижней части стержня, где волокна работают на растяжение.

При подборе материалов для конструирования летательных аппаратов немалое значение имеет такая характеристика, как приведенная прочность (отношение предела прочности материала к его плотности). Испытания показали, что приведенная прочность птичьих перьев более чем в два раза превышает соответствующую характеристику однородных конструкционных материалов, применяемых в современной авиации.

На протяжении миллионов лет природа создавала для птиц перья, сочетающие одновременно легкость, прочность и гибкость. Конструкция перьев обеспечивает им высокую подъемную силу, отличную управляемость полетом и безотрывное обте-



вание крыла при таких больших углах атаки, которые недоступны даже самым современным летательным аппаратам. А композиционный материал, из которого сделаны перья, поистине уникален благодаря своей высокой прочности и большой упругости. Однородные материалы, как природные, так и искусственные, такими свойствами не обладают. Так что нам есть чему поучиться у птиц.





Химпром юрского периода

Профессор
И.А.Станкевич,
Делфтский технологический
университет (Нидерланды)

Буквально в последние годы сформировалась новая дисциплина химической инженерии, которая, если дословно перевести с английского, называется «интенсификация процесса» (process intensification). Это новое оборудование и методики, благодаря которым, возможно, полностью изменятся наши сегодняшние представления о химических предприятиях. С их помощью предполагается создавать компактные, энергетически эффективные и безопасные производства.

Наверно, я не сильно преувеличу, если скажу, что своим богатством современная цивилизация обязана динозаврам. А точнее, тем доисторическим созданиям и растениям, которые жили во времена юрского периода 200 млн. лет назад. Это из их перегнивших останков образовалась нефть, которую использует современное общество. Природе понадобились миллионы лет, чтобы довершить формирование этого богатства, а человечество растратило его всего за 200 лет.

Итак, нашу цивилизацию вскормили динозавры. Не только динозавры юрского периода, но и более современные рукотворные «чудовища» —

например, химические установки для крекинга нефти. Их иногда называют «соборами химической промышленности», поскольку по размерам они в самом деле сопоставимы с большим готическим собором. Заметьте: современные химические динозавры живут на рационе юрского периода, то есть кормятся нефтью. Продукты их пищеварения — легкие углеводороды. Динозавры юрского периода вымерли, поскольку еда у них в конце концов закончилась и гигантские размеры стали энергетически невыгодны. Совершенно очевидно, что современных химических динозавров постигнет та же участь.

А вместе с тем химическая про-



1
Извлечение золота из руды — гравюра из книги «De re metallica». Руду дробят в «С», размалывают в мельнице «F» и смешивают с ртутью в сосуде «О». Все операции приводит в движение единственное водяное колесо через общий вал с передаточными механизмами

мышленность должна наращивать производство, чтобы обеспечить быстро растущее население необходимыми продуктами — значит, сырья нужно будет все больше. Известно, что эффективность, с которой сегодня нефть превращается в конечные продукты, очень мала — меньше 25%! Переход на возобновляемые ресурсы — целлюлозу, тростниковый сахар, другое растительное сырье — немного улучшит ситуацию, однако не решит ее кардинально. Биотехнологические процессы, как правило, имеют очень маленький выход продукта, поэтому если они заменят нефтепожирающих динозавров, то мы получим таких же неэффективных, дурно пахнущих растительноядных монстров, производящих миллионы тонн отходов. Недостаточно быть «зеленым», надо быть «зеленым» и эффективным.

Ровно 450 лет назад Георг Агрикола опубликовал свою знаменитую книгу «De re metallica» — первый всеобъемлющий труд по технологии. Она

иллюстрирована прекрасными гравюрами по дереву (рис. 1), на которых, в частности, видно, что химическая промышленность 2006 года недалеко ушла вперед от технологий, придуманных в средние века. Так мы никогда не сдвинемся с места. Ради нашего будущего мы должны полностью переделать химические производства. Для этого понадобятся новое оборудование и новые методы, зачастую радикально отличающиеся от того, что мы знаем и используем сегодня. Та область химической технологии, которая исследует и внедряет подобное оборудование в средневековый химпром, называется «интенсификацией процесса».

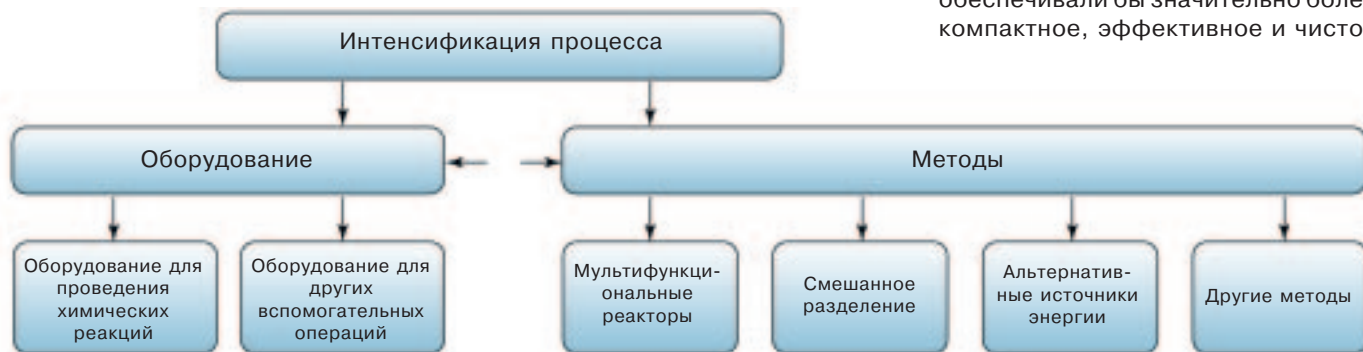
Что такое «интенсификация процесса»

В 1995 году, открывая I Международную конференцию по «Интенсификации процесса в химической промышленности», один из пионеров этой области сформулировал основную

задачу нового направления: кардинально уменьшить размеры химических производств. Этого можно достигнуть, уменьшая размеры отдельных составляющих оборудования, а также сокращая количество операций или аппаратов. Речь шла о существенном сокращении — в 100 раз или больше.

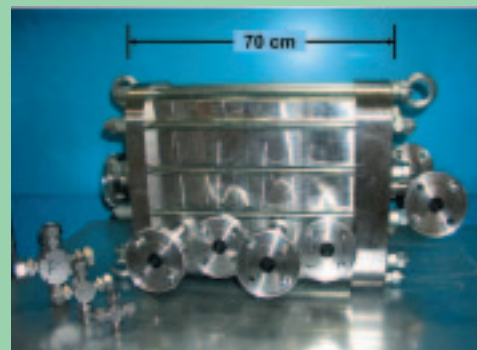
Но во-первых, задачу можно не ставить так жестко, поскольку уменьшение установок хотя бы в два раза уже принесет ощутимые изменения и может рассматриваться как «интенсификация процесса». А во-вторых, это определение довольно узкое, поскольку речь в нем идет исключительно об уменьшении размеров заводов и оборудования. Совершенно очевидно, что интенсификацией можно считать и существенное увеличение производительности на том же оборудовании, и значительное уменьшение количества энергии, необходимого для производства тонны продукта, и даже заметное сокращение потерь или количества побочных продуктов при производстве. Но есть очень важная тонкость: «интенсификация процесса» касается только инженерных методов и оборудования, поэтому разработка новых методов синтеза, какими бы эффективными они ни были для данной технологии, не рассматривается в новой дисциплине и не может называться «интенсификацией процесса».

У нас в Делтском университете принято такое определение. «Интенсификация процесса» — это разработка новых аппаратов, которые по сравнению с сегодняшними обеспечивали бы значительно более компактное, эффективное и чистое





Так через какое-то время может выглядеть химический завод, построенный в соответствии с принципами «Интенсификация процесса»



2
Действующий мини-завод, который выдает 2 тонны продукта в час

производство, требующее существенно меньше энергии. Общее направление можно поделить на два (схема на предыдущей странице): оборудование — новые реакторы, интенсивное перемешивание, теплообменники, массообменники — и методы — новая гибридная сепарация, интеграция реакции и сепарации, теплообмен, фазовый переход в так называемых мультифункциональных реакторах, использование альтернативных источников энергии — света, ультразвука и прочих, новые методы контроля процесса. Конечно, эти два направления могут частично перекрываться. Новые методы обычно требуют нового оборудования, а новые аппараты побуждают использовать новые методы.

Миниатюризация остается главным отличительным признаком нового направления. Кстати, помимо всего прочего, это еще и прямой путь к безопасности. Очевидно, что чем меньше производства, тем легче их контролировать. Например, если бы эти технологии были внедрены на заводе в Бхопале, можно было бы избежать худшей технологической катастрофы в истории человечества и гибели тысяч людей. Количество ядовитого метилизоцианата, попавшего тогда в атмосферу, можно было сократить с 41 тонны до 10 килограммов! (В 1984 году в Индии, на заводе по производству пестицидов западного химического концерна «Юнион Карбид», произошла катастрофа, сравнимая разве только с

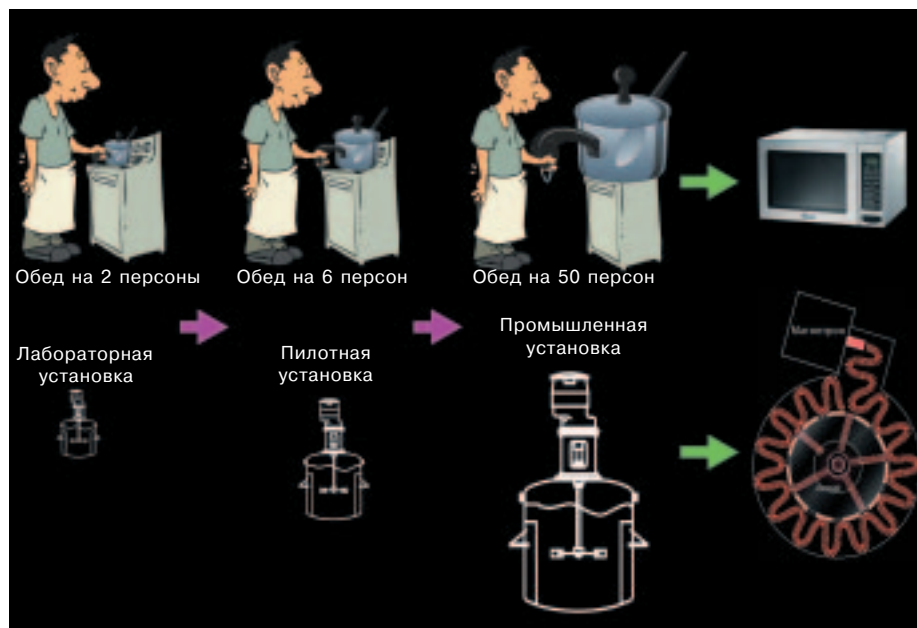
чернобыльской. Взорвалась цистерна с метилизоцианатом, и облако ядовитейшего газа накрыло город. Почти сразу погибли 25 тысяч человек, неизлечимые болезни поразили больше 100 тысяч. Город заражен до сих пор.)

Пять лет назад на научной конференции я представил проект, в котором огромный реактор и дистиллятор были заменены «игрушечным заводиком». Аудитория восприняла мой доклад с сомнением. В прошлом году фирма «DSM» совместно с Институ-

том микропроцессорной инженерии в Карлсруэ запустила такой «игрушечный заводик» (рис. 2). Его длина примерно 70 см, выход продукта — 2 т в час.

Экономия во всем

Интенсификация процесса — это не только миниатюризация и безопасность. Это также уменьшение расходных материалов и энергии. Производить больше с меньшими затратами — вот смысл затеянной революции.



3
Микроволновое излучение в обоих случаях позволяет выйти на принципиально новое решение



Один из методов, очевидно ведущих к экономии, – использование альтернативных источников энергии. В приложении к химическим производствам это мало исследованная область, а между тем эффект от их применения может быть весьма впечатляющим. Например, высокогравитационные поля, использованные в дисковом вращающемся реакторе (такую технологию применяет известная фармацевтическая компания «GlaxoSmithKline»), позволили в 1000 раз сократить время реакции, в 100 раз уменьшить количество оборудования и в 12 раз – выход побочных продуктов.

Мне кажется, надо обратить самое пристальное внимание на следующие альтернативные источники энергии: микроволновое излучение, свет и ударную волну. Микроволновое излучение – излучение с длиной волны от 300 до 300 000 Мгц давно используют хозяйки на кухнях (рис. 3). Нагревание с помощью микроволн принципиально отличается от традиционного с кондуктивной передачей тепла. Совершенно точно установле-

но – микроволновое излучение ускоряет химические реакции иногда в 100 раз. Зачастую и выход продукта в реакции получается значительно больше, и энергии требуется гораздо меньше. Ученым еще не очень понятен механизм этого эффекта, но раз он есть, то использовать его уже можно!

Несмотря на все эти очевидные преимущества, ни одного промышленного процесса, использующего микроволновое излучение, еще нет. Поэтому, без всякого сомнения, надо продолжать исследования, создавать инженерные модели и дизайн непрерывных микроволновых реакторов. Может быть, благодаря этому когда-нибудь химические и фармакологические производства перейдут с доисторической технологии «нагревание-перемешивание» на более эффективные способы. А если сочетать микроволновое излучение с микро-реактором, то это даст прекрасный шанс увеличить еще и селективность процесса за счет одновременного и быстрого нагревания компонентов. Фундаментальные задачи, которые

предстоит тут решить, – материал для оборудования, его взаимодействие с микроволновым излучением, моделирование и оптимизация микроволновых процессов в микрооборудовании.

Еще более интересные возможности применения микроволнового излучения скрыты в интегрированных системах, в частности в мультифункциональных реакторах. Возможно, нам удастся разработать интегрированный процесс получения водорода для топливных элементов в малых объемах с использованием микроволн. Конечная наша задача – создать портативный элемент для низкотемпературной переработки биотоплива и очистки водорода.

Влияние микроволнового поля на транспорт и межфазный перенос в мультифазных сепарированных системах (таких, как дистилляция, экстракция или кристаллизация) – еще одна совершенно не исследованная и волнующая область. Скучные литературные данные тем не менее свидетельствуют о том, что микроволновое нагревание может радикально ускорить дистилляцию. Мне кажется интересным разработать непрерывный горизонтальный дистилляционный элемент, в котором вместо традиционного точечного нагревания бойлером используется пространственно-распределенная энергия микроволнового излучения. Это был бы важный шаг к компактному химическому заводу.

Есть еще одна интересная для нас форма электромагнитной энергии: свет. Использование солнечного или искусственного света в катализе может дать нам огромное повышение селективности продукта. Однако в существующих фотокаталитических реакторах значительная доля света поглощается или рассеивается до того, как достигает поверхности катализатора. Поскольку на излучение расходуется много энергии, подобные реакторы обычно оказываются экономически непривлекательными. В идеале фотон должен испускаться точно тогда и в том месте, где это



Применение энергии ударных волн: трансзвуковой впрыск кислорода позволяет удвоить возможность ферментера

Использование в реакторе ультразвуковой ударной волны

Ультразвуковой газо-жидкостной реактор - при такой конструкции массоперенос увеличивается в 10 раз

4

Еще одно применение сверхзвукового потока

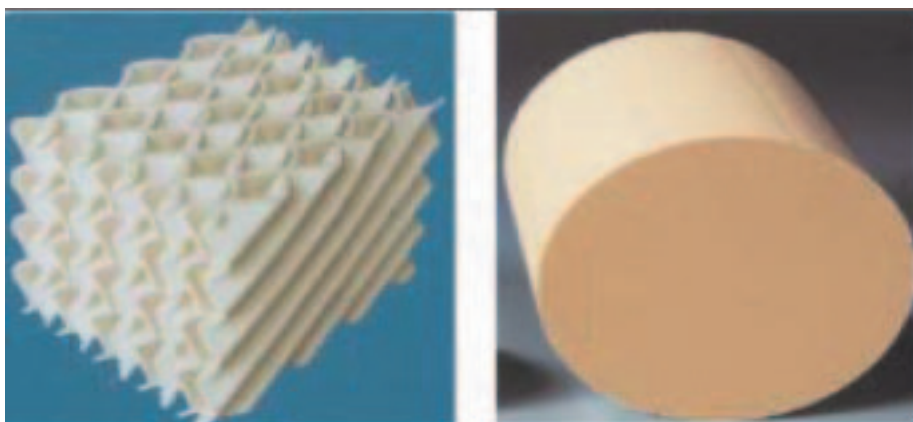
нужно, то есть в непосредственной близости к поверхности катализатора и к молекулам, реагирующим на ней. Это огромная научная задача, которую еще предстоит решить.

Использование энергии сверхзвуковой ударной волны — еще одна пока не изученная область с большим практическим потенциалом. Точечные данные однозначно подтверждают, что применение сверхзвукового потока в мультифазных системах значительно улучшает массоперенос (рис. 4).

Немного об аппаратах, или Глава, которую неспециалист легко может пропустить

Все-таки надо быть объективным: некоторый прогресс по сравнению с химическими аппаратами времен Агриколы у нас есть. Например, технологию перемешивания заметно усовершенствовали за последние 25 лет, причем и в системах жидкость-жидкость, и газ-жидкость. Как ни удивительно, этого удалось достичь не модификацией механических мешалок, а как раз наоборот — отказом от них в пользу статических. Пример — статический реактор смешанного типа фирмы «Sulzer». Его элементы, в которых происходит смешение, — это теплообменники (рис. 5), которые можно использовать в реакциях, где необходимо одновременно перемешивать смесь и интенсивно нагревать ее или охлаждать (реакции нитрования, нейтрализации).

Один из самых больших минусов статических мешалок — относительно быстрая закупорка, поэтому их неудобно использовать там, где присутствует катализатор в виде взвеси. Фирма «Sulzer» частично решила эту проблему, создав реакторы с хорошими статическими перемешивающими показателями, которые одновременно могут служить подложкой для нанесенных катализаторов. Например, так называемые реакторы с перекрестными потоками «Katarak»



6
Реактор «Katarak»

7
Монолитный катализатор



5
Реактор-смеситель — классический пример нового оборудования

(рис. 6) — их используют в некоторых газофазных экзотермических процессах окисления, традиционно проводимых на фиксированных катализаторах, а также в каталитической дистилляции. У таких реакторов много преимуществ, но все же их геометрия довольно специфическая. По-



8
Перекрестно-поточные монолитные реакторы

этому они явно уступают своему основному сопернику — монолитным катализаторам (рис. 7) и реакторам на их основе.

Монолиты, которые сегодня используют как подложки для катализаторов, — это металлы и неметаллы с многочисленными прямыми и узкими каналами одинаковой, строго определенной формы, уложенные в перекрестные секции. Внутренние стены монолитных каналов обычно покрывают тонким слоем специального вещества, на которое прикрепляют катализатор. Монолитные катализаторы можно располагать в цепочку, и тогда они начинают работать как статические мешалки-реакторы. Например, когда мы моделировали известный промышленный процесс, то смогли в 100 раз уменьшить размеры традиционной системы, заменив ее на цепочку монолитных единиц катализатора.

Однако монолитные каталитические реакторы удается использовать далеко не всегда, поскольку их слабое место — трудность отвода тепла из-за отсутствия радиальной дисперсии. Монолитные каналы полностью отделены один от другого, и следовательно, единственный механизм отвода тепла — это проводимость. Поэтому для экзотермических газофазных реакций фирма «BHR Group» придумала так называемые HEX реакторы, у которых только одна сторона теплообменника каталитически активна.

Еще один из примеров реакторов нового типа — это керамические перекрестно-поточные монолитные структуры фирмы «Corning Inc» (рис. 8), их также можно использовать как каталитические реакторы-теплообменники. То есть аппараты, в которых сразу происходит два химических процесса. Если сравнивать их с обычными, то у новых аппаратов



существенно лучше теплоперенос, а точнее, коэффициент теплопереноса ($3,500\text{--}7,500\text{ W/m}^2\text{K}$, что означает количество теплоты, проходящей в единицу времени через единицу площади материала при разности температур на его противоположных поверхностях в 1).

Еще выше теплоперенос у микро-реакторов (до $20,000\text{ W/m}^2\text{K}$). Это химические реакторы очень маленького размера, обычно сэндвичевой структуры — они состоят из слоев с микроскопическими каналами (диаметр $10\text{--}100$ микрометров). У каждого слоя своя функция: смешивание, каталитическая реакция, теплообмен или сепарация. Совмещение этих функций в одной единице дает огромное преимущество (в частности, резко увеличивается коэффициент теплопереноса). Кроме того, очень маленькое отношение реакционного объема к поверхности делает микро-реакторы потенциально привлекательными для процессов с токсичными и взрывчатыми реагентами.

Очень интересны вращающиеся дисковые реакторы, в них также можно получить высокие коэффициенты теплообмена. Они в первую очередь предназначены для быстрых и очень быстрых реакций в системе жидкость–жидкость с большим тепловым эффектом, таких, как нитрование, сульфирование и полимеризация (в том числе полимеризация стирола). В таком реакторе очень тонкий слой жидкости (около 100 микрометров) движется на поверхности вращающегося диска. Примерно за $0,1$ с тепло эффективно удаляется от реакционной смеси с коэффициентом теплопереноса порядка $10,000\text{ W/m}^2\text{K}$.

Ротацию и центробежные силы используют не только во вращающемся дисковом реакторе. Высокогравитационная технология (HIGEE), которую английские технологи начали разрабатывать в конце 70-х годов, поддерживая исследовательские проекты NASA в невесомости, стала одним из самых многообещающих направлений «интенсификации процесса». Высокогравитационная тех-

нология предполагает проведение реакций во вращающихся плотно упакованных ячейках, в которых действуют центробежные силы, — это позволяет интенсифицировать массо- и теплообмен. Изначально такое оборудование было предназначено для процессов сепарации (абсорбции, экстракции, дистилляции), но оказалось, что его можно использовать и в реакторах, особенно в тех случаях, когда процесс лимитирован массопереносом.

Трудности новой парадигмы

У «интенсификации процесса» сегодня много сторонников в Нидерландах и других странах, причем в некоторых даже приняты специальные национальные программы. За десять лет прошло шесть международных конференций на эту тему, не считая семинаров, изданы монографии, вышло несколько специальных выпусков научных журналов. Многочисленные национальные и интернациональные организации признали необходимость «интенсификации процесса» в химической промышленности.

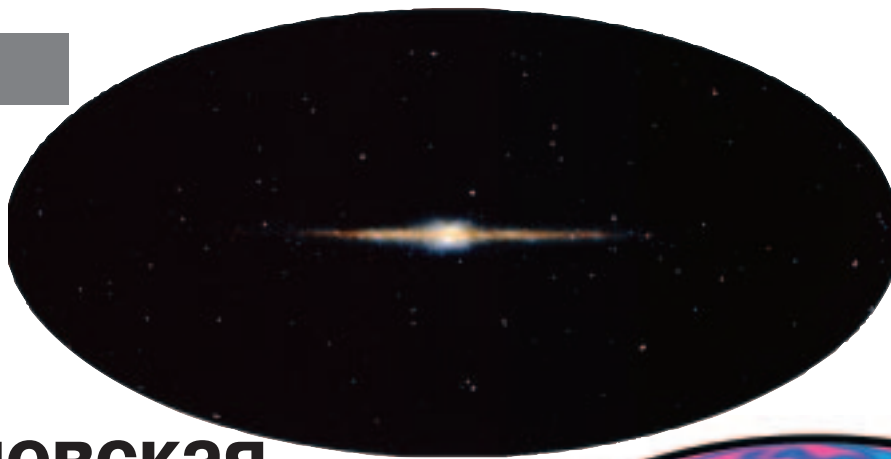
Но не все так просто. Революционный переворот невозможен без изменения менталитета внутри самой промышленности и без академических исследований. А химическая промышленность исключительно консервативна. Она всегда предпочитает проверенные технологии и всячески сопротивляется нововведениям, которые не были сто раз испытаны. Как шутят англичане, «хороший инженер-химик всегда хочет быть вторым, а не первым». Те революционные изменения, которые позволяют себе компании «Dow», «Eastman» или «DSM», только подтверждают правило: нормальный инженер, имея выбор между проверенной многовековой технологией Агриколы и новой, всегда выберет первое.

Конечно, такой настрой промышленности не стимулирует революционные исследования в университетах.

Тем не менее там постоянно занимаются усовершенствованием процессов, и результатом становятся многочисленные публикации и презентации на конференциях. Так, с 1977 года годовой объем специального издания «Chemical Engineering Science» увеличился в пять раз — с 1551 до 7173 страниц. Вроде бы показатель активного развития. А вместе с тем отрасль практически не эволюционировала за эти 30 лет. Почему-то вспоминается единственная женщина, получившая Нобелевскую премию, — Мария Склодовская-Кюри, которая по критерию «число публикаций» была очень «непродуктивным» профессором, поскольку за всю свою жизнь опубликовала всего 68 научных работ. Кстати, в лаборатории Альберта Эйнштейна в Принстонском университете висела надпись: «Не все, что считается, может быть посчитано, и не все, что посчитано, считается».

Должен признать, что Делфтский технологический университет — безусловный лидер в новой дисциплине «интенсификация процесса». И не только потому, что ему принадлежат первые научные публикации на эту тему. В этом университете впервые введено полноценное обучение на магистра по новой специальности. За год количество студентов, выбравших это направление, увеличилось на 50%. В Делфтском университете элементы курса «интенсификация процесса» включены также в программы обучения специальностей «инженер-механик» и «науки о жизни, технологии». И этот подход — правильный: менталитет в промышленности изменится только тогда, когда придут молодые специалисты с новым пониманием области, знакомые с последними научными разработками.



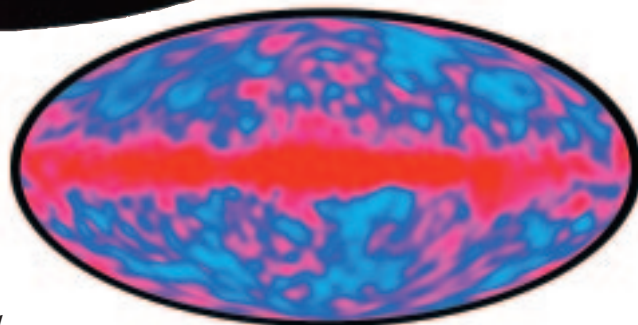


Так спутник «COBE» видит Млечный Путь с околоземной орбиты

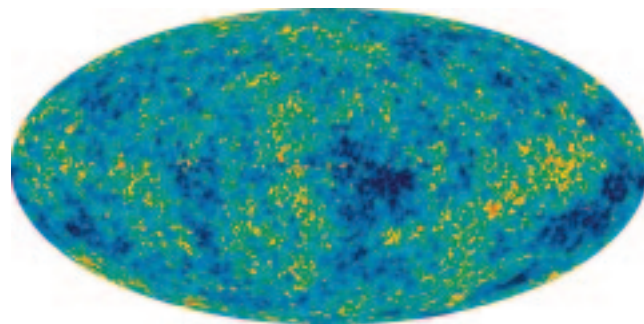
Нобелевская анизотропия

Анизотропия — различие свойств в зависимости от направления. Вот, например, если взять кристалл, то вдоль каждого направления в кристаллической решетке будут свои свойства — механические, оптические или электрические. У Стругацких приведен пример неоднородности транспортных свойств: анизотропное шоссе, по которому движение возможно только в одном направлении. А у Нобелевского комитета имеется ярко выраженная анизотропия, связанная с гражданством претендента на премию. Корни этого явления можно проследить в 1915 году. За два года до этого Юрий Викторович Вульф в России, отец и сын Брэгги, Уильям Генри и Уильям Лоуренс, в Англии независимо друг от друга вывели основную формулу рентгеноструктурного анализа. С тех пор кристаллографы пользуются соотношением Вульфа—Брэггов (или Брэгга—Вульфа, кому как нравится). Премию же получили только Брэгги. За последующие девяносто лет можно было бы назвать не один подобный случай. Очередное проявление анизотропии комитета связано с премией этого года по физике, которую присудили американским астрофизикам Джону Мазеру и Джорджу Смуту (из Годдардовского центра космических полетов НАСА и Калифорнийского университета соответственно) за открытие пространственной неоднородности реликтового излучения (рис. 1, 2).

Впервые об этом излучении заговорил Георгий Гамов (см. «Химию и жизнь», 2005, № 3) в 1950 году. Согласно предложенной гипотезе, через некоторое время после того, как случился Большой взрыв, началась конденсация его продуктов и возникли излучение, вещество и антивещество. Двое последних проаннигилировали друг с другом. Однако плотность оставшегося вещества все равно была очень высокой, и фотоны не могли свободно путешествовать по пространству. Вселенная расширялась, и спустя какое-то время (теоретики считают, что через 380 тысяч лет) случилось просветление: излучение отделилось от вещества. С тех пор фотоны способны свободно перемещаться на большие расстояния. Если же какой-то фотон попадает в вещество, то его атомы или молекулы этот фотон поглощают, возбуждаются, полученную энергию как-то перераспределяют между собой, а потом так или иначе вещество излучает новый фотон. Как правило, его энергия не случайна, а соответствует спектру излучения вещества. Однако осталось еще немало фотонов, которые с момента просветления ни разу ни с чем не взаимодействовали. Поскольку их появление никак не связано с атомами вещества, форма спектра таких реликтовых фотонов должна соответствовать спектру абсолютно черного тела. Эта физическая абстракция поглощает падающее



1 Карта анизотропии в галактических координатах по данным двухлетних наблюдений спутника «COBE»



2 Самая точная на сегодня карта анизотропии по данным спутника «WMAP»

на него излучение во всем диапазоне частот. И по закону Кирхгофа, излучает его во всем диапазоне.

Физики конца XIX – начала XX века и вывели законы абсолютно черного тела. В частности — формулы, которым подчиняется спектр излучения при различных температурах. Из них следует, что по мере охлаждения черного тела максимум его спектра смещается в длинноволновую область. Поскольку, согласно оценкам Гамова, нынешний спектр реликтового излучения отвечает температуре тела всего в 5 К, искать реликтовые фотоны следует в микроволновой области.

Искали реликтовое излучение полтора десятка лет, пока в 1964 году удача не улыбнулась Арно Пензиасу и Роберту Уилсону. Работая на радиотелескопе, они обнаружили, что принимаемое прибором излучение на длине волны 7 см слишком велико, чтобы его можно было объяснить шумом прибора или действием атмосферы. Кроме того, излучение оказалось равномерно размазанным по всей небесной сфере, а именно так и должно вести себя реликтовое излучение. Нобелевская премия досталась Пензиасу и Уилсону в 1978 году, спустя десять лет после смерти Гамова.

Температура реликтового излучения оказалась равной 2,73 К, а максимум его спектра приходится на волны с длиной 1 мм. Земная атмосфера хорошо поглощает такие волны, поэтому изучать реликтовое излучение следует за ее

фото НАСА



Джон Мазер
и Джордж Смут



пределами. А цель изучения — выявить неоднородность в распределении интенсивности излучения по небесной сфере. Открытие такой анизотропии чрезвычайно важно для сторонников теории Большого взрыва. Дело в том, что концы с концами у теоретиков могут сойтись только при условии, что на самых ранних этапах жизни Вселенной распределение вещества было неоднородным. В противном случае им никак не удастся получить галактики и их скопления, наблюдаемые невооруженным глазом. Стало быть, вся космология Большого взрыва требует пересмотра, а ее авторы оказываются под угрозой остракизма со стороны торжествующих сторонников альтернативной точки зрения — вечно существующей Вселенной (не таких уж и малочисленных, если судить хотя бы по почте редакции «Химии и жизни». — *Примеч. ред.*). Если в момент отделения излучения от вещества в нем действительно существовали неоднородности плотности, то они должны были поглощать излучение сильнее или слабее. И это неизбежно сказывается на распределении излучения по небесной сфере. Спектр неоднородностей был рассчитан, его назвали спектром Харрисона—Зельдовича, и затем потребовалось экспериментальное подтверждение.

Поначалу анизотропию искали со стратостатов, запуская приборы на высоту 30 км. Порой находили. Но последующие эксперименты (благо запускать стратостаты могут себе позволить многие научные группы) эти данные не подтверждали. Как бы то ни было, к 1985 году удалось оценить размер вызванных анизотропией отклонений интенсивности излучения: менее $7 \cdot 10^{-5}$ от среднего значения.

А потом начались космические эксперименты. Первым, в 1983 году, стартовал советский спутник, на котором проходил эксперимент «Реликт-1» под научным руководством Н.С.Кардашова, ныне академика РАН. Этот прибор измерял интенсивность излучения на одной частоте, 37 ГГц. В 1989 году в космос вышел американский спутник «COBE». Экспериментами на его борту как раз и руководил Джон Мазер, который задумал проект еще в 1974 году и пятнадцать лет

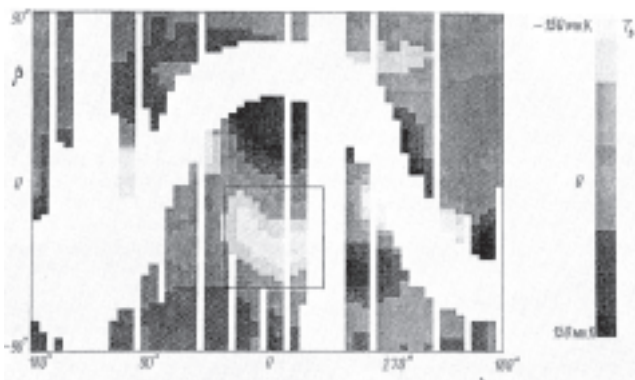
пробивал его в НАСА. Приборы этого спутника работали на трех частотах, 31, 53 и 90 ГГц; такие частоты выбрали потому, что они близки к максимуму реликтового излучения и минимуму излучения Млечного Пути.

Первые результаты, полученные «Реликтом-1», были опубликованы в 1986—1988 годах. Реликтовое излучение оказалось распределено по небесной сфере неравномерно, но с вероятностью 85% эти неоднородности были связаны с аппаратным шумом. Советские ученые так оценили неуловимую анизотропию: менее $2 \cdot 10^{-5}$ от среднего значения.

Выявлять столь слабый сигнал очень непросто. Во-первых, он в разы меньше шума приборов. Во-вторых, в сигнал дают вклад Солнце, Луна, Юпитер, а также Млечный Путь как единое целое. В-третьих, сказывается еще и эффект Допплера: из-за движения Земли, Солнечной системы и Галактики относительно реликтового излучения свет, оставшийся позади, краснеет, а впереди — синееет. Если после удаления всех этих вкладов останутся какие-то неоднородности — они-то и окажутся искомыми признаками анизотропии реликтового излучения. К сожалению, большую часть этих вкладов приходится удалять в результате расчета, например на основании той или иной модели Галактики и происходящих в ней процессов.

К новому этапу обработки данных «Реликта-1» ученые из ИКИ АН СССР и Института им. П.К.Штернберга МГУ приступили в самом конце 80-х годов. Им удалось придумать особо изощренные алгоритмы сглаживания данных для устранения всевозможных ошибок и вычленил-таки на карте один участок (рис. 3), где интенсивность реликтового излучения оказалась ниже средней, причем с вероятностью 99% это снижение представляет собой объективную реальность. Понятно, что тщательная подгонка параметров программы расчета заняла не один месяц, а то и год. Во всяком случае, статья «Анизотропия фонового радиоизлучения» в январе 1992 года за подписью И.А.Струкова (технического директора эксперимента), А.А.Брюханова (основного создателя программы расчета), Д.П.Скулачева и М.В.Сажина была отправлена в «Письма в астрономический журнал», а в майском номере опубликована. Вывод авторы статьи сделали осторожный: «Нами обнаружен сигнал, который не может быть полностью объяснен аппаратными эффектами и радиоизлучением известных источников... Окончательное суждение может дать анализ данных, полученных с помощью более чувствительной аппаратуры в различных частотных диапазонах. Наибольшие надежды мы возлагаем на «Реликт-2» и «COBE».

И эта надежда оправдалась: в апреле 1992 года в «Astrophysical Journal Letters» поступили, а в сентябре были опубликованы три статьи по результатам первого года наблюдений за реликтовым излучением с борта спутника «COBE». В первой из них, за подписью Джорджа Смута и еще двадцати семи соавторов, американские ученые предприняли немалые усилия по извлечению полезного сигнала из фоновой информации и пришли к выводу, что они надежно зафиксировали наличие анизотропии реликтового излучения (рис. 1). Ее величина составила, в полном соответствии с



3
Карта анизотропии на частоте 37 ГГц в эклиптических координатах по данным «Реликта-1». Светлая полоса — Млечный Путь, квадратик отмечена область, где излучение значительно слабее среднего уровня

предыдущими оценками $6 \cdot 10^{-6}$ от среднего значения. Получив такой результат, американские ученые сделали вполне обоснованный вывод: «Обнаруженную структуру сигнала нельзя объяснить никакой систематической ошибкой. Конечно, ее причиной может показаться галактическое или межгалактическое излучение. Однако расположение неоднородностей в пространстве никак не связано со структурами в строении Галактики, а отдельные внегалактические источники вносят очень малый вклад в сигнал. Поэтому проще всего считать, что это неоднородности именно микроволнового фона». Последующие опыты с запущенным в 2001 году спутником «WMAP» (рис. 2) позволили построить гораздо более точную карту анизотропии излучения, которая ныне служит источником вдохновения для многих астрофизиков.

Главная беда подобного рода экспериментов состоит в том, что слабый сигнал приходится выделять из весьма сильного, а это невозможно сделать, если не применять какие-то подгоночные параметры. Конечно, такой метод вполне распространен в различных областях науки. Например, у теплофизиков есть специальная издевательская фраза: «Это очень хо-

рошая теория, в ней соответствие с практикой достигается введением всего одной дюжины подгоночных коэффициентов, а не трех дюжин». Однако результат хитроумных расчетов, прежде чем стать научным фактом, требует проверки. Потому-то самое первое правило физика гласит: эксперимент, особенно эпохальный, должен быть повторяем, и те эксперименты, результаты которых пытались, но не сумели воспроизвести другими руками и в другой лаборатории, положено относить к научным курьезам, а то и к категории лженауки. В случае с анизотропией излучения все получилось как нельзя лучше — две группы независимо друг от друга ее обнаружили, доказав тем самым, что излучение неравномерно распределено в реальности, а не в голове автора или оперативной памяти компьютера. Однако премию дали только одной группе. Вот такая анизотропия получается.

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Medicine

Убить

почтальона



Фото Stanford News

Эндрю Файер отбивается от журналистов



Фото UM Medical School

Жена и дочь поздравляют Крейга Мелло

Лауреатами Нобелевской премии по физиологии и медицине в этом году стали генетики из США Эндрю Файер и Крейг Мелло. Премия им была присуждена за открытие эффекта РНК-интерференции. На всякий случай напомним еще раз, каким образом информация передается от гена к белку. Ген — участок хромосомной ДНК, на котором синтезируется матричная РНК (мРНК). Именно эта молекула переносит информацию из «библиотеки» (ядра) на «завод», то есть в цитоплазму, к рибосомам — специальным устройствам, которые по «чертежу» мРНК строят белок, ставя в соответствие каждым трем нуклеотидам одну аминокислоту. Зрелая мРНК, с которой считывается белок, не в точности соответствует ДНК-последовательности гена: из нее вырезаются незначимые участки, интроны.

Состояние клетки (и организма в целом) определяется не только набором генов, полученных от отца с матерью, но и соотношением работающих и выключенных генов. Одни гены функционируют практически непрерывно, другие включаются в определенные моменты либо в определенных ситуациях: например, на ранних стадиях эмбрионального развития, или при болезни, или в период размножения. Характерные особенности активации и выключения генов есть у старых и молодых особей, у самок и самцов, в клетках нервной системы и в клетках кожи... «Регуляция активности генов» — сегодня такое же магическое словосочетание, такая же заманчивая вершина, как сорок лет назад был «генетический код». С той разницей, что покорить эту вершину будет еще труднее.

Активность генов может регулироваться на уровне транскрипции — синтеза мРНК. Срок жизни мРНК в клетке невелик, поэтому замедление или прекращение ее синтеза в скором времени отзывается уменьшением количества белка, который она кодирует. Описаны изящные способы, с помощью которых решается эта задача в природе. Но теперь мы знаем, что есть и совершенно другие варианты решения.

Как хорошо известно любителям остросюжетной литературы, чтобы помешать передаче информации, есть два основных приема: не дать написать письмо или уничтожить написанное прежде, чем его прочтут. Первый способ надежнее, зато второй предоставляет больше простора для фантазии. Подменить адрес, ограбить почтовый поезд, напоить, подкупить или убить почтальона... Вот за экспериментальное убийство почтальона как раз и присуждена Нобелевская премия этого года. Файер и Мелло показали, как происходит регуляция на посттрансляционном уровне: мРНК синтезируется, но уничтожается раньше, чем дойдет до рибосомы, которая должна была «прочитать» ее и построить белок.

Посттрансляционное выключение гена (PTGS, или posttranscriptional gene silencing) наблюдалось и раньше, еще в 90-е годы XX века. Например, добавление в геном растения гена, продукцию которого экспериментаторы предполагали усилить, иногда давало обратный эффект у трансгенного растения: лепестки петунии после введения дополнительного гена, ответственного за синтез ярко-алого пигмента, вдруг оказывались белыми. Сходные эффекты наблюдались при некоторых вирусных инфекциях у растений. Регуляция трансляции с помощью антисмысловой РНК (то есть той, которая комплементарна смысловой, как две нити ДНК комплементарны друг другу) наблюдалась у нематоды *Caenorhabditis elegans*, излюбленного объекта генетиков, но долгое время этот механизм воспринимался как некая экзотика. Потом оказалось, что сходное действие могут производить загадочные короткие РНК, найденные у многих видов. Однако настоящее понимание этого феномена пришло только после статьи Файера и Мелло в журнале «Нейчур» в 1998 году.

Свою работу будущие нобелевские лауреаты также выполнили на черве *C. elegans*. До этого было известно, что ослаблять активность гена может добавление соответствующей мРНК, причем не только антисмысловой, но почему-то и



РНК-интерференция — по-русски, вмешательство двунитовой РНК в реализацию генетической программы. Специальный фермент распознает двунитовую РНК и расщепляет ее, предоставляя другому белку коротенький образец, по которому тот находит мРНК, подлежащую уничтожению



Схема «нобелевского» эксперимента проста. В организм червя вводили РНК, соответствующую гену мышечного белка. Однонитовая РНК не оказала никакого действия, а вот двунитовая РНК вызвала у червя те же симптомы, которые бывают при повреждении этого гена, — характерные судорожные движения

смысловой. Однако эффект был неотчетливым. Очевидно, потому, что до Файера и Мелло никому не пришло в голову добавить и смысловую, и антисмысловую РНК одновременно. Двунитовая РНК, соответствующая гену белка мышечных волокон, вызвала у нематоды все признаки миодистрофии: червь начинал двигаться характерными судорожными рывками. При введении смысловой или антисмысловой РНК по отдельности тот же эффект наблюдался слабее или вовсе не наблюдался. Аналогичным способом, как оказалось, можно выключать и другие гены нематоды. Судя по тому, что эффект проявлялся даже тогда, когда в клетку попадало всего несколько молекул двунитовой РНК, она действует не стехиометрически, а каталитически (или копируется в клетке). Кроме того, эффект не был локальным, а распространялся от клетки к клетке. Вдобавок Файер и Мелло заметили, что введенная РНК должна соответствовать именно зрелой мРНК: последовательность интрона не действует. А значит, зрелая мРНК и должна быть мишенью?

Четкие доказательства, что речь идет именно о посттранскрипционном эффекте, были представлены в следующей статье Файера, в том же году опубликованной в PNAS. Стало ясно, что добавление участка двунитовой РНК некоего гена вызывает деградацию мРНК этого гена. В той же статье Файер предложил модель каталитического действия двунитовой РНК.

В течение года РНК-интерференцию обнаружили у самых разных организмов, в том числе у дрозофилы, трипаносомы, различных растений, планарии, гидры и рыбки данио. С клетками млекопитающих в культуре сперва ничего не получалось, поскольку они сильно и неспецифически реагируют на введение любой длинной двунитовой РНК. Но оказалось, что с короткими фрагментами, длиной в 21 нуклеотид, можно добиться успеха.

Биохимический механизм РНК-интерференции был исследован на экстрактах из клеток дрозофилы. Оказалось, что длинную двухцепочечную РНК расщепляет на короткие фрагменты по 21—23 нуклеотида специальный фермент — эндонуклеаза дайсер (название, очевидно, происходит от *dice* — нарезать кубиками овощи для салата). Эти фрагменты получили название siRNA — small interfering RNA, по-русски будем называть их миРНК. Позднее те же Файер и Мелло проследили этот процесс *in vivo*. Эти-то короткие фрагменты и служат сигналом к расщеплению мРНК. Белковый комплекс RISC (RNA-induced silencing complex) взаимодействует с миРНК, а с ее помощью распознает мРНК-мишень (см. рис.). После этого мРНК деградирует, расщепляется на мелкие кусочки. Письмо не дойдет до адресата...

Разумеется, у других биологических видов (или в иных ситуациях) главные роли могут играть и другие белки: так, например, у некоторых растений, червей и грибов губительные для матриц миРНК синтезирует так называемая РНК-зависимая РНК-полимераза. (Осталось выяснить, откуда она узнает, какая из множества мРНК, существующих в клетке, подлежит уничтожению...)

Открытие РНК-интерференции как нельзя лучше подходит под основные требования, предъявляемые к претендентам на Нобелевскую премию. Этот механизм, безусловно, принадлежит к числу фундаментальных, и его открытие наверняка принесет человечеству большую пользу. Начать с того, что именно этот механизм используют растения, беспозвоночные и дрозофилы для борьбы с вирусами — как двухцепочечная, так и одноцепочечная РНК в жизни вирусов играет важную роль. Пока неясно, есть ли подобный механизм у позвоночных. (Но даже если нет — почему бы не сконструировать антивирусный препарат на его основе?) Кроме того, с помощью РНК-интерференции живые существа блокируют возможное вредное влияние мобильных элементов генома — транспозонов. Таким образом, этот механизм может рассматриваться как своего рода внутриклеточная иммунная система, которая защищает клетку от чужеродной генетической информации.

Уже и этого было бы достаточно для Нобелевского комитета. Но вот еще одно, возможно, главное: упомянутая выше регуляция активности собственных генов клетки. Короткие молекулы РНК, так называемые микроРНК, найдены у многих видов, в том числе у мышей и человека. На сегодня в клетках млекопитающих найдено около 500 микроРНК, и показано, что они регулируют активность 30% всех генов. А это — грандиозные возможности для экспериментов, а в перспективе и для лечения генетических болезней.

Е. В. Клещенко

Премия за труд и постоянство

Противники научной рутины могут снисходительно отзываться о достижениях Роджера Корнберга, профессора Стэнфордского университета, отмеченных новой Нобелевской премией. Особенно если они не потрудились посмотреть список его публикаций. Ученый получил награду за исследование одного из типов РНК-полимеразы дрожжей. У бактерий этот фермент был открыт давно, 46 лет назад, когда нынешнему лауреату было 13 лет. Тогда же, в бурные 50–60-е годы, стали понятны общие принципы работы РНК-полимеразы и ее роль — участие в передаче наследственной информации от ДНК к белкам. Впоследствии выяснилось, что у организмов с настоящим ядром в клетках не один, как у бактерий, а три типа таких ферментов и устроены они намного сложнее. До недавнего времени оставалось неясным, из какого количества частей они состоят, какова их структура и как они выполняют свое назначение.

Этими вопросами и занимается Роджер Корнберг более двадцати лет. Его работа на первый взгляд полностью проходила в русле редукционизма: он выяснял подробности функционирования одной из деталей клеток, которые сами лишь маленькие частички наших тел. (О редукционизме см. статью Е.Д.Свердлова в этом номере журнала.) Однако такое мнение все же не совсем верно. Ученые под руководством нового лауреата не только тщательно описали строение фермента, но и построили модель, которая объясняет многие особенности его работы и помогает понять, как она связана с процессами более высокого уровня, а именно с образованием нужных в данный момент белков. Это уже больше чем редукционизм; это синтез, путь наверх — к описанию жизни клетки и целого организма.

Роджер Корнберг — представитель целой армии исследователей транскрипции, в ходе которой РНК синтезируется на ДНК-матрице. Он и сотрудники его лаборатории объединили в цельную картину то, что было открыто сотнями научных работников. Многие его коллеги, поиграв с РНК-полимеразой, бросили ее, но стэнфордский профессор остался ей верен. Он не забыл и первую свою тему — структуру хроматина, комплекса ДНК с белками. Именно от нее Корнберг пришел к изучению транскрипции. Ученый понял, что не все белки, взаимодействующие с ДНК, участвуют в образовании хромосом. Часть из них нужна для реализации наследственной информации. Обратив внимание на эти белки, он постепенно подобрался к РНК-полимеразе.

Премия дана не за блестящий эксперимент, увенчавший смелую гипотезу, а за многолетний, постоянный, хорошо организованный и оснащенный труд. Это торжество техники и аккуратности, мастерства и упорства. Примерно за двадцать лет работы ученые определили субъединицы, входящие в состав РНК-полимеразы II, и другие белки, влияющие на ее функционирование, гены этих белков, расположение 30 тысяч атомов и многочисленных извивов пептидных цепей фермента, нашли активные центры и способы регуляции всего процесса транскрипции. Вряд ли этот труд был скучен. Думается, исследователей подогревал драгоценный интерес к тому, как

Foto Stanford News



Роджер Корнберг со своим отцом Артуром — Нобелевским лауреатом 1959 года

работает сложная система разнообразных белков — целый мир, в центре которого находится РНК-полимераза II.

Проблема, к изучению которой пришел Роджер Корнберг, появилась почти пятьдесят лет назад. В 1959 году Вейсс и Гладстон открыли РНК-полимеразную активность в ядре клеток крысиной печени, а в 1960 году Вейсс, Гурвиц и Стивенс открыли РНК-полимеразу бактерий. Тогда же Жакоб и Моно, а также Крик и Бреннер предположили, что существует молекула-посредник между ДНК и белком, и создали концепцию мРНК. Она гласит, что на ДНК-матрице образуются отрезки РНК, в которых последовательность нуклеотидов определяется генами. Затем они соединяются с рибосомами и диктуют порядок, в соответствии с которым аминокислоты связываются в пептидную цепь и превращаются в действующий белок. РНК-полимераза играет в этом одну из главных ролей: она синтезирует РНК на ДНК-матрице.

Как можно образно представить себе работу этого фермента? Это очень крупное по молекулярному масштабам тело. Оно пропускает сквозь себя ДНК — жгут из двух переплетенных нитей бус с бусинками четырех видов. Фермент расплетает эти нити на небольшом участке, ловит свободные бусины и делает третью нитку, узор на которой, то есть порядок чередования бусин, задается узором на одной из расплетаемых нитей. При этом он периодически меняет форму и выпускает наружу длинную нитку сделанной им РНК.

РНК-полимеразу бактерии *E. coli* неплохо изучили за двадцать лет, последовавших за ее открытием. Однако аналогичные ферменты ядерных организмов, эукариот, оказались, как и следовало ожидать, намного сложнее. К тому же выяснилось, что их три: первый синтезирует РНК, входящую в состав рибосом, второй — информационные РНК для синтеза белков, третий — транспортные РНК, доставляющие аминокислоты к местам сборки белков. Их изучение продолжается, но есть впечатление, что Роджер Корнберг и другие исследователи уже узнали главное про РНК-полимеразу II дрожжей.

А вопросов было немало. Как фермент узнает, где начинать синтез РНК? Какие функции выполняют разные части фермента? Сколько в нем субъединиц и как они связываются друг с другом? Какие еще белки участвуют в этом процессе? Как ДНК и фермент перемещаются относительно друг друга? Как нужные нуклеотиды попадают в место сборки? Как эта система реагирует на сигналы от других, расположенных вне гена участков ДНК?

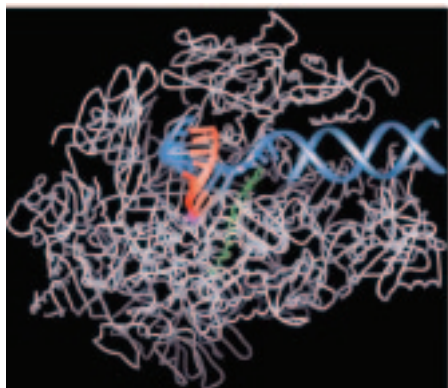
Судя по списку публикаций, стэнфордский профессор не планировал свою деятельность в соответствии с этим списком вопросов. Как уже отмечалось, он изучал белки, взаимодействующие с ДНК. Среди них явно были и те, которые как-то участвовали в транскрипции. О том, как происходит этот процесс у бактерий, представление было.

Сначала один белок, сигма-фактор, находит место с определенной последовательностью нуклеотидов — промотор.



Затем к нему присоединяется РНК-полимераза и начинает синтез РНК. Однако у эукариот сигма-фактора не нашли. И еще одно важное отличие между ядерными и доядерными организмами: в ДНК эукариот есть множество участков, которые влияют на транскрипцию, например на интенсивность синтеза определенных мРНК. Ясно было, что какие-то специальные белки связываются с этими участками и передают сигнал от них РНК-полимеразе. Эти взаимодействия определяют, какие вообще белки будут образовываться в клетке и сколько их получится.

Для того чтобы разобраться в этих взаимодействиях, Корнберг разработал новую лабораторную модель транскрипции, включавшую в себя все необходимые компоненты дрожжей. Оказалось, что для работы РНК-полимеразы II нужны целых пять белковых комплексов, которые назвали основными факторами транскрипции (некоторые из них уже были известны). Система с ними работает, но



РНК-полимераза II

не реагирует на регуляторные, сигнальные белки. Корнбергу удалось открыть, что для такой регуляции нужен еще один молекулярный комплекс, передающий сигналы и таким образом включающий или выключающий транскрипцию. Этот комплекс из примерно 20 белков назвали медиатором. Его функция у всех эукариот — передавать сигналы от связывающихся с ДНК специальных белков к РНК-полимеразе и основным факторам транскрипции. Медиатор служит ключом к пониманию того, почему в клетках разных тканей образуются разные белки.

Найти белки, участвующие в транскрипции, было непросто. Для этого клеточные экстракты разделяли на фракции, добавляли их по очереди к модельной РНК-синтезирующей системе и смотрели, сказывается ли это на ее работе. Если без одной из фракций реакция не идет или идет медленно, а с ней идет, и быстро, значит, в ней и содержится искомым белком.

Кроме того, эта система помогла получить РНК-полимеразу и факторы транскрипции в количествах, достаточных для проведения рентгеноструктурного анализа. Этот метод до сих пор остается мощным орудием молекулярных биологов, он помог раскрыть трехмерную структуру десятков тысяч белков. У него есть недостаток: он дает снимок «мертвого», превращенного в кристалл фермента и неспо-

собен показать «фильм» о его работе. И все же понимание структуры, как это часто бывает в биологии, помогает понять функцию.

Чтобы упростить проведение рентгеноструктурного анализа, в лаборатории Корнберга научились делать плоские, двумерные кристаллы белков. Для этого пришлось проявить немалую изобретательность. Первую модель РНК-полимеразы II, показывающую расположение всех ее субъединиц, атомов и цепей, опубликовали в 2000 году. Потом пошли дальше, к динамике. РНК-полимеразе давали смесь без одного из нуклеотидов. Как только фермент доходил до места, где отсутствующий нуклеотид должен был встроиться в цепь, он останавливался. Комплекс кристаллизовали и направляли на анализ. На основе этих данных построили компьютерную модель, которую Корнберг опубликовал в 2001 году (см. рис. на этой странице и в анонсах).

Пептидные цепи РНК-полимеразы (белые) напоминают моток веревки, а ДНК (синяя) — двойную пружину, идущую от центра вправо. Фермент держит ее (или держится за нее), расплетает и начинает синтез РНК (красная). На небольшом участке она связана с комплементарной ей цепью ДНК. В крошечную полость по одному попадают рибонуклеотиды, которые в данный момент должны быть присоединены, а другие нуклеотиды проникнуть туда не могут. Как только к цепи РНК присоединяется новый нуклеотид, структура, похожая на пружину (зеленая), сдвигает ДНК дальше. Энергию приносят рибонуклеотиды, к которым присоединены три фосфатные группы. В нужный момент пиррофосфатные (P-P) группы отсоединяются, а энергия затрачивается на изменение формы белка и перемещение всех компонентов системы.

Что дает нам знание трехмерной структуры и механизма работы РНК-полимеразы? Во-первых, поможет воздействовать на нее, если нам это будет надо. Но самое главное, по-видимому, то, что это шаг к пониманию работы целостной клетки. И при дифференцировке клетки, то есть при ее превращении в специализированную, и при ее реакции на внешние сигналы в ней вырабатываются, перемещаются, присоединяются или отсоединяются особые белки, перенося таким образом информацию. Разобраться в том, как это происходит, невысказимо без распутывания сложной сети взаимодействий, существующих между десятками регуляторных белков.

Напоследок хочется заметить вот что. У нас иногда ругают грантовую систему за то, что она вроде бы вынуждает ученых работать только «под фонарем», быть конъюнктурщиками, держать нос по ветру и вовремя переключаться на очередную модную тему. Многие исследователи именно так и поступают. Однако пример Корнберга показывает, что сама по себе система грантов не мешает годами изучать один и тот же объект, подходить к нему с разных сторон и проникать в его природу все глубже и глубже, чтобы однажды получить целостную картину его жизни.

М. Б. Литвинов

Календарь материаловеда



Редакция американского журнала «Journal of Minerals, Metals and Materials Society» (кстати, это один из лучших междисциплинарных научных журналов по материаловедению) решила отпраздновать пятидесятилетний юбилей Minerals, Metals and Materials Society интересной акцией. При помощи читателей, а также уважаемых членов общества был подготовлен список из ста наиболее важных событий и людей, которые оказали значительное влияние на развитие науки о конструкционных и специальных материалах. Этот список опубликован в октябрьском номере журнала и вывешен в Интернете по адресу www.materialmoments.org. Предполагается, что до 5 января 2007 года каждый желающий может проголосовать за те события, которые представляются ему самыми важными. Десять событий, получивших больше всего голосов, затем рассмотрит совет, состоящий из бывших и нынешнего президентов общества и выберет то единственное, которое сообщество материаловедов считает самым главным в истории своей науки. Что это за событие — все узнают 26 февраля 2007 года во время годового собрания общества.

С любезного разрешения организаторов «Химия и жизнь», которой проблемы материаловедения отнюдь не чужды, решила присоединиться к этой акции. Мы перевели список ста событий на русский язык и публикуем его в этом номере с учетом некоторых выявленных ошибок и небольшого сокращения.



28 тыс. лет до н. э.

Древнейшая обожженная керамика — фигурки животных и людей, а также шарики и пластины. Найдена при раскопках Павловских холмов в Моравии. Начало обработки материалов.

8 тыс. лет до н. э.

Начало металлургии — люди неолита стали ковать украшения из самородной меди. Каменные инструменты сменились более надежными, медными.

5 тыс. лет до н. э.

Люди, обитавшие в Малой Азии, обнаружили, что жидкая медь получается при обжиге малахита и лазурита и из нее можно отливать различные фигуры. Начало металлургии и открытие недр Земли как кладовой минералов.

3,5 тыс. лет до н. э.

Египтяне впервые выплавили железо (видимо, в качестве побочного продукта рафинирования меди) и стали использовать его для изготовления украшений. Раскрыт первый секрет получения главного металла цивилизации.

3 тыс. лет до н. э.



Металлурги Ближнего Востока и Малой Азии обнаружили, что добавка оловянной руды к медной руде позволяет получать значительно более прочный материал, чем чистая медь или олово, — бронзу. Появилась концепция сплавления, идея о том, что смесь двух и более металлов дает вещество, свойства которого превосходят свойства каждого из компонентов.

2,2 тыс. лет до н. э.

Жители Северо-Западного Ирана изготовили первое стекло. Появился второй (после керамики) основной неметаллический материал цивилизации.

1,5 тыс. лет до н. э.

Китайские гончары сделали первый фарфор из каолиновой глины. Положено начало многовековой традиции изготовления художественных шедевров из этого вида керамики.

1,5 тыс. лет до н. э.

Ближневосточные металлурги разработали технологию литья по выплавляемым восковым моделям. Начало массового изготовления предметов сложной формы из металла.

300 лет до н. э.

Металлурги Южной Индии придумали способ плавнения стали в вагранках — врытых в землю керамических сосудах. Получена та самая сталь, которую спустя столетия назовут «дамасской» и секрет получения которой останется загадкой для многих поколений кузнецов и металлургов (пока его не раскроет Аносов, добавим мы).



200 лет до н. э.

Китайские металлурги освоили литье из стали. Положено начало многовековой традиции получения металлических изделий в Китае.

100 лет до н. э.

Обитатели Ближнего Востока, скорее всего финикийцы, освоили стеклодувное дело. Появилась возможность быстро делать большие, прозрачные и не протекающие сосуды.

400 год н. э.

Индийские металлурги воздвигли недалеко от Дели железный столб высотой в семь метров. Столб, выдержавший без последствий полуторатысячелетние коррозионные испытания в весьма агрессивной атмосфере этого влажного региона, служит ярким примером торжества материаловедения и остается археологической загадкой.



1450

Иоганн Гутенберг создал сплав системы свинец—олово—сурьма, из которого можно было отливать в медных формах наборные шрифты для типографии. Создана технологическая основа средств массовой информации.

1451

Йохансон Функен разработал метод отделения серебра от свинца и меди, руды которых, как правило,



перемешаны. Установлено, что операции добычи и переработки металлов позволяют получать нужный металл в качестве побочного продукта.

1540 Ванноччо Бирингуччо публикует трактат «De la pirotechnia». Первое руководство по ковке.

1556 Георг Агрикола публикует трактат «De re metallica». Систематическое и прекрасно иллюстрированное руководство по горному делу и металлургии, какими они были в XVI веке.



1593 Галилео Галилей публикует трактат «Della scienza mechanica», который он подготовил после того, как выступил консультантом по строительству судов. Руководство по сопротивлению материалов.

1688 Антон ван Левенгук разработал оптический микроскоп с 200-кратным увеличением. Начало изучения структур, невидимых человеческим глазом.

1709 Абрахам Дерби I открыл, что кокс может прекрасно заменить древесный уголь при получении чугуна. Существенно снизилась себестоимость железа, стало возможным его крупномасштабное производство, а Европа была спасена от полного исчезновения лесов.

1750 В Британии запатентован рыбий клей — первый из патентованных клеев в мире. Начало изготовления клеев, как из натуральных, так в последствии и из синтетических веществ.

1755 Джон Смитон создал бетон. Появление главного строительного материала современности.

1805 Луиджи Бруньятели придумал способ нанесения гальванических покрытий. Отсюда пошли промышленные методы изготовления покрытий как для производственных, так и декоративных целей.

1807 Сэр Хэмфри Дэви разработал процесс электролиза для выделения металлов из солей, в частности калия, кальция, стронция, бария и магния. Создана основа электрометаллургии и электрохимии.

1816 Август Тавю разработал амальгаму из ртути и серебряных монет для пломбирования зубов. Получен дешевый материал для заполнения дырок в зубах — первый пример металлического биоматериала.

1822 Августин Коши сделал доклад о своей теории напряжений и деформаций перед Французской академией наук. Сформулировано первое научное определение напряжения как нагрузки, приходящейся на единицу площади поперечного сечения материала.



1827 Фридрих Вёлер выделил металлический алюминий, нагревая его хлорид с калием. Получен в чистом виде самый распространенный металл, составляющий земную кору.

1827 Вильгельм Альберт применил стальной канат для подъема грузов из шахты. Замена пенькового каната более прочным материалом позволило существенно увеличить высоту подъема и привело к экспоненциальному росту размеров конструкций.

1844 Чарльз Гудьер придумал способ вулканизации резины. Стремительный прогресс во многих отраслях промышленности, от изготовления средств транспорта до электротехники.

1855 Жорж Адамар запатентовал искусственный шелк, сделанный из волокон внутреннего слоя коры шелковицы. Первое производство вискозы начало эру искусственных волокон, а в дальнейшем открыло новые области применения текстиля.



1856 Генри Бессемер запатентовал конвертерный кислородный процесс производства низкоуглеродистой стали. Начало эры дешевого многотоннажного производства стали, быстрое развитие транспорта, строительства и общая индустриализация.

1863 Эмиль и Пьер Мартен разработали мартеновский процесс плавки стали. Начало крупномасштабного производства стали общего назначения из смеси лома и железной руды — благодаря этому сталь превратилась в материал, который можно перерабатывать так много раз, как никакой другой.

1863 Генри Клифтон Сорби впервые использовал световой микроскоп для изучения микроструктуры стали. Начало использования фотометодов в металлургии. (Первым микроскопом для изучения структуры стали применил П.П.Аносов в 1831 году, а Л.Ж.М.Дагер сообщил об открытии процесса дагеротипии в 1839 году. — *Примеч. ред.*)



1864 Д.И.Менделеев открыл Периодическую систему элементов. Создано бесценное руководство, без которого немыслима работа материаловеда.

1867 Альфред Нобель запатентовал динамит. Стала возможны крупномасштабные работы по добыче полезных ископаемых.

1876 Дж. Виллард Гиббс опубликовал первую часть работы «О равновесии гетерогенных систем». Заложена основа современной термодинамики и физической химии — главных рабочих инструментов материаловеда.

1878 Уильям Сименс запатентовал электродуговую плавильную печь. Создана основа производства стали в электропечах.

1880 Пьер Мане построил первый конвертер для выплавки меди. Начало современного этапа медеплавильного производства.

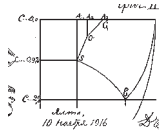
1886 Чарльз Мартин Холл и Пьер Херо одновременно и независимо открыли способ получения алюминия из его оксида с помощью электролиза. Алюминий превратился из драгоценной экзотики в конструкционный металл, который можно получать в промышленных масштабах.

1890 Адольф Мартенс исследовал микроструктуру твердой закаленной стали и обнаружил, что она отличается от структуры менее твердых сталей: зерна заполнены иголками и пластинками. Начало использования микроскопа для распознавания кристаллических структур и установления связи между структурой и свойствами.



1896 Пьер и Мария Кюри открыли радиоактивность. Начались исследования спонтанной радиации, а радиоактивные материалы стали применять в мирных и военных целях.

1898 Уильям Робертс-Остен построил диаграмму фазовых превращений для системы железо—углерод (на самом деле шесть точек критических точек этих фазовых превращений принадлежит К.В.Чернову, и сделал он это в 1868 году. — *Примеч. ред.*). Начались работы по тщательному исследованию этой важнейшей для металлургии фазовой диаграммы, а также была создана основа для разработки аналогичных диаграмм других систем. По значимости это сравнимо с обретением письменности, поскольку фазовые диаграммы для металловеда — все равно что буквы.



1900 Йохан Август Бринелль придумал, как измерять твердость металлов по размеру отпечатка индентора (стального шарика или алмазной пирамидки) на поверхности образца. Появился надежный и до сих пор используемый метод определения твердости практически любого металла.

1901 Чарльз Винсент Поттер разработал процесс флотации для отделения сульфидных минералов от пустой породы. Стало возможным крупномасштабное выделение металлов из все более бедных руд.

1904 Леон Жиллет разработал состав первой нержавеющей стали. Начало использования стали в условиях высокой коррозии.

1906 Альфред Вильм обнаружил, что алюминиевые сплавы упрочняются за счет выделения мелких частиц. Появился первый высокопрочный алюминиевый сплав — дюралюминий.

1909 Лео Бейкланд синтезировал твердый термопластичный полимер — бакелит, он же фенолформальдегидная смола. Начало эры пластика и появление промышленности пластмасс.



1909 Уильям Д. Куллидж, методом порошковой металлургии, получил упругую вольфрамовую проволоку, пригодную для использования в качестве источника света для лампы накаливания. Начало быстрого распространения электрических лампочек и создание порошковой металлургии.

1911 Каммерлинг Оннес во время исследования металлов при сверхнизких температурах открыл сверхпроводимость. Первый шаг к современным успехам в области низко- и высокотемпературной сверхпроводимости и созданию изделий на их основе.

1912 Макс фон Лауэ открыл дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах. Спустя год независимо друг от друга Ю.В.Вульф и Уильям Генри Брэгг со своим сыном Уильямом Лоренсом вывели основную формулу рентгеноструктурного анализа, так называемое правило Вульфа—Брэггов. Начало рентгеноструктурных исследований кристаллических материалов.

1912 Альберт Совье опубликовал книгу «Металлография и термическая обработка чугуна и стали». Была введена парадигма «процесс—структура—свойства», которая по сей день остается главной парадигмой материаловедения.

1913 Нильс Бор опубликовал модель строения атома. Появилась теория, в соответствии с которой электроны обращаются на дискретных орбитах вокруг центрального ядра, а химические свойства элементов определяются количеством электронов на внешних орбитах.

1918 Ян Чохральский создал метод выращивания больших монокристаллов металлов. Сегодня именно этим методом выращивают монокристаллы кремния для полупроводниковой промышленности.

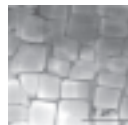


1920 Герман Стаудингер предположил, что полимеры есть не что иное, как длинные цепочки однотипных звеньев, связанных между собой ковалентными связями. Появилась химия полимеров.

1925 Вернер Гейзенберг создал матричную механику, а Эрвин Шредингер — волновую и ввел нерелятивистское уравнение Шредингера для атомов. Создана основа квантовой механики.

1926 Уайльдо Лонсбури Ээмон создал поливинилхлорид. Появление самого распространенного пластикового конструкционного материала.

1926 Пауль Мерика запатентовал добавку малого количества алюминия в сплав на основе никеля—хрома и получил первый жаропрочный сверхсплав. Стало возможным создание двигателей для реактивных самолетов, ракет и мощных турбин тепловых электростанций.



1927 Клинтон Дэвиссон и Лестер Гермер экспериментально подтвердили волновую природу электрона. Эта работа лежит в основе современной твердотельной электроники.

1927 Арнольд Зоммерфельд применил квантовую механику к теории металлов Друде и создал теорию свободных электронов в металлах. Означает появление простой, но близкой к реальности модели поведения электронов в кристаллической решетке, которая послужила основой развития всей последующей физики твердого тела.

1928 Фриц Пфлюмер запатентовал магнитную ленту. Создана технология, которая привела к появлению различных устройств хранения данных от магнитофонных лент до жестких дисков.

1932 Арне Оландер открыл эффект памяти формы у сплава золота с кадмием. Привело к разработке многочисленных материалов с памятью формы и их применению в медицине и многих отраслях техники.



1933 Макс Кноль и Эрнст Руска построили первый просвечивающий электронный микроскоп. Сделан еще один шаг внутрь структуры металла.

1934 Эгон Орован, Михаель Поляни и Г.И.Тейлор в трех независимых статьях предложили объяснить пластичность металлов зарождением и движением дислокаций. Создание основы механики твердого тела.

1935 Уоллес Хьюм Каротерс, Юлиан Хилл и группа других исследователей запатентовали нейлон. Это изобретение значительно сократило потребность в шелке и обеспечило стремительное развитие промышленности полимеров.

1937 Норман де Брюин разработал композитный материал Гордон—Аэролит, состоящий из высокопрочных волокон в матрице из фенольной смолы. Положено начало изготовлению фибергласов.

1937 Андре Гинье и Г.Д.Престон независимо обнаружили полосы диффузии в стареющих сплавах системы алюминий—медь. Привело к лучшему пониманию механизма упрочнения сплавов за счет выделяющихся в них мелких частиц.

1939 Отто Ган и Фриц Штрассман обнаружили расщепление ядра урана при его облучении нейтронами. Послужило основой для создания ядерной энергетики и ядерного оружия.

1939 Руссель Ол, Джордж Саутворт, Джек Скафф и Генри Тьюерер обнаружили в кремнии области с электронной и дырочной проводимостью. Без этого вряд ли через восемь лет был бы создан первый транзистор.

1940 Вильгельм Кноль разработал экономически выгодный процесс получения титана. Появилась возможность массового производства высокочистого титана и изделий из него: от фюзеляжей самолетов до корпусов коррозионно-стойких реакторов.



1942 Фрэнк Спеддинг разработал эффективный процесс получения высокочистого урана из его галогенидов. Обеспечило успешную разработку атомной бомбы.



- 1948 Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли создали транзистор. Появился главный элемент всей микроэлектроники.
- 1951 Билл Пфан придумал метод очистки металлов зонной переплавкой. Появление технологии, которую сейчас используют для получения сверхчистых материалов, например полупроводников.
- 1952 Ник Холоньяк-младший разработал первый светодиод, излучающий почти в видимом диапазоне спектра. Начало использования сплавов из элементов III и V групп таблицы Менделеева в полупроводниковых устройствах, включая гетероструктуры с гетеропереходами и квантовыми стенками.
- 1953 Группа шведских ученых получила первые искусственные алмазы. Зарождение алмазной промышленности, без которой невозможна высокоточная обработка деталей.
- 1954 Джеральд Пирсон, Дерил Чапин и Кальвин Фулер разработали солнечную батарею — первое устройство, способное превращать солнечный свет в электричество. Появление солнечной энергетики, а также технологии изготовления фотодетекторов.
- 1956 Питер Хирш с коллегами с помощью электронного микроскопа подтвердил существование дислокаций в металлах. Была подтверждена не только дислокационная теория, но и продемонстрирована мощь электронных микроскопов.
- 1958 Джек Килби собрал емкости, сопротивления, диоды и транзисторы на одной германиевой подложке, получив микросхему. Создание основы всех нынешних быстродействующих компьютеров и средств связи.
- 1958 Франк Вер-Шнайдер разработал метод направленной кристаллизации турбинных лопаток, состоящих из огромных столбчатых кристаллов. Это революционное решение позволило существенно повысить температуру работы реактивных двигателей, что обеспечивает авиакомпаниям немалую экономию топлива.
- 1959 Пол Дувец, используя быстрое охлаждение, получил сплав золото–кремний в аморфном состоянии. Создание первого металлического стекла — перспективного класса новых материалов.
- 1959 Ричард Фейнман выступил на собрании Американского физического общества со знаменитым докладом «Внизу есть немало свободного места». Введена концепция нанотехнологии.
- 1959 Артур Роберт фон Хиппель опубликовал книгу «Молекулярная наука и молекулярная инженерия». Создана научная дисциплина, предметом которой служит разработка новых материалов на основе знания о поведении отдельных молекул.
- 1964 Стефания Кволек создала высокопрочный, легкий пластик кевлар. Кевларовые волокна — неременный компонент современных композитов, из которых делают огромное количество вещей — от шин до бронжилетов.
- 1965 Компания «Кембридж инструментс» разработала первый растровый микроскоп. Появился очень совершенный метод исследования поверхностей, способности которого многократно превосходят возможности светового микроскопа.
- 1966 Карл Стрнат с коллегами обнаружил магнитокристаллическую анизотропию в соединениях кобальта с редкоземельными металлами. Создание чрезвы-



- чайно мощных постоянных магнитов на основе систем самарий–кобальт, а позднее — неодим–железо–бор и их применение в различных устройствах.
- 1970 Джеймс Фергасон, используя полевой эффект перекрученных нематиков, создал первый работающий жидкокристаллический дисплей. Результат полностью преобразил множество изделий, начиная от компьютерных дисплеев и телевизоров и заканчивая медицинскими приборами.
- 1970 Боб Маурер, Петер Шульц и Дональд Кек создали оптическое волокно, через которое свет проходит с малыми потерями. Революция в телекоммуникациях.
- 1977 Хидеки Сиракава, Алан Мак-Диармид и Алан Хегер обнаружили электропроводящие полимеры. Создание плоских дисплеев на органических светодиодах, эффективных солнечных батарей и оптических фотоумножителей.
- 1981 Генрих Рорер и Герд Карл Биннинг создали туннельный сканирующий микроскоп. Появилась возможность рассматривать структуру поверхности с атомной точностью.
- 1985 Роберт Кёрл-младший, Ричард Смалли и Гарольд Уолтер Крото обнаружили, что атомы углерода иногда собираются в сферы из 60 атомов, получившие название «бакиболы», или «фуллерены». Возникло мнение, что углерод способен образовывать бесчисленное множество структур.
- 1986 Йоханн Беднорц и Карл Мюллер создали высокотемпературную сверхпроводящую керамику на основе системы иттрий–барий–медь–кислород. Открылась возможность широкомасштабного применения сверхпроводящих материалов.
- 1989 Дон Эйглер с помощью туннельного микроскопа написал слово «IBM» ксеноновыми атомами. Продемонстрирована возможность манипулирования отдельными атомами и создания наноструктур.
- 1991 Сумио Иизима обнаружил углеродные нанотрубки. Появился очередной перспективный материал, поскольку нанотрубки в сто раз прочнее стали, а весят в шесть раз меньше. К тому же они обладают необычными тепловыми и электрическими свойствами.
- 1991 Эли Яблоневич сделал фотонный кристалл, который способен остановить свет определенной длины волны. Это устройство представляет собой обычный кристалл, в котором просверлена система дырок. Они-то и заключают свет в ловушку. Создана основа для получения фотонных транзисторов.

Подготовил
С.М. Комаров



РЕЦЕПТОР ДЛЯ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

Австрийские ученые сделали гибкий датчик, который измеряет давление.

Siegfried Bauer,
sbauer@jku.at

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Если мы захотим сделать искусственную кожу для руки робота-андроида, то ее главным элементом будет гибкий датчик, способный превращать информацию о давлении в электрический сигнал. Его-то и создали ученые из Института экспериментальной физики в Линце (Австрия). Основой для датчика послужил электрически заряженный пенопропилен: под давлением противоположно заряженные стенки пузырьков, составляющих пену, сближаются, что и порождает электрический сигнал.

В эту пену погружен тонкопленочный диод — устройство, с которым знаком почти каждый: из этих диодов построены жидкокристаллические экраны. Электрический сигнал, возникший в пене при сдавливании, закрывает диод, а когда пена распрямится — тот снова открывается. «В том, что диод закрывается временно, — большое преимущество этой конструкции, — говорит руководитель работы доктор Зигфрид Бауэр. — Обычно транзистор выключается навсегда, а это не годится для датчика давления».

Датчик чувствует давление в интервале шести порядков: от нескольких паскалей до мегапаскаля. Первое значение соответствует негромкому звуку, а второе — сильному удару. Авторы работы надеются, что их детище подойдет не только для искусственной кожи, но и найдет свое место в чувствительных микрофонах и не менее чувствительной одежде, которая, видимо, нужна портным.



БУМАЖНЫЙ КОМПСТ ЗАЩИЩАЕТ РАСТЕНИЕ

Британский ученый придумал простой способ защитить растения от многих болезней.

Ralph Noble,
ralph.noble@
warwick.ac.uk

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

«Огородники сажают растения в грунт из торфа. Оно и понятно, это хороший, чистый материал. Однако чистота как раз и становится причиной заболеваний: в торфе нет микроорганизмов, которые борются с вредоносными микробами», — говорит профессор Уорвикского университета Ральф Нобл. Для решения проблемы он предлагает делать смешанный грунт, на треть из компоста. А откуда его взять? Очевидно, что добавка должна быть дешевле торфа. Значит, источником могут послужить только отходы. Самый главный отход, который есть под рукой у каждого огородника, — перегнившие стебли растений, но для промышленной технологии этот источник не годится. Гораздо перспективней, по мнению профессора Нобла, отходы переработки бумаги. Оказывается, при размоле макулатуры получаются длинные и короткие волокна целлюлозы. Первые отправляют на изготовление новой бумаги, а вторые приходится выбрасывать. И их очень много: полмиллиона тонн в год только в одной Англии.

Эксперименты показали, что добавка в торф как растительного, так и бумажного компоста снижает заболеваемость растений на 30–60%. Рекорд же поставили томаты: фитофтора поражала их на 72% реже.

УГЛЕРОДНАЯ ГУБКА ИЗ АЭРОЗОЛЯ

Ученые из США придумали простой способ получать сильно пористый углерод.

Kenneth S. Suslick,
ksuslick@uiuc.edu

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Ученые из группы Кеннета Суслика, которые трудятся в Иллинойском университете, последовательно разрабатывают открытую ими золотую жилу — использование домашнего увлажнителя воздуха для всяческих несвойственных ему целей (см. «Химию и жизнь», 2004, № 7; 2005, № 10). За несколько лет они прошли путь от получения с помощью этого нехитрого прибора наночастиц до изготовления пены сульфида молибдена — отличного катализатора удаления серы из топлива. Новым объектом исследования оказался углерод.

Обычно хороший высокопористый углерод делают, смешивая углеродный предшественник с наночастицами оксида кремния. Потом смесь спекают, а наночастицы вымывают плавиковой кислотой. Суслик же со своей аспиранткой Сарой Скрабаллак предлагает значительно менее вредный способ. Они делают раствор из предшественника, воды и соли, затем превращают его в аэрозоль. Капельки летят в печь, вода из них испаряется, и остается нанокompозит из соли и углерода. После того как соль вымоют водой, получается пористый углерод. Размер его пор можно менять от микронов до нанометров. «Нашей работой заинтересовались корейские ученые, которые хотят из такого углерода делать электроды топливных элементов», — говорит Сара Скрабаллак.

УЛЬРАЗВУКОМ ПО ПОЗВОНОЧНИКУ

Шведские ученые придумали, как лечить травму позвоночника ультразвуком.

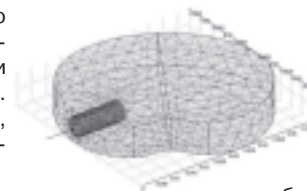
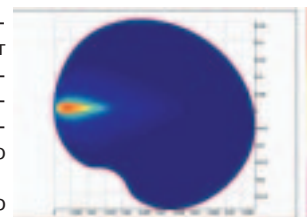
Bjorn Stromqvist,
Bjorn.Stromqvist@
med.lu.se

В зару бе ж н ы х ла бо ра то р и я х

Смещенный позвоночный диск — это многолетняя боль в спине. Ее причина в защемлении нерва, которое может пройти само собой, а может и не пройти. В последнем случае приходится делать операцию. Йохан Перссон, аспирант из Лундского университета (Швеция), предложил чрезвычайно простую методику такой операции. В отличие от обычной, она требует лишь местного обезболивания и длится около шести минут. А вместо скальпеля в руках врача будет излучатель ультразвука.

Как показали сначала расчеты, а потом и прямые измерения с помощью томографа, диск между позвонками неплохо поглощает ультразвук: от 30% до 70% его мощности переходит в тепло. Когда хрящ диска нагреется до 65 градусов, коллагеновые волокна сожмутся, он перестанет столь сильно выпирать и давить на нервы. Правда, эта методика работает лишь при небольших смещениях дисков — покрытых неперфорированных грыжах. Сейчас разработанная шведами методика проходит испытания в Швеции, Германии, Южной Корее, Италии и Турции. Их предварительные результаты таковы: облегчение почувствовали две трети пациентов.

«В случае успеха мы попытаемся применить ультразвук для лечения более распространенного заболевания — старческой дегенерации дисков», — говорит научный руководитель аспиранта профессор Бьорн Стромквист.



**ПРОЕКТОР
В КУЛАКЕ**

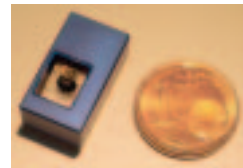
Немецкие инженеры почти собрали проектор размером с кусочек сахара.

Andreas Brauer,
andreas.brauer@
iof.fraunhofer.de

Нынешние проекторы, которые позволяют докладчику показать на большом экране не файлы с графиками и картинками, обладают двумя недостатками: большой размер и немалая цена. Причина в том, что сердце проектора — массив из миллионов микрозеркал, которые и формируют изображение с помощью мощной лампы.

Ученые из Фраунгоферовского института прикладной оптики и точной механики (ФРГ) доказали, что оба недостатка преодолимы, сконструировав проектор, размер которого немного больше, чем у монетке в один евро.

В этом минипроекторе не миллион зеркал, а одно-единственное, зато способное вращаться в двух плоскостях. Источником же света служат полупроводниковые микролазеры вроде тех, что применяют в указках. Вот эти-то лазеры и не позволяют сделать проектор совсем маленьким. Дело в том, что если синий и красный лазеры уже «уменьшились» до нужного размера, то с зеленым такое превращение пока что не удается проделать, несмотря на многолетние усилия ученых всего мира. А когда удача им наконец улыбнется, тогда и появятся невиданные ныне устройства вроде сотового телефона, способного принимать телепрограмму и самостоятельно высвечивать изображение на большой экран. Ну а докладчик будет избавлен от проблем стыковки с оборудованием принимающей стороны: его собственный ноутбук все и покажет. В лучшем виде.



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

**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ
В НАНОМИРЕ**

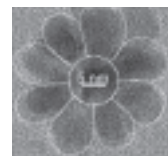
Ученые из США вырастили трехмерные нанокристаллы.

Xiaogang Peng,
xpeng@uark.edu

До недавнего времени монокристаллы всевозможных оксидов нанометрового размера получали в виде одномерных иголок или двумерных пленок. Чтобы их вырастить, в раствор добавляют органические молекулы-лиганды: они стабилизируют мельчайшие кристаллики. Именно этим методом пользовались ученые из Арканзасского университета во главе с профессором Пен Джаояном.

Однажды они добавили в раствор оксида индия слишком мало органики и заметили какое-то странное образование, похожее на грязь. Рассматривая их внимательно в электронный микроскоп, ученые обнаружили, что на самом деле это никакая не грязь, а прекрасные трехмерные монокристаллы оксида, собранные в своеобразные, похожие на ромашку цветы нанометрового размера. Видимо, недостаток стабилизатора дал возможность зародышам расти, и получились трехмерные кристаллы, в которых отсутствуют дефекты. Попытки удалось повторить с оксидами цинка, магния, кобальта и с селенидом цинка.

«Фактически мы открыли методику получения трехмерных бездефектных монокристаллов чрезвычайно малого размера. Они послужат совершенно новыми строительными блоками в руках нанотехнологов», — говорит профессор Пен.



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

**МАСЛИНОВЫЙ
ПРИКОРМ
ДЛЯ РАДУЖНОЙ
ФОРЕЛИ**

Испанские биохимики предлагают добавлять в корм форели масляную кислоту.

Jose Antonio
Lupianez Cara,
jlcara@ugr.es

В стране, которая славится своим оливковым маслом, неизбежен вопрос: как утилизировать отходы его производства? Видимо, в поиске ответа ученые из Гренадского университета набрали на мысль, что одно из веществ, которые можно извлечь из этих отходов, стоит попробовать в рыбоводстве. Речь идет о масляной кислоте — производном пентатерпена, который ингибирует сериновую протеазу. Вещества с таким действием составляют основу противовирусных препаратов. В частности, масляная кислота продемонстрировала свою способность препятствовать размножению вируса СПИДа, а также развитию некоторых видов рака.

Видимо, противовирусные свойства масляной кислоты и подсказали авторам исследования во главе с профессором Хосе Антонио Лупианьесом добавить ее в корм радужных форелей. И они не прогадали. Трехлетние эксперименты, в которых участвовало почти четыре тысячи рыб, показали, что небольшая, 50—250 мг на килограмм корма, добавка практически сократила до нуля смертность рыб, которая обычно составляет 5—10% от поголовья. Сами же форели выросли более крупными, их плавники были лучше развиты, а клетки тела оказались более структурированными. Сейчас испанские ученые заняты получением международного патента на свой способ откармливания рыб.

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

**БУТЫЛКА
СТАНЕТ УГЛЕМ**

Химики из Испании предлагают пережигать пластиковые бутылки в активированный уголь.

Francisco Javier
Lopez Garzon,
flopez@ugr.es

У каждого есть свой способ получать активированный уголь. Например, испанцы пережигают в него всевозможные отходы сельского хозяйства: все те же косточки оливок, а также скорлупу миндальных или кокосовых орехов. Однако, по мнению химиков, такой уголь неособенно хорош: он получается неоднородным и неселективным. Оно и понятно, при такой-то разнородности сырья... Однородное сырье — это специально синтезированные полимеры, но, как правило, они дорого обходятся.

Видимо, ученые из Гренадского университета во главе с профессором Франсиско Хавьером Лопесом Гарсоном были заняты обдумыванием этого вопиющего несовершенства окружающего мира, когда им на глаза попала пластмассовая бутылка для воды. К сожалению, несмотря на все усилия, никому так и не удалось наладить систему сбора и переработки этой тары, и миллионы тонн бутылок оказываются в лучшем случае на свалках Европы. А поскольку их все-таки можно перерабатывать, то, в соответствии с директивой Еврокомиссии, бутылки и на свалки попадать не должны. Так что очередной способ утилизации пластиковых бутылок решит сразу три задачи: выполнение директивы, уменьшение объема свалок и получение нового продукта.

Исходя из этих соображений, ученые собрали бутылки и подвергли их пиролизу, то есть нагреву до высокой температуры в отсутствие кислорода. При этом полимер разложился и получился равномерно пористый углерод, который прекрасно извлекал из окружающей среды молекулы различных размеров, от азота до испаренных органических соединений. Сейчас ученые стараются усовершенствовать процесс, чтобы превращать в уголь не менее 60% материала бутылки.



Темная материя

Невидимые действующие лица и их предполагаемые исполнители

В предыдущих статьях цикла мы рассмотрели устройство видимой Вселенной. Поговорили о ее структуре и частицах, которые формируют эту структуру. О нуклонах, играющих главную роль, поскольку именно из них состоит все видимое вещество. О фотонах, электронах, нейтрино, а также о второстепенных актерах, занятых во вселенском спектакле, что разворачивается 14 миллиардов лет, прошедших с момента Большого взрыва. Казалось бы, рассказывать больше не о чем. Но это не так. Дело в том, что видимое нами вещество – лишь малая часть того, из чего состоит наш мир. Все остальное – нечто, о чем мы почти ничего не знаем. Это загадочное «нечто» получило название темной материи.

Если бы тени предметов зависели не от величины сих последних, а имели бы свой произвольный рост, то, может быть, вскоре не осталось бы на всем земном шаре ни одного светлого места.

Козьма Прутков

Что будет с нашим миром?

После открытия в 1929 году Эдвардом Хабблом красного смещения в спектрах удаленных галактик стало ясно, что Вселенная расширяется. Одним из вопросов, возникших в этой связи, был следующий: как долго будет продолжаться расширение и чем оно закончится? Силы гравитационного притяжения, действующие

Продолжение. Начало см. в N 6—10, 2006



между отдельными частями Вселенной, стремятся затормозить разбегание этих частей. К чему торможение приведет — зависит от суммарной массы Вселенной. Если она достаточно велика, силы тяготения постепенно остановят расширение и оно сменится сжатием. В результате Вселенная в конце концов опять «схлопнется» в точку, из которой когда-то начала расширяться. Если же масса меньше некоторой критической массы, то расширение будет продолжаться вечно. Обычно принято говорить не о массе, а о плотности, которая связана с массой простым соотношением, известным из школьного курса: плотность есть масса, деленная на объем.

Расчетное значение критической средней плотности Вселенной примерно 10^{-29} граммов на кубический сантиметр, что соответствует в среднем пяти нуклонам на кубический метр. Следует подчеркнуть, что речь идет именно о средней плотности. Характерная концентрация нуклонов в воде, земле и в нас с вами составляет около 10^{30} на кубический метр. Однако в пустоте, разделяющей скопления галактик и занимающей львиную долю объема Вселенной, плотность на десятки порядков ниже. Значение концентрации нуклонов, усредненное по всему объему Вселенной, десятки и сотни раз измеряли, тщательно подсчитывая разными методами количества звезд и газопылевых облаков. Результаты таких измерений несколько различаются, но качественный вывод неизменен: значение плотности Вселенной едва дотягивает до нескольких процентов от критической.

Поэтому вплоть до 70-х годов XX столетия общепринятым был прогноз о вечном расширении нашего мира, которое неизбежно должно привести к так называемой тепловой смерти. Тепловая смерть — это такое состояние системы, когда вещество в ней распределено равномерно и разные ее части имеют одну и ту же температуру. Как следствие, невозможна ни передача энергии от одной части системы к другой, ни перераспределение вещества. В такой системе ничего не происходит и никогда уже не сможет произойти. Наглядной аналогией служит вода, разлитая

по какой-либо поверхности. Если поверхность неровная и есть хотя бы небольшие перепады высот, вода перемещается по ней с более высоких мест на более низкие и в конце концов собирается в низинах, образуя лужи. Движение прекращается. Осталось утешаться только тем, что тепловая смерть наступит через десятки и сотни миллиардов лет. Следовательно, еще очень долго об этой мрачной перспективе можно не задумываться.

Однако постепенно стало ясно, что истинная масса Вселенной намного больше видимой массы, заключенной в звездах и газопылевых облаках и, скорее всего, близка к критической. А возможно, в точности равна ей.

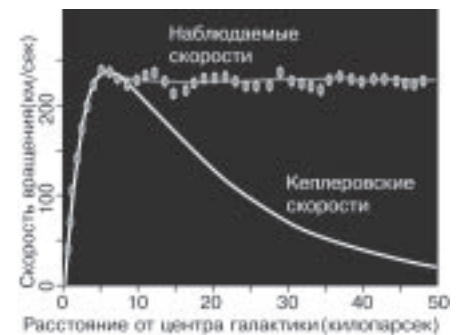
Свидетельства существования темной материи

Первое указание на то, что с подсчетом массы Вселенной что-то не так, появилось в середине 30-х годов XX века. Швейцарский астроном Фриц Цвикки измерил скорости, с которыми галактики скопления Волосы Вероники (а это одно из самых больших известных нам скоплений, оно включает в себя тысячи галактик) движутся вокруг общего центра. Результат получился обескураживающим: скорости галактик оказались гораздо больше, чем можно было ожидать, исходя из наблюдаемой суммарной массы скопления. Это означало, что истинная масса скопления Волосы Вероники гораздо больше видимой. Но основное количество материи, присутствующей в этой области Вселенной, остается по каким-то причинам невидимой и недоступной для прямых наблюдений, проявляя себя только гравитационно, то есть только как масса.

О наличии скрытой массы в скоплениях галактик свидетельствуют также эксперименты по так называемому гравитационному линзированию. Объяснение этого явления следует из теории относительности. В соответствии с ней, любая масса деформирует пространство и подобно линзе искажает прямолинейный ход лучей света. Искажение, которое вызывает скопление галактик,

столь велико, что его легко заметить. В частности, по искажению изображения галактики, которая лежит за скоплением, можно рассчитать распределение вещества в скоплении-линзе и измерить тем самым его полную массу. И оказывается, что она всегда во много раз больше, нежели вклад видимого вещества скопления.

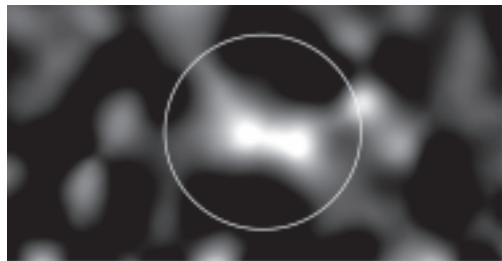
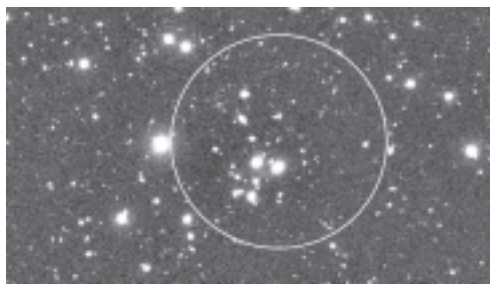
Через 40 лет после работ Цвикки, в 70-е годы, американский астроном Вера Рубин изучала скорости вращения вокруг галактического центра вещества, расположенного на периферии галактик. В соответствии с законами Кеплера (а они напрямую следуют из закона всемирного тяготения), при движении от центра галактики к ее периферии скорость вращения галактических объектов должна убывать обратно пропорционально квадратному корню из



Расчитанная и измеренная скорость вращения звезд в зависимости от расстояния до центра галактики

расстояния до центра. Измерения же показали, что для многих галактик эта скорость остается почти постоянной на весьма значительном удалении от центра. Эти результаты можно истолковать только одним способом: плотность вещества в таких галактиках не убывает при движении от центра, а остается почти неизменной. Поскольку плотность видимого вещества (содержащегося в звездах и межзвездном газе) быстро падает к периферии галактики, недостающую плотность должно обеспечивать нечто, чего мы по каким-то причинам увидеть не можем. Для количественного объяснения наблюдаемых зависимостей скорости вращения от расстояния до центра галактик требуется, чтобы этого невидимого «чего-то» было примерно в 10 раз больше, чем обычного видимого вещества. Это «нечто» получило название «темная материя» (по-английски «dark matter») и до сих пор остается самой интригующей загадкой в астрофизике.

Еще одно важное свидетельство присутствия темной материи в нашем мире приходит из расчетов, моделирующих процесс формирования галактик, который начался примерно через 300 тысяч



Скопление галактик (в левой нижней части участка, обведенного кружком) создает гравитационную линзу. Она искажает форму расположенных за линзой объектов — вытягивая их изображения в одном направлении. По величине и направлению вытягивания международная группа астрономов из Южной Европейской обсерватории, возглавляемая учеными из парижского Института астрофизики, построили распределение масс, которое и показано на нижнем изображении. Как видно, в скоплении сосредоточено гораздо больше массы, нежели удается разглядеть в телескоп



Охота на темные массивные объекты — дело небыстрое, и на фотографии результат выглядит не самым эффектным образом. В 1995 году телескоп «Хаббл» заметил, что одна из звездочек Большого Магелланова облака вспыхнула ярче. Это свечение продолжалось три с лишним месяца, но потом звезда вернулась к своему естественному состоянию. А шесть лет спустя рядом со звездой появился какой-то едва светящийся объект. Это и был холодный карлик, который, проходя на расстоянии 600 световых лет от звезды, создал гравитационную линзу, усиливающую свет. Расчеты показали, что масса этого карлика составляет всего 5—10% от массы Солнца

лет после начала Большого взрыва. Эти расчеты показывают, что силы гравитационного притяжения, которые действовали между разлетающимися осколками возникшей при взрыве материи, не могли скомпенсировать кинетической энергии разлета. Вещество просто не должно было собраться в галактики, которые мы тем не менее наблюдаем в современную эпоху. Эта проблема получила название галактического парадокса, и долгое время ее считали серьезным аргументом против теории Большого взрыва. Однако если предположить, что частицы обычного вещества в ранней Вселенной были перемешаны с частицами невидимой темной материи, то в расчетах все становится на свои места и концы начинают сходиться с концами — формирование галактик из звезд, а затем скоплений из галактик становится возможным. При этом, как показывают вычисления, сначала в галактики сгущивалось огромное количество частиц темной материи и только потом, за счет сил тяготения, на них собирались элементы обычного вещества, общая масса которого составляла лишь несколько процентов от полной массы Вселенной. Получается, что знакомый и, казалось бы, изученный до деталей видимый мир, который мы совсем недавно считали почти понятным — только небольшая добавка к чему-то, из чего в действительности состоит Вселенная. Планеты, звезды, галактики да и мы с вами — всего лишь ширма для громадного «нечто», о котором мы не имеем ни малейшего представления.

Наконец, общая теория относительности однозначно связывает темп расширения Вселенной со средней плотностью вещества, заключенного в ней. В предположении о том, что средняя кривизна пространства равна нулю, то есть в нем действует геометрия Эвклида, а не Лобачевского (что надежно проверено, например, в экспериментах с реликтовым излучением), эта плотность должна быть равна 10^{-29} граммам на кубический сантиметр. Плотность же видимого вещества примерно в 20 раз меньше. Недостающие 95% от массы Вселенной и есть темная материя. Обратите внимание, что измеренное из скорости расширения Вселенной значение плотности равно критическому. Два значения, независимо вычисленные совершенно разными способами, совпали! Если в действительности плотность Вселенной в точности равна критической, это не может быть случайным совпадением, а представляет собой следствие какого-то фундаментального свойства нашего мира, которое еще предстоит понять и осмыслить.

Что это?

Что же мы знаем сегодня о темной материи, составляющей 95% массы Вселенной? Почти ничего. Но что-то все же знаем. Прежде всего, нет никаких сомнений в том, что темная материя существует — об этом неопровержимо свидетельствуют факты, приведенные выше. А еще нам доподлинно известно, что темная материя существует в нескольких формах. После того как к началу XXI века в результате многолетних наблюдений в экспериментах SuperKamiokande (Япония) и SNO (Канада) было установлено, что у нейтрино масса есть, стало ясно, что от 0,3% до 3% из 95% скрытой массы заключается в давно знакомых нам нейтрино — пусть масса их чрезвычайно мала, но количество во Вселенной примерно в миллиард раз превышает количество нуклонов: в каждом кубическом сантиметре содержится в среднем 300 нейтрино. Оставшиеся 92—95% состоят из двух частей — темной материи и темной энергии. Незначительную долю темной материи составляет обычное барионное вещество, построенное из нуклонов, за остаток отвечают, по-видимому, какие-то неизвестные массивные слабо взаимодействующие частицы (так называемая холодная темная материя). Баланс энергий в современной Вселенной представлен в таблице, а расказ о ее трех последних графах — ниже.

Барионная темная материя

Небольшая (4—5%) часть темной материи — это обычное вещество, которое не испускает или почти не испускает собственного излучения и поэтому невидимо. Существование нескольких классов таких объектов можно считать экспериментально подтвержденным. Сложнейшие эксперименты, основанные все на том же гравитационном линзировании, привели к открытию так называемых массивных компактных галообъектов, то есть расположенных на периферии галактических дисков. Для этого потребовалось следить за миллионами удаленных галактик в течение нескольких лет. Когда темное массивное тело проходит между наблюдателем и далекой галактикой, ее яркость на короткое время уменьшается (или увеличивается, поскольку темное тело выступает в роли гравитационной линзы). В результате кропотливых поисков такие события были выявлены. Природа массивных компактных галообъектов ясна не до конца. Скорее всего, это либо остывшие звезды (коричневые карлики), либо планетоподобные объекты, не связанные со звездами и путешествующие по галактике сами по себе. Еще один представитель барионной темной

Обычное видимое вещество	5%
Нейтрино	0,3–3%
Барионная темная материя	4–5%
Небарионная темная материя	20–25%
Темная энергия	65–70%

материи — недавно обнаруженный в галактических скоплениях методами рентгеновской астрономии горячий газ, который не светится в видимом диапазоне.

Небарионная темная материя

В качестве главных кандидатов на небарионную темную материю выступают так называемые WIMP (сокращение от английского Weakly Interactive Massive Particles – слабо взаимодействующие массивные частицы). Особенность WIMP состоит в том, что они почти никак не проявляют себя во взаимодействии с обычным веществом. Именно поэтому они и есть самая настоящая невидимая темная материя, и именно поэтому их чрезвычайно сложно обнаружить. Масса WIMP должна быть как минимум в десятки раз больше массы протона. Поиски WIMP ведутся во многих экспериментах в течение последних 20–30 лет, но, несмотря на все усилия, они до сих пор обнаружены не были.

Одна из идей состоит в том, что если такие частицы существуют, то Земля в своем движении вместе с Солнцем по орбите вокруг центра Галактики должна лететь сквозь дождь, состоящий из WIMP. Несмотря на то что WIMP представляет собой чрезвычайно слабо взаимодействующую частицу, какая-то очень малая вероятность провзаимодействовать с обычным атомом у нее все же есть. При этом в специальных установках — очень сложных и дорогостоящих — может быть зарегистрирован сигнал. Количество таких сигналов должно меняться в течение года, поскольку, двигаясь по орбите вокруг Солнца, Земля меняет свою скорость и направление движения относительно ветра, состоящего из WIMP. Экспериментальная группа DAMA, работающая в итальянской подземной лаборатории Гран-Сассо, сообщает о наблюдаемых годовых вариациях скорости счета сигналов. Однако другие группы пока не подтверждают этих результатов, и вопрос, по существу, остается открытым.

Другой метод поиска WIMP основан на предположении о том, что в течение миллиардов лет своего существования различные астрономические объекты (Земля, Солнце, центр нашей Галактики) должны захватывать WIMP, которые накапливаются в центре этих объектов, и, аннигилируя друг с другом, рождают поток нейтрино. Попытки детектирова-

ния избыточного нейтринного потока из центра Земли в направлении к Солнцу и к центру Галактики были предприняты на подземных и подводных нейтринных детекторах MACRO, LVD (лаборатория Гран-Сассо), NT-200 (озеро Байкал, Россия), SuperKamiokande, AMANDA (станция Скотт-Амундсен, Южный полюс), но пока не привели к положительному результату.

Эксперименты по поиску WIMP активно проводят также на ускорителях элементарных частиц. В соответствии со знаменитым уравнением Эйнштейна $E=mc^2$, энергия эквивалентна массе. Следовательно, ускорив частицу (например, протон) до очень высокой энергии и столкнув ее с другой частицей, можно ожидать рождения пар других частиц и античастиц (в том числе WIMP), суммарная масса которых равна суммарной энергии сталкивающихся частиц. Но и ускорительные эксперименты пока не привели к положительному результату.

Темная энергия

В начале прошлого века Альберт Эйнштейн, желая обеспечить космологической модели в общей теории относительности независимость от времени, ввел в уравнения теории так называемую космологическую постоянную, которую обозначил греческой буквой «лямбда» — Λ . Эта Λ была чисто формальной константой, в которой сам Эйнштейн не видел никакого физического смысла. После того как было открыто расширение Вселенной, необходимость в ней отпала. Эйнштейн очень жалел о своей поспешности и называл космологическую постоянную Λ своей самой большой научной ошибкой. Однако спустя десятилетия выяснилось, что постоянная Хаббла, которая определяет темп расширения Вселенной, меняется со временем, причем ее зависимость от времени можно объяснить, подбирая величину той самой «ошибочной» эйнштейновской постоянной Λ , которая вносит вклад в скрытую плотность Вселенной. Эту часть скрытой массы и стали называть темная энергия.

О темной энергии можно сказать еще меньше, чем о темной материи. Во-первых, она равномерно распределена по Вселенной, в отличие от обычного вещества и других форм темной материи. В галактиках и скоплениях галактик ее столько же, сколько вне их. Во-вторых, она обладает несколькими весьма странными свойствами, понять которые можно, лишь анализируя уравнения теории относительности и интерпретируя их решения. Например, темная энергия испытывает антигравитацию: за счет ее при-



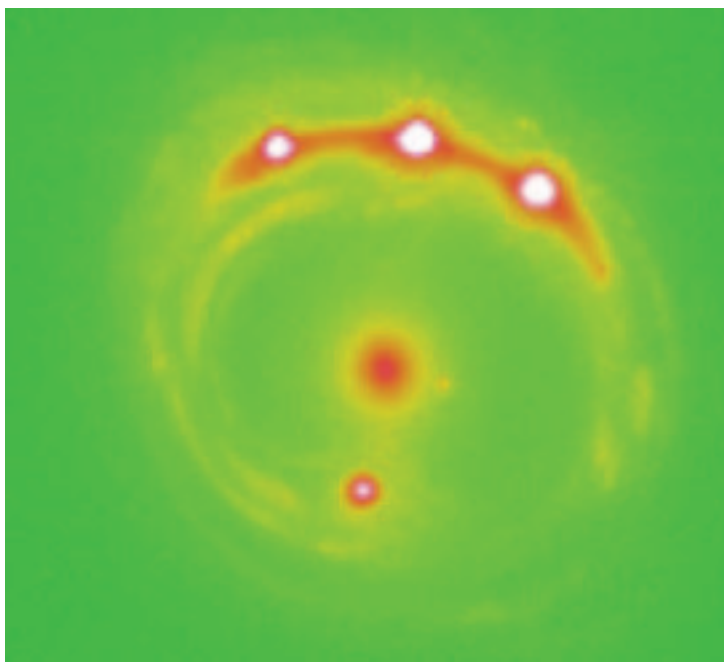
КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

сутствия темп расширения Вселенной растет. Темная энергия как бы расталкивает саму себя, ускоряя при этом и разбегание обычной материи, собранной в галактиках. А еще темная энергия обладает отрицательным давлением, благодаря которому в веществе возникает сила, препятствующая его растяжению.

Главный кандидат на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, что и соответствует отрицательному давлению. Еще один кандидат — гипотетическое сверхслабое поле, получившее название квинтэссенция. Надежды на прояснение природы темной энергии связывают прежде всего с новыми астрономическими наблюдениями. Продвижение в этом направлении, несомненно, принесет человечеству радикально новые знания, поскольку в любом случае темная энергия должна представлять собой совершенно необычную субстанцию, абсолютно непохожую на то, с чем имела дело физика до сих пор.

Итак, наш мир на 95% состоит из чего-то, о чем мы почти ничего не знаем. Можно по-разному относиться к такому не подлежащему никакому сомнению факту. Он может вызывать тревогу, которая всегда сопутствует встрече с чем-то неизвестным. Или огорчение, оттого что такой долгий и сложный путь построения физической теории, описывающей свойства нашего мира, привел к констатации: большая часть Вселенной скрыта от нас и неизвестна нам.

Но большинство физиков сейчас испытывают воодушевление. Опыт показывает, что все загадки, которые ставила перед человечеством природа, рано или поздно разрешались. Несомненно, разрешится и загадка темной материи. И это наверняка принесет совершенно новые знания и понятия, о которых мы пока не имеем никакого представления. И возможно, мы встретимся с новыми загадками, которые, в свою очередь, также будут разгаданы. Но это будет совсем другая история, которую читатели «Химии и жизни» смогут прочесть не раньше, чем через несколько лет. А может быть, и через несколько десятилетий.



1
Расположенная в центре
галактика сформировала
четыре изображения
квараза RXJ1131-1231



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Космический телескоп

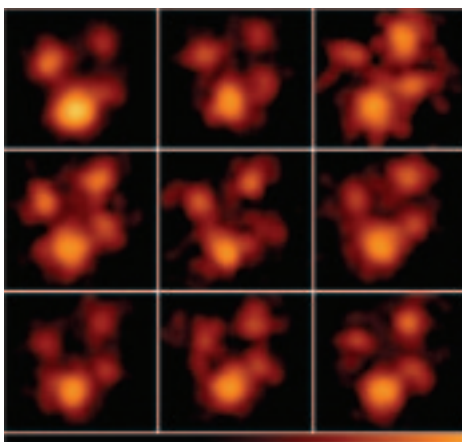
Классические приборы для разглядывания чего-то очень маленького состоят из стеклянных зеркал и линз. С их помощью удается заглянуть в микромир и в глубины космоса. Однако всему есть пределы. В телескоп можно увидеть многое, даже разглядеть огромную планету у далекой звезды, но для этого нужно проявлять чудеса изворотливости. Что уж тут говорить о загадочных ярких объектах на окраинах Вселенной, о квазарах? Расстояние до них столь велико, что нет даже надежды увидеть подробности их строения с помощью оптики. По крайней мере, рукотворной. А вот нерукотворная оптика, оказывается, может это сделать. Скопления галактик, образуя гравитационные линзы, работают как гигантский природный телескоп. И ученые из Огайского университета во главе с доктором Кристофером Кочанеком и Жинью Даи сумели воспользоваться такой линзой, чтобы выявить структуру квазара («NewsWise», 2 октября 2006).

Порой линза дает несколько изображений одного и того же расположенного за ней квазара (рис. 1). Яркость этих изображений различная, потому что свет для каждого из них идет своим путем, который пролегает через области с разными искажениями пространства-времени. В результате у каждого луча возникает своя задержка по времени. В пространстве движется все — и мы, наблюдатели, и линза, и квазар. Поэтому яркость изображений постоянно меняется; космический телескоп работает так, будто у его линз переменное фокусное расстояние (рис. 2). И по этим изменениям яркости астрономы получают шанс узнать интересные детали устройства Вселенной.

Во-первых, сравнивая изменения яркости разных изображений квазара, можно померить плотность распределения мас-

сы в скоплении-линзе. А во-вторых, удается рассчитать размеры квазара.

Согласно одной из гипотез, эти объекты, яркость свечения которых в тысячи раз превосходит яркость звезд (за что их и назвали «квазизвезды»), представляют со-



2
Так меняется со временем яркость
изображений квазара Q2237-0305 в
рентгеновском диапазоне

бой не что иное, как гигантские черные дыры, на которые падает вещество. Разгоняясь в диске аккреции, вещество сильно нагревается, за счет чего и получается высокая яркость. Чем ближе к горизонту событий дыры находится вещество, тем меньше длина волны его излучения; например, вещество внутренней части диска, уже фактически падая внутрь дыры, излучает свой последний свет в рентгеновском диапазоне. Диаметры диска аккреции и сумели вычислить американские астрономы, изучая изменения ярко-

сти квазаров в гравитационных линзах.

Астрофизики провели сложный расчет: они расположили в области виртуального пространства те миллионы звезд, что составляют линзу, и с помощью компьютера следили за тем, как искажаются лучи света, проходя мимо них. Затем провели наблюдения квазара. К сожалению, эти наблюдения очень непросты. Чтобы снять более или менее информативную кривую изменения яркости, нужно каждую ночь хотя бы по часу вести наблюдения на телескопе с диаметром зеркала более метра. И так много ночей подряд. А время наблюдений на всех таких телескопах занято столь плотно, что много ночей никто не дает. И все же несколько серий наблюдений для разных линз и квазаров провести удалось. А затем опять же с помощью расчета ученые так подобрали параметры квазара, что расчетная кривая изменения яркости совпала с полученной экспериментально. Проводя эту процедуру для разных длин волн, на которых проходит наблюдение, можно фактически не только показать, что квазар — это черная дыра с тонким диском падающего на нее вещества, но и восстановить его структуру. Проверкой же послужила зависимость диаметра диска от массы черной дыры: массу квазара (а если считать его гигантской черной дырой, то вся масса в ней и сосредоточена) можно померить по уширению линий в спектре его излучения. Эта зависимость для шести подопытных квазаров оказалась в хорошем соответствии с результатами теории.

«Фактически мы создали промышленный метод использования гравитационных линз для решения таких задач, как построение распределения звезд по массам, измерения их средней массы и изучение структуры квазаров, чего нельзя делать никакими другими методами. Теперь нас останавливает только время. Во-первых, нужно найти окно в расписании работы телескопов. А во-вторых, хорошие данные получаются при длительных наблюдениях, которые растягиваются на десятилетия. Впрочем, эту трудность можно преодолеть, если вести наблюдения за многими линзами одновременно», — говорит Жинью Даи.

С.Анофелес

Фото Огайского университета



тернет. Система контроля и управления телескопами расположена в Великобритании. Туда поступает запрос от пользователей из любой точки мира. Запрос передают на телескоп. Если погода позволяет вести наблюдения, телескоп открывает купол, наводится на заказанную точку неба и делает снимки. За считанные минуты на школьные компьютеры поступают прекрасные фотографии звезд, галактик и других объектов Вселенной.

Научный руководитель проекта академик Анатолий Михайлович Черепашук, директор ГАИШ, считает, что телескопы Фолкеса — отличный исследовательский инструмент среднего класса. Их удивительная «поворотливость» позволяет наблюдать за быстропротекающими процессами во Вселенной, например гамма-всплесками. Да и для наблюдения за сверхновыми, активными галактиками, планетами за пределами Солнечной системы, астероидами и кометами эти телескопы очень хороши.

В международной программе «Телескопы Фолкеса» уже участвуют несколько сотен школ Великобритании, Польши, Австралии, Швеции и Италии. За те два года, что работает программа, школьники под присмотром астрономов открыли три новых астероида,

Вселенная, школьники, Интернет

Л.Стрельникова

Двадцать четыре школьных коллектива в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге и Самаре получили бесплатный дистанционный доступ к телескопам Фолкеса, чтобы вести наблюдения за нашей необъятной и фантастически красивой Вселенной. В России стартовала британско-российская образовательная программа «Привлечение молодежи в науку: телескопы Фолкеса». Эта программа запущена по инициативе Британского совета и при активном участии Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга, а также департаментов образования в различных городах нашей страны.

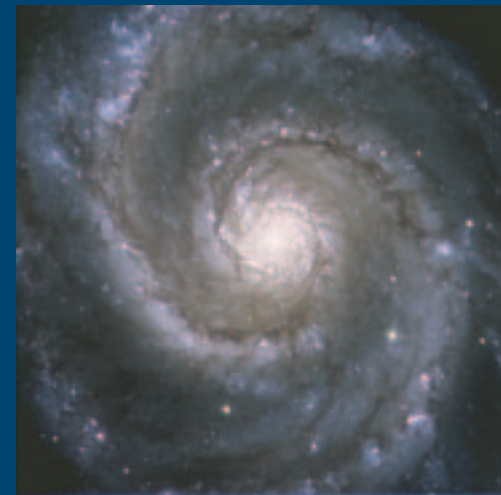
Официальное открытие программы состоялась в Государственном астрономическом институте имени П.К.Штернберга. Вот что рассказал об истории программы и ее возможностях доктор Пол Рош из Университета Кардиффа (Великобритания), директор проекта «Телескопы Фолкеса». Несколько лет назад британский миллионер Дилл Фолкес выделил деньги на строительство исследовательских телескопов при условии, что на них смогут работать школьники. Так и было сделано. Оптические телескопы Фолкеса с диаметром зеркала два метра установили на Гавайях и в Северной Австралии. Здесь прекрасный астроклимат, то есть небо почти всегда ясное, поэтому легко вести наблюдения. Но главное преимущество телескопов — в их мобильности и дистанционной управляемости. В течение двух-трех минут телескопы могут развернуться в любую точку неба. Все, что требуется для работы, — это доступ в Ин-

Научный руководитель проекта академик А.М.Черепашук, директор ГАИШ, считает, что на телескопах Фолкеса можно получать добротные научные результаты





Патрик Фуллик рассказывает региональным руководителям российского проекта, как лучше построить работу



Патрик Фуллик из Саутгемптонского университета и Пол Рош из Университета Кардиффа предложили организовать в России проект «Привлечение молодежи в науку: телескопы Фолкеса» и курируют его от британской стороны

первыми сделали и опубликовали снимки во время американской миссии «Deep Impact» в июле прошлого года, когда NASA сбросила большую металлическую болванку на комету Темпла. Снимки были сделаны с интервалом в несколько минут и демонстрировали, как разрасталась вспышка после удара.

«Очень важно, что в этой программе школьники и профессиональные астрономы работают вместе, — считает Патрик Фуллик из Саутгемптонского университета, координатор программы. — Это бесценный опыт и самый лучший способ привлечь молодежь в науку, потому что астрономия необычайно красива, загадочна и привлекательна». Это действительно так. Надежда Юрьевна Клинк, учитель

физики лица № 1 в Чебоксарах, рассказала в одиннадцатом классе о программе и спросила, кто хочет рассмотреть Вселенную через телескопы Фолкеса. Подняли руки все 25 школьников без исключения, независимо от их пристрастий. И это несмотря на то, что преподавание астрономии в школах сегодня сведено практически к нулю. «Чудовищная ошибка! — считает академик А.М. Черепашук. — Астрономия — мировоззренческая наука, формирующая наше представление о мире. Преподавание астрономии детям — лучшая прививка от лженауки, магии и колдовства». Кстати, сегодня любая школа в Чувашии могла бы участвовать в этой программе, потому что все они подключены к Интернету высокоско-

ростными кабелями. Все расходы по содержанию и трафику правительство Чувашии взяло на себя.

Для ГАИШ участие в программе важно и интересно во всех отношениях. Этот институт давно славится традициями просветительской и педагогической работы со школьниками. Программа «Телескопы Фолкеса» — еще одна возможность поработать вместе с детьми. Но с этим проектом астрономы связывают и серьезные научные надежды. Телескопы Фолкеса — это лишь начало создание сети из 40 двухметровых телескопов, которая покроет всю Землю. Такая сеть, аналогов которой в мире пока нет, даст уникальные возможности астрономам для исследования Вселенной в кругло-



Вот такие чудесные снимки галактик и туманностей сделали школьники на телескопах Фолкеса

суточном режиме. Россия со своей громадной территорией, протянувшейся с запада на восток на 10 часовых поясов, станет важной частью этой сети.

Российские астрономы, которые будут помогать школьникам общаться с телескопами Фолкеса, откровенно завидуют детям. В то время как наши студенты не могут прорваться к телескопам, чтобы поработать (телескопов мало, и все время расписано по минутам), школьники получают бесплатный доступ к самым современным инструментам исследования.

Действительно, ситуация с телескопами в России не очень хороша. Большинство из них, в том числе построенные и на собственные

деньги ГАИШ, мы потеряли вместе с распадом СССР, когда южные республики с хорошим астроклиматом превратились в независимые государства. Сегодня российские телескопы можно пересчитать по пальцам. Но есть хорошая новость. ГАИШ приступил к созданию новой собственной обсерватории под Кисловодском на высоте 2100 метров над уровнем моря. Деньги на строительство выделило правительство России. Сердцем обсерватории будет оптический телескоп с зеркалом 2,5 м, такой же подвижный и дистанционно управляемый, как и телескопы Фолкеса. А.М.Черепашук рассказал, что на базе этой обсерватории будет создан образовательный центр, где смогут учиться и вести наблю-

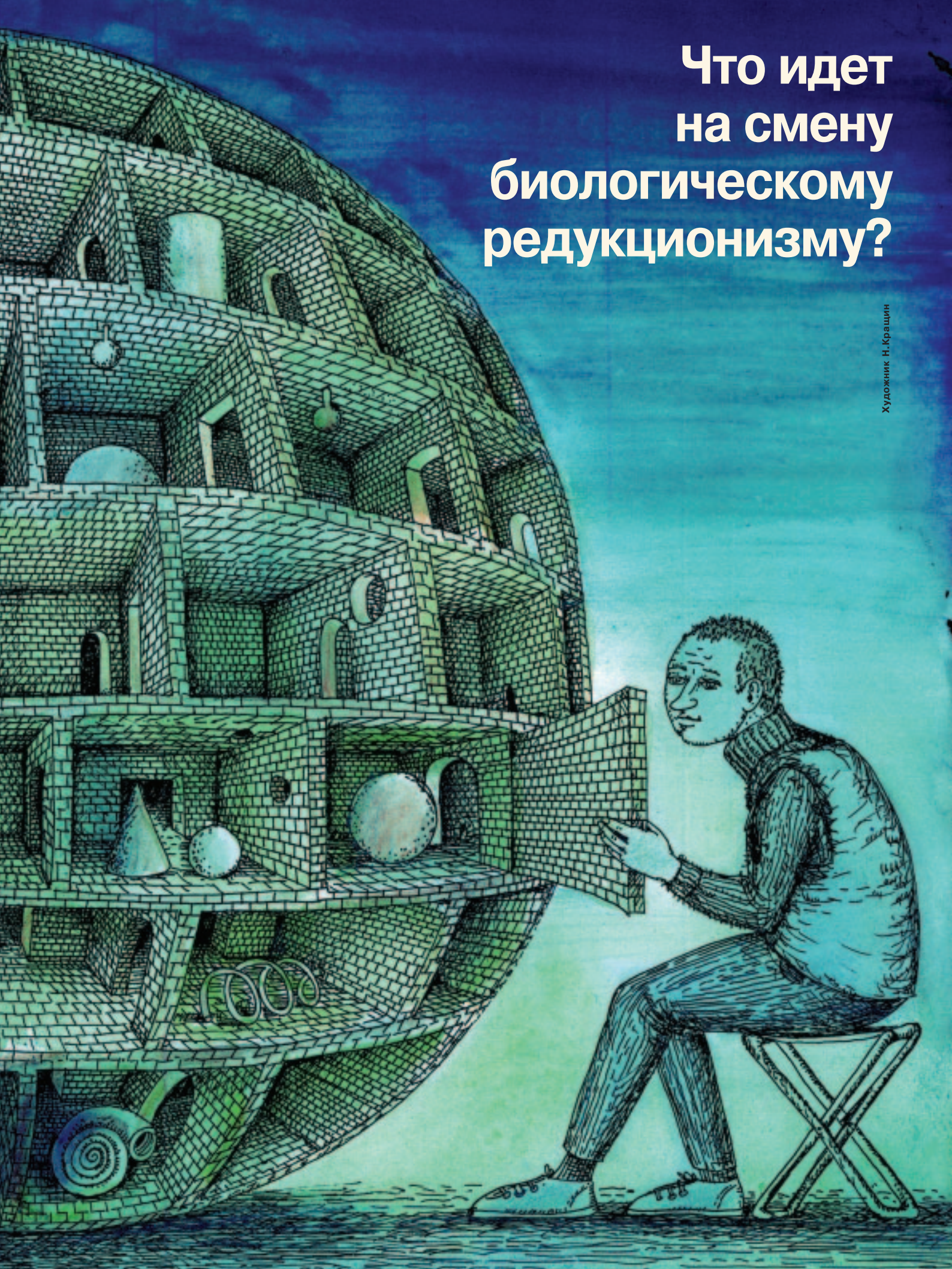
дения студенты и школьники. Обсерватория откроется через три года.

Кстати, в этом году Государственному астрономическому институту им. Штернберга исполняется 175 лет. Юбилейная астрономическая конференция и торжества будут проходить в институте в декабре. Так что программа «Привлечение молодежи в науку: телескопы Фолкеса» – отличное дополнение к юбилейным мероприятиям. К декабрю уже будут получены первые результаты работы школьников на телескопах Фолкеса.

За развитием программы следите через сайты:
www.faulkes-telescope.com,
www.britishcouncil.ru.

Что идет на смену биологическому редукционизму?

Художник Н. Краштин





Трудность заключается не в порождении новых идей, а в спасении от старых.

Джон Мейнард Кейнс

Эта статья написана в то время, когда число расшифрованных полных структур геномов стремительно возросло и продолжает расти. Расшифрованы последовательности геномов множества бактерий, дрожжей, нематоды, дрозофилы, человека и его ближайшего родственника шимпанзе. Ни у кого не вызывает сомнения, что знание структуры геномов даст мощный импульс биологическим исследованиям. Но есть и еще один результат. Становится все более очевидным, что это знание не решит важнейших, фундаментальных проблем биологии, и в первую очередь не даст ответа на вопрос, который далее я буду называть вопросом номер 1 биологии: «Что есть жизнь?»

Сегодня наступает время критического осмысления громадного массива информации, накопленного молекулярными биологами и генетиками за более чем 60 лет. И не просто осмысления. Необходимо пересмотреть философские концепции, на которые опираются попытки понять принципы организации живых систем. С одной стороны, накопленная информация показала невероятную сложность функциональных процессов, протекающих в клетке, причем эти процессы еще усложняются при переходе к целому многоклеточному организму. В них вовлечено множество переменных компонентов, которые взаимодействуют друг с другом, создавая многомерные пространственно-временные переплетения, так что итоговый эффект никак не может быть выведен из механического сложения составляющих. Ученые приходят к пониманию того, что существующие методы исследования сложных систем абсолютно неадекватны. С другой стороны, структуры геномов заключают в себе огромный заряд функциональной информации, пользоваться которой во всей ее полноте мы еще не умеем.

О «новой» и «старомодной» биологии

Для начала приведу высказывания нескольких интересных исследователей нашего времени. Первые два относятся к 1967 году.

Говорит нобелевский лауреат Альберт Сент-Дьердьи: «Во времена моего студенчества не существовало ни боровского атома, ни орбит, ни квантов, ни электронов, ни электронной микроскопии, ни рентгеноструктурного анализа. Наши сведения ограничивались тем, что существует около двадцати аминокислот и примерно столько же сахаров. Мы могли лишь в общих чертах классифицировать компоненты клетки... Тем не менее мы считали своим долгом пытаться объяснить жизненные явления. Тех людей, которые считали наши знания недостаточными для понимания жизни, объявляли виталистами или мистиками. Теперь мы знаем гораздо больше и снова пытаемся объяснить жизненные явления (паро-

лем служат нам слова «молекулярная биология»). Однако мы не знаем, как не знали и во времена студенчества, сколько наук ждет еще своих первооткрывателей. И опять объявляем виталистом или мистиком того, кто осмеливается сказать, что современный уровень знаний, возможно, еще недостаточен для понимания жизни... Мы не должны, однако, забывать, что молекулярный уровень представляет собой лишь один из многих уровней организации, в то время как само слово «жизнь» подразумевает совокупность всех функций и всех реакций. Если я скажу, что прострелив кому-то голову, я поранил только часть тела, ведь сердце некоторое время продолжало биться, мышцы — сокращаться, а волосы — расти, меня не оправдает ни один судья, так как жизнь присуща только целому».

Говорит отец науки о стрессах Ганс Селье: «Вряд ли есть люди, не испытывающие благоговейного трепета перед такими поразительными достижениями человеческого разума, как раскрытие функций РНК, ДНК, АТФ и всех других биохимических единиц, которые стали сегодня настолько общедоступными, что для экономии времени в научных беседах заменяются сокращениями... Если посмотреть вокруг, то вряд ли мы сможем найти теперь простых обыкновенных ученых, занимающихся традиционными медицинскими научными исследованиями. Даже те немногие, которые устояли, стараются замаскировать свою истинную привязанность употреблением «псевдомолекулярного» жаргона («геном» вместо наследственности, «образование кальцийгидроксилапатитных ядер» вместо привычного термина «обызвествление» и т. п.) из страха, что с современной точки зрения они могут показаться старомодными.

И все-таки, несмотря на это, мне кажется, что независимо от того, сколь много мы узнаем об интимнейших механизмах биологических явлений, мы всегда будем пользоваться старомодным целостным подходом... Чем ближе мы подходим к расщеплению обломков на субъединицы субъединиц, тем неудержимее эти обглоданные до предела кусочки переходят в разряд артефактов — воистину пепла жизни!» (Обе цитаты приведены по книге Г.Селье «На уровне целого организма». М.: Наука, 1972.)

Чего же опасались два выдающихся интеллекта современной науки? Какие подводные камни видели они в расцвете молекулярной биологии?

Я хотел бы, чтобы на смену эйфории пришло понимание, что мы мучительно медленно продвигаемся к очередному этапу в поисках ответа на вопрос номер 1. Чтобы стало очевидным и то, как часто мы заходим в тупики, и то, что на наших глазах рождается новая биология — биология системная, синтетическая, уникальный сплав многих наук. Впрочем, не факт, что и эта новая биология ответит на вопрос о сущности жизни.

Почему биолог не может починить радио

Этот раздел я снова начну с цитаты, точнее, с краткого пересказа концептуальной статьи нашего соотечественника Ю.Лазебника, нашедшего свою нишу в Колд-Спринг-Харборе

(США). Эта статья, перепечатанная журналом «Биохимия» (2004, № 12), называется «Может ли биолог починить радио, или Что я узнал, изучая апоптоз».

Статью открывает запись беседы с профессором Д. Папермастером, который объясняет автору, что каждая из новых, знакомых ему областей биологической науки развивалась примерно одинаково. Сначала небольшая группа людей неторопливо обсуждает проблему, далекую от других. Затем неожиданное наблюдение, например обнаружение циклинов при исследовании клеточного цикла или возможного влияния апоптоза (программируемой клеточной смерти. — *Е.С.*) на рак, открывает им глаза на то, что у проблемы есть решение и оно подарит нам чудотворное лекарство. Область, в которой было сделано открытие, мгновенно превращается в Клондайк со всеми атрибутами золотой лихорадки: менталитетом, динамикой и моралью. Желание найти золотые самородки науки привлекает и людей, и деньги.

Но в какой-то момент модель, считавшаяся полной, распадается, предсказания оказываются неверными, а попытки получить удивительное лекарство — неудачными. Эта стадия характеризуется беспомощностью, ощущением, что мы бьемся лбом в стенку, несмотря на обилие публикаций, многие из которых оказываются противоречивыми или просто описательными. Как ни парадоксально, чем больше фактов мы узнаем, тем меньше понимаем.

Поскольку сформулированный парадокс имеет общий характер, он предполагает существование некоего фундаментального порока в том подходе, который используют биологи для решения проблем. Чтобы сделать это очевидным, Лазебник берет для примера сломанный радиоприемник. Не буду останавливаться на деталях, скажу лишь, что радиоприемник немного похож на систему передачи сигнала в клетке. Автор спрашивает, как подошли бы биологи к проблеме определения причины поломки радиоприемника (при условии, что они незнакомы с радиоэлектроникой).

Прежде всего нужно найти деньги на закупку большого количества идентичных функционирующих радиоприемников. Сумев открыть действующий приемник, мы увидим объекты различной формы, цвета и размера. Опишем и классифицируем их в семейства, согласно внешнему виду. Поскольку объекты варьируют по цвету, исследуем влияние цвета на функционирование радио... и обнаружим только слабый эффект, но этот подход даст много публикаций и вызовет оживленные дебаты.

Более успешный подход заключается в удалении компонентов по одному. Удачливый постдок случайно найдет провод, отсутствие которого остановит работу радио полностью. Ликующий исследователь назовет проволоку «счастливно открытый компонент» (*Serendipitously Recovered Component, SRC*) и затем обнаружит, что SRC нужен, поскольку это единственная связь между способным к удлинению объектом и остальной частью радио. Новому объекту дадут название «наиболее важный компонент» (*Most Important Component, MIC*). В конце концов все компоненты будут каталогизированы, связи между ними — установлены, последствия удаления каждого компонента или их комбинаций — задокументированы. Но может ли вся эта информация помочь починить сломанный радиоприемник? Иногда — может. Например, если цилиндрический объект, красный в работающем радио, становится черным и начинает пахнуть, его можно заменить красным объектом, и все поправится. Но в целом вероятность починки внушает сомнения.

Однако мы знаем, что инженер может починить радио. В чем же разница между биологом и инженером? По мнению Лазебника — в языке, которым они пользуются. Биологи суммируют свои результаты в виде диаграмм, где любимый белок помещается в центр и соединяется со всем

остальным стрелками разного рода. Такая диаграмма бесполезна для количественного анализа. Напротив, инженеры используют стандартные схемы и терминологию. Это позволяет им идентифицировать знакомые модули в незнакомых схемах.

Далее Лазебник добросовестно перечисляет аргументы против замены существующих в биологии традиций количественным «радиоподобным» подходом. Один из аргументов — клетка слишком сложна. Другой — клетка фундаментально отличается от объектов, изучаемых инженерами. В чем эта разница заключается, не определено, но предполагается, что истинные биологи ее чувствуют. (Однако 200 лет назад не верили, что мочевины может быть синтезирована из неорганических материалов. Возможно, когда мы корректно опишем сигнальные пути клетки, то поймем, что их уподобление радио не так уж поверхностно.) Третий аргумент — мы знаем слишком мало, чтобы анализировать клетку, как инженер радио.

Доступные сегодня компьютерная мощность и прогресс в анализе сложных систем позволяют надеяться, что системный подход все-таки станет основным в биологии. Но чтобы ускорить процесс формализации, нужен простой язык, с помощью которого экспериментаторы могли бы познакомиться с формальными описаниями биологических процессов. Такой язык был бы им очень полезен для преодоления страха перед математическими символами. Лазебник выражает надежду, что очень скоро этот язык будут преподавать студентам.

Я никогда не читал более яркого манифеста в пользу познания жизни с помощью формализации языка биологии и использования системного подхода. Согласен со многими его положениями, особенно о неверной общей стратегии, которую взяла молекулярная биология для познания жизни, — хотя, с другой стороны, а какую иную стратегию можно было взять, чтобы получить экспериментальные данные? На мой взгляд, подходы, о которых говорит автор, необходимы для познания жизни, но недостаточны.

Лабиринты без нитей Ариадны

Радиоинженерам везет: все приемники, собранные по одной схеме, практически идентичны. В живых системах нет идентичных организмов, они все разные и генетически, и фенотипически. Даже однойцевые близнецы не полностью одинаковы. Радиоинженерам везет еще и потому, что их схемы статичны. А схемы в живой системе постоянно меняются.

Отсюда следует, что для получения количественных параметров процесса в биологии с точностью, близкой к той, которая достигается в радиотехнике, необходимо проводить несопоставимо большее число измерений. И вновь — деньги! Фонды, которые радиоинженер изыскал бы для опытов, описанных Лазебником, были бы на многие порядки меньше тех, что понадобились бы биологу.

Но дело даже не в деньгах, а в результативности. Если из-за вариабельности живых систем ошибки измерений чрезвычайно велики, то много ли проку от средних значений, когда нужно, например, дать рекомендации по лечению конкретного больного? Или по продлению жизни конкретного миллиардера, который готов заплатить за это огромные деньги (иными словами, для починки индивида)?

Ну и конечно, мы действительно очень мало знаем о живых функционирующих системах. Совсем недавно все были убеждены, что геном человека содержит около 100 тысяч генов. Когда он был прочтен, оказалось, что их около 30 тысяч. Трудно понять, как возникла громадная сложность организма человека по сравнению с червяком нематодой, у которого 19 тысяч генов! Ведь у человека 10^{14} клеток, а у червяка всего-то около 10^3 .



Существует множество объяснений для несоответствия сложности организма количеству генов. Одно из них я упомянул: увеличение функциональной нагрузки на один белок (ген) по мере усложнения организма в процессе эволюции. Например, белок фосфоглюкозоизомеразы катализирует взаимопревращение D-глюкозо-6-фосфата и D-фруктозо-6-фосфата. Он идентичен нейрорлейкину — белку, секретируемому Т-клетками и обеспечивающему выживание некоторых эмбриональных нейронов и сенсорных нервов. Кроме того, он идентичен аутокринному фактору, который может быть связан со способностью к метастазированию, а также фактору, способствующему вызреванию клеток человеческой миелоидной лейкемии HL-60 в терминальные моноциты. Один белок, таким образом, выполняет четыре разные функции! Подобных белков достаточно много, они даже получили название «moonlighting proteins» — белки, работающие по совместительству.

Следует честно признать, что значение структур генома нельзя считать решающим, когда речь идет о понимании основ жизнедеятельности. Наибольший эффект от анализа структур геномов следует ожидать в области биохимии. Между биохимическими процессами и геномом существуют более прямые связи, чем, скажем, между геномом и морфологическими признаками. Но даже биохимический уровень весьма сложен.

Общая беда разнообразных подходов к анализу функций генов заключается в том, что каждый из них либо направлен на один избранный ген, либо, если даже декларируется одновременный анализ множества генов, как в случае использования ДНК-микрочипов, эти гены анализируются независимо друг от друга, и вся их совокупность рассматривается как аддитивная система.

Классическим считается метод получения мутаций по данному гену и анализ их последствий, апофеоз которого — «нокаутированные» животные. Поскольку у животных каждая хромосома и каждый ген представлен двумя почти идентичными копиями, то пытаются лишить функциональной активности обе копии исследуемого гена и посмотреть, как это скажется на жизнеспособности и свойствах организма — гены нокаутируют. Можно применить также модную и эффективную систему подавления продуктов экспрессии гена с помощью РНК-интерференции (подробнее об этом см. в материале о нобелевских лауреатах. — *Примеч. ред.*).

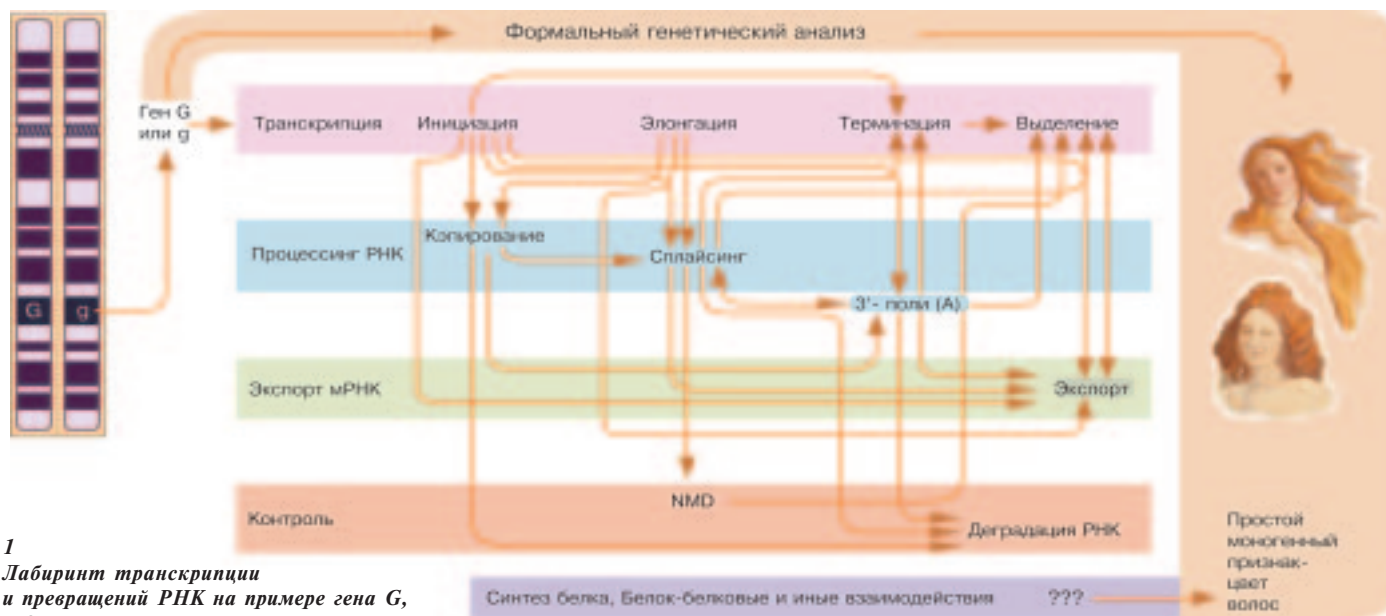
Но как у этих, так и у множества других изящных и остроумных методов, применяемых для функционального анализа, есть общее слабое место. Поскольку гены включены в сеть сложных взаимодействий, при анализе отдельно взятого гена сравнительно редко удается получить однозначно интерпретируемую информацию.

Можно констатировать, что арсенал методов, которым мы располагаем, не адекватен функциональной сложности даже на биохимическом уровне. Практически все методы нацелены на анализ отдельных генов в рамках публично отвергаемого, но молчаливо принимаемого постулата, что этот ген независим от других и признаков, в кодирование которого он вовлечен, подчиняется простым менделевским закономерностям. Биолог обречен на использование этих методов просто потому, что других нет.

В классической генетике функция гена определялась изменением фенотипа при мутации в этом гене. Например, при болезни фенилкетонурии мы узнаем о гене, который кодирует фенилаланингидроксилазу, когда в нем возникает мутация, приводящая к отсутствию в организме этого фермента. Итоги печальны: если вовремя не принять меры, то человек будет страдать умственной отсталостью.

Еще один пример: ген, кодирующий пигмент волос (рис. 1). Меняется ген — меняется количество пигмента — меняется цвет волос. Простая связь «ген — фенотип». И чтобы установить эту связь, не нужны никакие молекулярные исследования: генетики сделали это еще до того, как узнали о ДНК.

Теперь попытаемся найти механизм, с помощью которого ген осуществляет свою функцию, то есть систему операций, необходимых для того, чтобы информацию гена



1
Лабиринт транскрипции и превращений РНК на примере гена G, кодирующего пигмент волос (по обзору Т.Маниатиса и Р.Рида). Под кажущейся простотой схемы «один ген — один признак» скрывается целый клубок причинно-следственных связей

расшифровать и воплотить в фенотип. Начинаем изучать транскрипцию гена, превращения получающейся матричной РНК (мРНК), ее трансляцию, свойства продукта, его взаимодействия с другими продуктами в клетке... Мы попадаем в бесконечный лабиринт молекулярных процессов и не знаем, как выбраться к цели (рис. 1). Проходит жизнь исследователя, и оказывается, что всю ее он потратил на блуждания в этом лабиринте. Если ему повезет, то он обнаружит в нем несколько новых проходов.

Как избежать этой опасности, как выйти из лабиринта, как обобщить громадный массив данных? Рецептов сегодня нет. Но так или иначе, нужно осознать, что огромное количество информации, накопленное поколениями исследователей, требует качественно новых способов обработки и анализа.

Можно ли бульдозер измерять кварками?

Приведу фрагмент из работы Н.Голденфельда и Л.Р.Кадаунофа, опубликованной в 1999 году в журнале «Science»: «Для физиков очевидно, что компьютерные модели могут описать поведение жидкости с той степенью точности, какую мы заложим в программу. Естественно, что такие модели теряют физический смысл, если их чувствительность довести до «моделей хаоса». Для описания бульдозера излишне использовать кварки... Многие компьютерные биологи пытаются моделировать динамику белковых молекул, описывая движения каждого из небольших ее участков. Результат? Большинство компьютерного времени затрачивается на наблюдение малых СН-групп, кающихся туда-сюда. Ничего биологически значимого при этом не происходит».

Такая постановка вопроса сегодня более чем актуальна в биологии. Какой уровень анализа адекватен для описания сложных биологических систем? От правильного ответа на вопрос зависит успех или фиаско биологических исследований уже в недалеком будущем. Пока же мы безуспешно (с фундаментальной точки зрения) и неэффективно (с прикладной) бродим в лабиринтах, которые щедро расставляет перед нами причудливая молекулярная организация живых систем.

По существу, трудно спорить с Р.Строманом, который рассуждает следующим образом. Концепция гена привела к возникновению исключительно плодотворной науки — молекулярной биологии. Эта наука была узко определяемой и корректной теорией, но произвела на свет незаконнорожденного потомка — принцип генетического детерминизма. Он претендует на расшифровку секретов жизни и пытается объяснять такие уровни сложности, где он некомпетентен, а потому должен потерпеть неудачу. Его поражение будет связано с ошибочной идеей, что истоки сложного поведения могут быть прослежены до уровня генов и белков без учета свойств, возникающих в результате сложных и нелинейных взаимодействий между этими агентами. Сейчас становится все очевидней, что информация о функциях, возможно, заложена не только в геноме и что последовательность ДНК не содержит достаточной информации, чтобы определить, как продукты генов будут взаимодействовать. Мультикомпонентные системы, составленные из множества белков, — машины со своими собственными, не запрограммированными в ДНК правилами поведения. В сущности, Строман продолжает на новом уровне старый спор между редукционистами и холистами о том, можно ли вывести свойства живого из свойств его составных частей.

Статья Стромана называется «Пришествие куновской революции в биологию». Томас Кун (1922—1996) — одна из виднейших фигур среди философов науки XX столетия. Его книга «Структура научных революций» особенно часто цитируется. Согласно его представлениям, в развитии любой науки можно выделить несколько этапов:

— период перед рождением парадигмы;

- установление стандартной парадигмы;
- период спокойного развития науки, в процессе которого исследуется группа фактов, признанных важными;
- экспериментальное подтверждение теории;
- обобщение руководящей теории;
- появление аномалий;
- нарушение природой ожиданий, выработанных наукой;
- наблюдение противоречий с руководящей парадигмой;
- кризис и реконструкция первой парадигмы;
- революция и появление новой парадигмы.

Строман полагает, что в современной молекулярной биологии налицо многие признаки куновской революционной ситуации. Не имея возможности детально анализировать доводы «за» и «против», отмечу только, что, на мой взгляд, громадное количество экспериментальных фактов, накопленных в процессе развития молекулярной биологии, которые практически невозможно обобщить в единую концепцию, объясняющую поведение живых систем, настоятельно диктует смену парадигмы революционным, эволюционным или любым иным путем.

Атом жизни

Итак, что делать современной биологии? Как выходить из лабиринта сверхчастных проблем — кварков, которыми исследователи пытаются мерить бульдозеры? Где искать новые парадигмы? Наконец, какие приоритеты следует избирать в фундаментальных исследованиях?

В этой статье я ограничусь самыми общими соображениями об одном, на мой взгляд, важнейшем приоритете дальнейших исследований: расшифровке принципов функциональной организации клетки. В каком-то смысле клетка — это атом жизни. Можно сказать, что биология XXI столетия вышла на рубеж физики начала XX века, когда была расшифрована структура атомов и появились первые представления об их строении.

Напомню слова великого биолога Р. Вирхова: «Любая клетка из клетки». Отвлекаясь от проблемы, как возникла первая клетка, с момента ее возникновения и на протяжении миллиардов лет этот принцип действовал универсально. Возможно, я упрощаю ситуацию, но мне кажется, что если мы поймем принципы функционирования клетки как целой системы, частью которой является геном, то перед нами откроется путь к пониманию функционирования живых систем во всем их разнообразии.

Исследования должны развиваться в четырех стратегических направлениях.

1. Широкий эволюционный сравнительный анализ различных организмов и выявление новых функций в связи с появлением новых структур, базирующихся на новых системах клеточных взаимодействий и новых функциях клеток.

2. Интенсивный анализ процессов развития и дифференцировки, в ходе которого на каждой стадии появляются новые структуры и новые функции. Сопоставляя одно с другим, мы шаг за шагом будем приближаться к пониманию интегральных функций сложных систем.

3. Интенсивный анализ эволюции процессов развития, иными словами, сравнительный анализ процессов развития у разных видов.

4. Исследования на полноклеточном уровне процессов, приводящих к отклонению поведения клетки от нормального и вызывающих болезни, например рак.

Но все эти декларации останутся голыми словами, если не будут найдены адекватные экспериментальные подходы исследования клетки как целостной структуры со всеми ее динамическими реакциями.

Сегодня мы имеем детальное представление о том, как устроена клетка, но это представление статично. Мы знаем о множестве структур, управляющих передачей сигналов

внутри клетки, осуществляющих транскрипцию, трансляцию и репликацию ДНК, клеточное деление и многое, многое другое. Редукционистский подход принес обильные плоды (рис. 2). Однако мы располагаем лишь неподвижными макетами клетки, как бы ее моментальными снимками. Задача XXI века — понять, как все компоненты клетки взаимодействуют в пространстве и времени, образуя сложные динамичные биологические системы.



ДНК-микрочипы

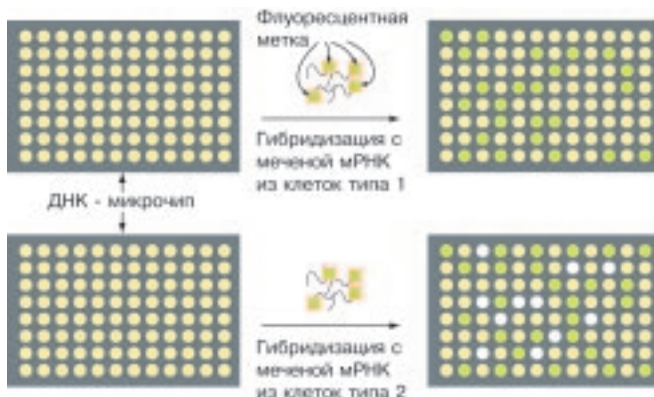
В последние годы внимание научной общественности, прессы и обывателей привлекают так называемые ДНК-микрочипы. Это — мощная технология, позволяющая одновременно определять концентрации практически всех информационных, или матричных, РНК (мРНК) в клетке.

ДНК-микрочип представляет собой небольшой квадрат твердого плоского материала (стекла), на который в виде



2
Схема строения клетки (естественно, на ней представлено далеко не все, что известно современной биологии)

точек нанесены тысячи фрагментов ДНК. Каждая точка соответствует одному гену. Для того чтобы получить картину экспрессии разных генов в данном типе клеток, из них выделяют сумму всех мРНК, эту смесь метят, например, флуоресцентным красителем и позволяют ей взаимодействовать с микрочипом. При этом мРНК взаимодействуют на микрочипе со своим геном или его фрагментом (мы говорим — гибридизуются). Все такие гены на микрочипе становятся флуоресцентно мечеными, те же, которые в данной клетке не работали, останутся немечеными (рис. 3). Если такой же микрочип гибридизовать со смесью мРНК, выделенных из клеток другого типа, то картина получится иной, поскольку в



3
Принцип работы биологического микрочипа. Различия в рисунке из светящихся точек (справа) отражают различия в экспрессии генов

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

разных типах клеток работают (экспрессируются) разные гены.

Картины распределения экспрессирующихся и неэкспрессирующихся генов для каждой клетки называют *паттернами* гибридизации. Гибридизуя множество клеток, можно проследить, как себя ведет один и тот же ген в разных клетках: где экспрессируется, а где — нет. Сумма данных об экспрессии отдельного гена в разных клетках называют *профилем экспрессии* этого гена. Ясно, что микрочипы открывают громадные возможности для параллельного анализа экспрессии практически всех генов генома.

Разработаны методы статистического анализа данных полногеномной экспрессии, получаемых на ДНК-микрочипах. В частности, эти методы позволяют сгруппировать гены по сходству профилей экспрессии. Таким путем выяснили, например, что в дрожжах *Saccharomyces cerevisiae* вместе группируются гены, о которых известно, что они участвуют в выполнении общей функции. Подобная тенденция замечена и у генов человека. Следовательно, картина экспрессии может служить индикатором статуса клеточного процесса. Кроме того, если известна функция некоторых из генов, экспрессирующихся вместе, можно предположить, что и другие гены этой группы участвуют в выполнении той же функции.

Несомненно, микрочипы — крупнейший технологический прорыв. Однако едва ли именно они станут решающим шагом вперед к пониманию строения живой клетки. Ведь чтобы выделить мРНК из клетки, ее разрушают, при этом теряются особенности распределения мРНК между различными ячейками (компартаментами) клетки, ее транспорта внутри клетки и многое другое. В сущности, микрочип позволяет рассматривать совокупность РНК, но не процессы, в которые эти РНК вовлечены. А клетки, напомним еще раз, — это живые системы с чрезвычайно сложным пространственно-временным поведением.

Фильм вместо фотоснимка

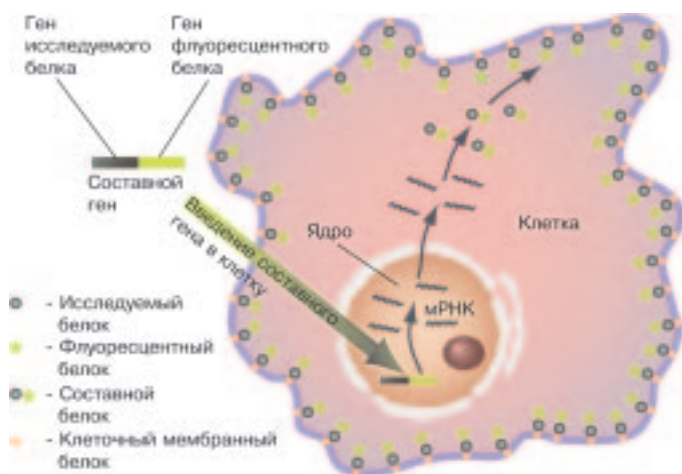
Увидеть клетку изнутри в динамике, получить ее четырехмерное изображение (в трехмерном пространстве и во времени) — такую задачу ставят перед собой интенсивно развивающиеся в последние годы технологии «in vivo имаджинг» (imaging).

Термин «имаджинг» объединяет разные технологии: наблюдение за отдельными молекулами в живой клетке, доведение специальных конструкций, которые взаимодействуют с целевыми молекулами и позволяют проследить за их поведением в клетке и, главным образом, введение в клетку генов, кодирующих белки с «привязанной» к ним добавкой, за которой можно наблюдать. Наиболее широко обсуждаются такие химерные белки, в которых эта добавка — ярлык — представляет собой способный к флуоресценции генно-инженерный белок (рис. 4). Кстати, такие работы с большим



успехом ведутся и в нашей стране (см. «Химию и жизнь», 2005, № 8. — Примеч. ред.).

Созданы легко детектируемые и минимально нарушающие природные процессы в клетках флуоресцентные гибридные белки. Зеленый флуоресцентный белок из медузы *Aequorea victoria* и его варианты с различными спектрами флуоресценции, а также флуоресцирующие белки из кораллов могут быть присоединены практически к любому белку. Используя метки с разными спектрами, можно одновременно метить несколько белков и следить за их динамикой в клетке. Таким путем удастся проследить и движения хромосом в клетке, и траектории информационных РНК, и многое другое.



4
Один из самых многообещающих вариантов «*in vivo* имаджинга». В клетку вводят ген гибридного белка, после этого она синтезирует исследуемый белок, помеченный флуоресцентным «фонариком». Теперь можно наблюдать за его перемещениями в живой клетке

Национальный институт здоровья США в 2003 году обратился к ученым с предложением новой финансируемой программы «Развитие высокоразрешающих проб для клеточного имаджинга». Во введении к этой программе отмечается, что, несмотря на колоссальный рост структурной информации на атомном уровне, мало известно о молекулярной подвижности, внутриклеточной молекулярной динамике и образовании временных составных структур внутри клетки. Требуется наблюдение молекул *in vivo*, чтобы проследить структурные изменения во времени. Однако для этого пока еще нет достаточно чувствительных молекулярных проб и систем детекции. Чувствительность современных приборов, по оценкам, придется повысить в 10—100 раз.

В одной из своих статей в «Вестнике РАН» (2003, № 6) я говорил о трех важнейших направлениях исследований, направленных на расшифровку функциональных свойств живых систем на клеточном уровне. Одно из них — интенсификация классических методов анализа функций и перенос этих

методов на полногеномный уровень. Хороший пример подходов такого рода — использование микрочипов.

Другое направление — создание компьютерных моделей живых клеток, которые интегрировали бы все имеющиеся знания и продемонстрировали бы, как элементы клетки работают вместе. Такие модели помогли бы определить, где наши знания о клетке недостаточны, и сфокусировать усилия для заполнения этих провалов. Кроме того, подобные модели должны обладать предсказательной силой, демонстрируя весь комплекс реакций клетки на изменения окружающей или внутренней среды.

Наконец, третье направление — экспериментальное получение минимальной клетки. В частности, можно взять минимальную по числу генов природную бактерию и путем мутаций систематически уничтожать ген за геном, с тем чтобы определить тот минимум, который окажется достаточным для обеспечения жизнедеятельности. Роль такого микробного минималиста, вероятно, будет играть *Mycoplasma genitalium*, содержащая 517 генов. Затем можно было бы попытаться приложить весь арсенал методов молекулярной биологии к исследованию процессов внутри этого минимального атома жизни.

Все эти подходы в конечном счете могут дать полную картину функционирования живых систем на клеточном уровне. Понятно, что для ее построения необходимы координированные усилия множества наук — математики, информатики, молекулярной биологии, генетики, клеточной биологии, физиологии, эволюционной биологии, физики, нанотехнологий и других. Этот конгломерат определит лицо биологии XXI столетия.

Нет сомнений, что редуционистский подход еще долго останется основным в изучении клетки. В частности, мы весьма далеки от представления о полном наборе клеточных компонентов. Даже такая «простая» задача, как введение общей для всех организмов номенклатуры генов и белков, которая позволила бы сравнивать молекулы, выполняющие одинаковые функции в разных организмах, и объединить информацию, разрозненную по базам данных разных организмов, еще далека от решения. Но также несомненно, что уже начинается новая эра биологических исследований — на уровне клеток, а затем и на уровне организмов. Это — не революция, это эволюция, но она происходит с большой скоростью. Хорошо бы нам ее не пропустить. А может быть, революция уже началась, просто мы ее пока не замечаем?



Рентгеновский микроскоп

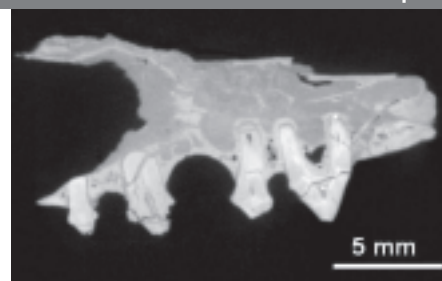


ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Пятьдесят миллионов лет назад на нашей планете жил маленький хищник по имени *Viverravus acutus*, родственник нынешних виверр — самого разнообразного семейства отряда хищников, представители которого ныне обитают в Африке и на юге Азии, а раньше жили на всех континентах, кроме обеих Америк. За давностью лет от этого зверька почти ничего не осталось: лишь небольшие, размером в сантиметры, окаменелости. Впрочем, не от него одного — множество древних животных сохранилось в виде невзрачных кусочков то ли глины, то ли камня вроде того, что

показан на фото 1. Палеонтологам интересно узнать, какими были эти существа, для чего хорошо было бы в подробностях рассмотреть окаменелости. А сделать это нелегко: окаменелости хрупкие, отделять их от окружающей породы приходится очень бережно, а порой это и вовсе невозможно проделать.

Помочь в таком исследовании может рентгеновский микроскоп, точнее, микротомограф: X-лучи легко проникают внутрь большинства веществ, и по степени их ослабления можно судить о строении исследуемого образца. При томографии камера делает множество рентгеновских снимков под разными углами (фото 2), а затем компьютерная программа синтезирует из них единую трехмерную картинку (фото 3). К сожа-



2
Одно из изображений, снятое для построения томограммы

лению, разные пиксели матрицы детектора обладают различной чувствительностью, поэтому возникает шум, который портит качество изображения. Для микроскопа, который должен показывать детали размером в микроны, сильный шум прямо-таки недопустим.

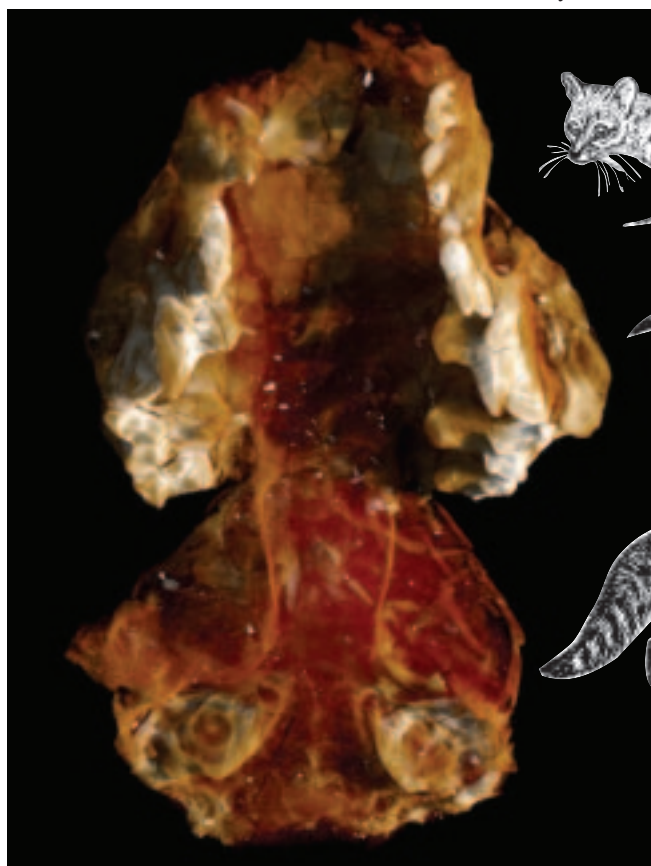
Одно из решений для борьбы с шумом предложили физики нескольких британских университетов, которые построили микроскоп, получив 154 тысячи фунтов стерлингов от Исследовательского совета по инженерным и физическим наукам («AlphaGalileo», 2 мая 2006). Ученые воспользовались методом интегрирования по времени, который применяют астрономы в телескопах, оснащенных ПЗС-матрицей. Суть его такова. Детектор, принимающий сигнал, движется относительно источника сигнала. В результате одно и то же изображение последовательно формируется на разных элементах его матрицы. Компьютер, который воспринимает сигнал от детектора, усредняет данные, полученные от разных элементов, и шум, таким образом, размывается на все изображение.

«Мы надеемся, что этот микроскоп будет интересен для проведения многих исследований. С его помощью можно заглядывать внутрь тела, не повреждая его, следить за развитием остеопороза или разрушением зубов. Другое направление — изучение распределения нефти по порам песчаной породы. Пригодится микроскоп и палеонтологам: они смогут исследовать образец окаменелости, не вынимая из породы и, значит, не опасаясь повредить его», — говорит профессор Джим Эллиот из Лондонского университета.

П. Данилов



1
Окаменевший череп древней виверры (из коллекции Палеонтологического музея Мичиганского университета)



4
Малая цивета и обыкновенная генета — два представителя современных виверр



3
Трехмерная картинка, синтезированная из многих изображений

Фотография при люминесцентном свете

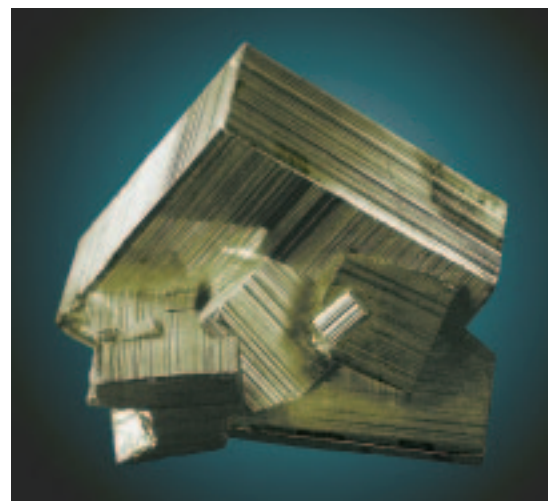
Зачем фотографу люминесцентное освещение? Авторитеты традиционно относятся к нему с недоверием: «Люминесцентные лампы придают всему, что освещают, зеленоватый оттенок» (Ли Фрост. Творческая фотография. М.: Артродник, 2003). Действительно, спектры люминесцентных ламп содержат линейчатые элементы, искажающие цветопередачу, для фотосъемки это не лучший вариант. Но кое-чем люминесцентные лампы могут быть полезны фотографу-натуралисту: рассеянным излучением и большой площадью поверхности.

Конкретный пример — фотографирование минералов. Большая гамма окрасок, многочисленность и разнообразие кристаллических поверхностей и форм, разные типы блеска и фактуры — справиться со всем этим непросто. Фотограф должен создать у зрителя иллюзию рассматривания минерала, и это сущая головоломка, потому что зритель и смотрит, и видит иначе, чем камера. Понаблюдайте за человеком в музее. Заинтересовавший его экспонат он норовит потрогать, вызывая негодование музейных смотрителей; и если уж заполучает предмет во временное распоряжение, тут же начинает вертеть его в руках, рассматривая со всех сторон. И зрение у него, в отличие от камеры, объемное. Фотографический снимок, ясное дело, не заменит оригинала... но фотограф старается! Он выбирает, что необходимо подчеркнуть, а чем можно пожертвовать, решает, какая сторона друзы горного хрусталя, к примеру, наиболее выразительна, какие грани и под каким углом нужно высветить, находит эффектный ракурс и т. д. Наконец, замысел созрел, и наступает время подобрать технические средства для его реализации — передачи цветов, форм и фактур поверхностей.

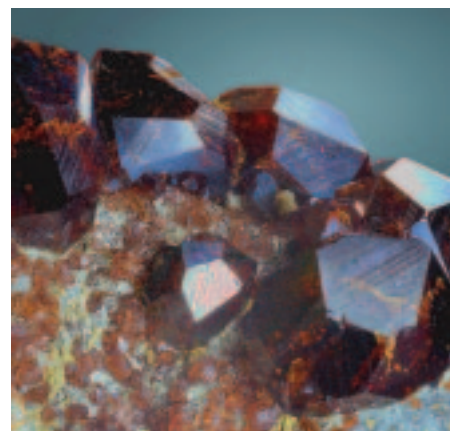
Если проблема цветопередачи решается сравнительно просто: один раз согласовать цветовые параметры или выставить баланс белого, то на остальное — а оно сводится к постановке све-

та — уходит основное съемочное время. Подчеркнуть форму, блеск, фактуру граней и прочих поверхностей — все это нужно делать всякий раз заново, никаких рецептов не существует. И основная трудность — нехватка осветительных средств. Без них не обойтись, если фотографируемый объект состоит из множества по-разному ориентированных плоских поверхностей с собственной фактурой. Многие подобные объекты невозможно качественно сфотографировать без рассеянного света — еще одна проблема. Разумеется, нужное освещение можно получить от профессиональных студийных осветительных приборов. Но если вы заглянете в соответствующие прайс-листы, то поймете, почему многие отдают предпочтение обычным бытовым лампам, фотолампам, галогенным «колокольчикам» и т. д. К тому же благодаря их миниатюрности съемочная площадка уместается на письменном столе, и светильники можно передвигать, не отрываясь от видеоскринки камеры и непрерывно контролируя изображение. Но и при четырех-пяти независимых источниках, дополненных отражающими экранами и рассеивателями, далеко не всегда удается добиться нужного результата. Даже с небольшого расстояния лампа светит почти как точечный источник, давая чересчур резкий, направленный свет, отражаемый лишь одной-двумя гранями.

Вот почему у тех, кто снимает минералы, возник интерес к миниатюрным «энергосберегающим» люминесцентным лампам. Такая лампа излучает менее резкий свет, а благодаря тому, что при соотношении сторон примерно 1:3 длина светящейся части (8–10 см) превышает габарит фотографируемого объекта, вблизи от него превращается в маленькую световую панель. Характером освещения можно управлять, меняя положение лампы, хороша эта лампа и для создания заполняющего света. На ее основании можно закрепить рамку импровизированного рефлектора, сделанного из листка белой бумаги,



Пирит FeS₂, Средний Урал



Кристаллы граната Ca₂(Fe,Al)[SiO₄], Дашкесан, Азербайджан

куска проволоки и скотча. В общем это близко к тому, что нужно. Однако источник света должен еще и обеспечивать приемлемую цветопередачу. Это мы и решили проверить.

В домашних условиях (то есть при отсутствии фотометрической аппаратуры) содержательный ответ можно получить следующим способом. Нужно сравнить снимок подходящего тест-объекта, сделанный при свете испытуемого источника света, со снимком того же объекта при свете какого-либо контрольного источника, заведомо пригодного по цветности излучения, а также со стандартными (эталонными) цветами. В качестве контрольного источника послужила матированная лампа накаливания мощностью 60 Вт с внутренним рефлектором. При надлежащем балансе белого такие лампы обеспечивают удовлетворительную цветопередачу. Калиброванная карта цветовых клиньев CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) послужила тест-объектом, а эталоны цветов заимствовались из библиотеки графического редактора Adobe Photoshop.



*Горный хрусталь.
Мадаг, Болгария*



*Фото 6
Кристалл
берилла $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$.
Волянь, Украина*

*Кристаллы турмалина
 $Na(Li,Al)_3Al_3[BO_3][Si_6O_{18}](OH)_4$.
Пакистан*



Все фото автора



ТЕХНОЛОГИЯ

ведены к одной системе цветовых координат и тем самым сделаны пригодными для сравнения (рис. 1б). Беглый взгляд показывает, что между снимками, сделанными при освещении люминесцентной лампой (слева) и контрольным источником (справа), нет больших различий.

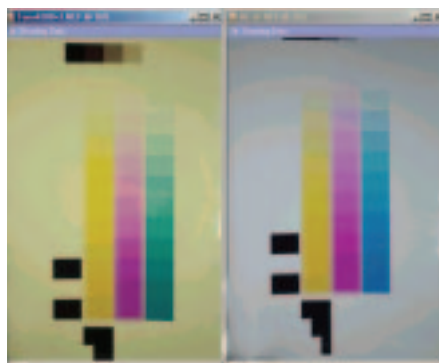
Для детального анализа применяли измерительные средства редактора «Photoshop» в палитре Info > Actual Color. По каждому из цветов СМЭК были выбраны для измерений поля данного цвета вблизи насыщенных концов клиньев (поскольку с увеличением яркости цвета «выгорают»). При выборе соблюдалось условие одинаковой яркости (значения К в правой части палитры Info), так как от нее значительно зависит RGB-состав цвета. Результаты измерений приведены в таблице. Обозначения: Л — люминесцентная лампа, Н — лампа накаливания, С — данные по стандартным цветам СМЭК, приведенным к тем же значениям К.

Показатели цветопередачи обоих испытанных источников заметно отличаются от нормативных значений. Цвета СМЭК «испорчены» в основном примесями дополняющих RGB-цветов: Cyan — красного, Magenta — зеленого, Yellow — синего. Полученные оценки могут быть использованы в процессе цветокоррекции.

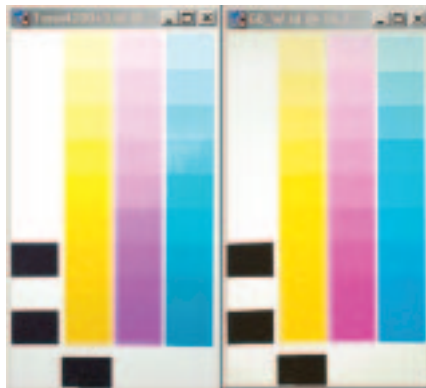
Поскольку тест-объект составлен из цветов СМЭК, целесообразно также получить более точное представление

Испытывались лампы марки «Космос» фирмы «Истпауэр Интернэшнл», Москва для теплого света, мощностью 13 Вт (светоотдача как у 60-ваттной лампы накаливания), с маркированной цветовой температурой 2700 К (рис. 1а). Чтобы получить сопоставимые результаты, изображения приводили к «общему знаменателю» путем установки баланса белого для каждого источника в отдельности и выравнивания общей яркости по белому полю без коррекции цвета.

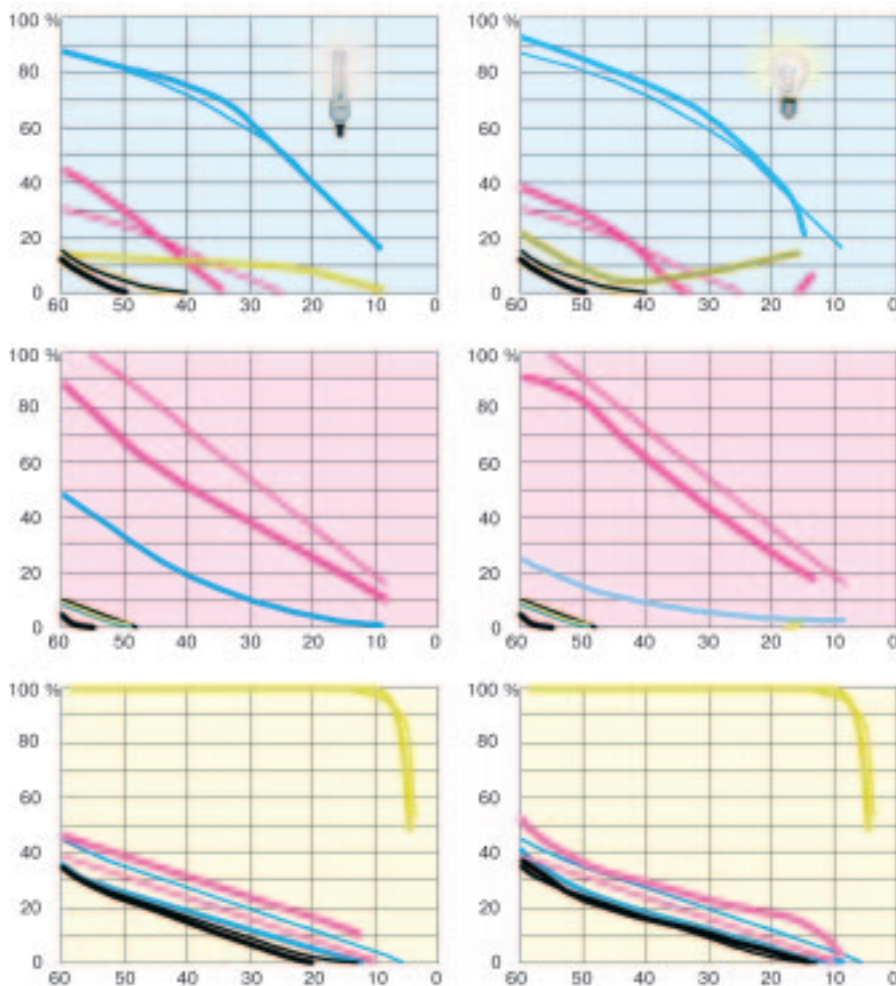
Съемка производилась камерой «Nikon D70» в затемненной комнате, тест-объект освещали испытываемым либо контрольным источником света. Баланс белого при съемке выставляли из меню камеры по параметрам источника и на готовых файлах уточняли программными средствами по «серой точке». Затем яркости отрегулировали по уровню белого поля тест-объекта средствами тоновой коррекции с контролем белого цвета. В результате оба изображения были при-



*1
Снимки тест-объекта:
а — исходные, б — после уточнения баланса белого приведения к белому полю эталона*



Поле	Источник	Красный R	Зеленый G	Синий B
Cyan K=43%	Л	31	161	197
	Н	30	158	210
	С	0	157	223
Magenta K=48%	Л	200	65	224
	Н	227	47	184
	С	243	9	145
Yellow K=14%	Л	251	218	31
	Н	253	217	15
	С	236	225	0
Black K=83%	Л	47	40	48
	Н	49	42	31
	С	44	44	44



2

Состав основных цветов СМУК при освещении тест-объекта энергосберегающей люминесцентной лампой теплого света и лампой накаливания 60 Вт. Толстые линии соответствуют снимку тест-объекта, тонкие — стандартному цвету. В верхней части — кривые основного цвета, ниже — кривые паразитных и примесных цветов (подробности в тексте). По вертикали отложена интенсивность цвета RGB, по горизонтали — степень черноты K.

о составе реальных цветов в этом цветовом пространстве. С этой целью реальные цвета разложены на основные и «паразитные» составляющие в функции яркости (рис. 2). Рассмотрены цвета тест-объекта (рис. 1), полученные при освещении его люминесцентной лампой теплого света и контрольным источником света. Для сравнения аналогичная процедура проделана со стандартными цветами, которые также содержат примесные компоненты, меняющиеся в зависимости от яркости. Стандартные цветовые клинья (рис. 3) составлены на основе образцов СМУК Cyan, СМУК Magenta, СМУК Yellow, СМУК Black из палитры Swatches путем варьирования их яркости.

Группирование графиков паразитных компонент вместе со стандартно-примесными говорит о близости реального цвета к нормативному. Деградация цвета тем меньше, чем дальше кривые паразитных компонент отстоят от основной.

Из рис. 2 видно, что во всех случаях (включая стандартные цвета СМУК) больше всего деградируют света и тени, а полутона наименее затронуты влиянием паразитных или примесных цветов. Подобные оценки имеют смысл в интервале от (80С 70М 70Y 70K) до (5С 2М 2Y 0K), так как вне этих границ цвета не различаются, становясь соответственно черными и белыми (Мураховский В., Симонович С. Секреты цифрового фото. СПб., Питер, 2005). У люминесцентных ламп наибольшей деградации подвергаются цвета Magenta под влиянием примеси Cyan: в средних тонах паразитная компонента составляет половину от основной, Yellow искажается только в тенях и ярких светах, цвета Cyan занимают промежуточное положение при преобладающем влиянии примеси Magenta в тенях и Yellow в светах.

Что касается сравнения этих ламп с контрольным источником, то в целом можно считать, что при надлежа-

	C	M	Y	K
K=20 %				
K=30 %				
K=40 %				
K=50 %				
K=60 %				

3

Цветовые клинья СМУК

щей установке баланса белого их характеристики достаточно близки. Для Yellow они практически совпадают от светов до темных полутонов, причем люминесцентной лампе несвойственна тенденция к росту искажающего влияния Magenta-компоненты в области теней, заметная у контрольного источника. По сравнению с последним несколько более благоприятно поведение Yellow-компоненты в составе Cyan. Влияние Cyan-компоненты на цвет Magenta сильнее, чем у контрольного источника.

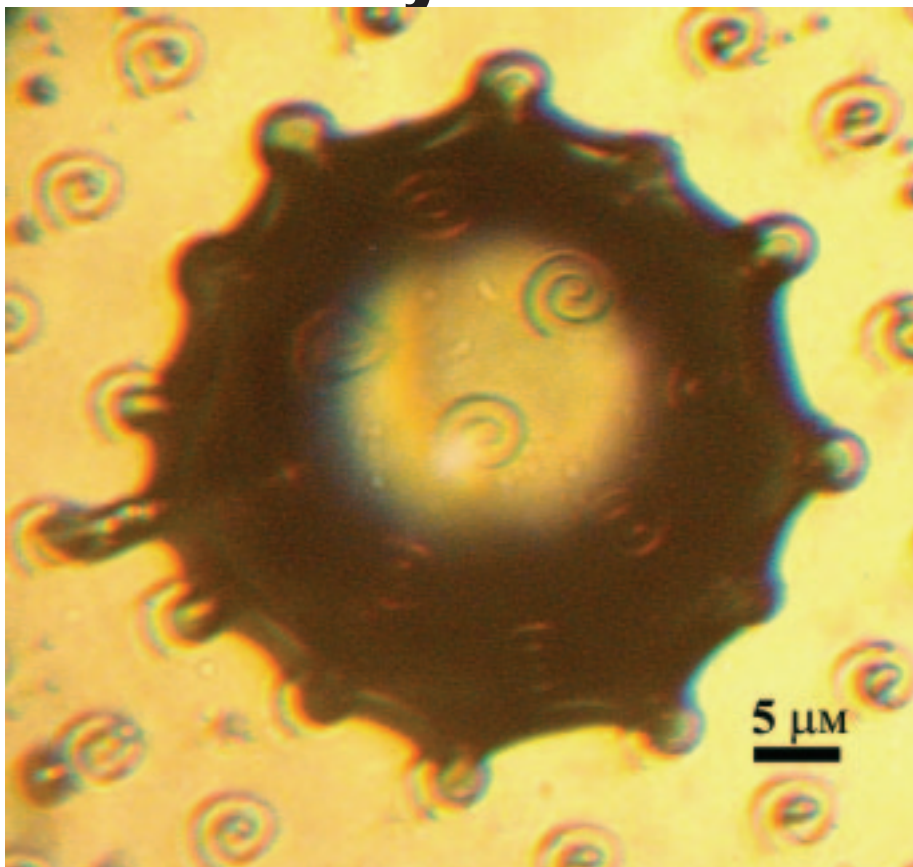
Полученные данные позволяют судить, отвечают ли испытанные источники конкретным требованиям к цветопередаче. Эти данные могут быть использованы также для минимизации ошибок цветопередачи при съемках с такими источниками света.

Что касается самой задачи, поставленной в данной работе, то при условии точного баланса белого оба источника оказались достаточно схожими по показателям цветопередачи. Следовательно, если контрольный источник, в данном случае лампа накаливания, пригоден для съемки, то с тем же успехом могут быть использованы для нее и данные люминесцентные лампы.

Последнее слово остается за практикой. Читатель может составить собственное суждение по приведенным здесь снимкам. Они сделаны при освещении люминесцентными лампами данного типа, некоторые — при участии ламп накаливания. В процессе редактирования изображения подверглись тональной и цветовой коррекции, не вышедшей за рамки рутинных процедур.



Рисунок из молекул жизни



А.В.Григорьева,
факультет
наук о материалах,
МГУ им. М.В.Ломоносова

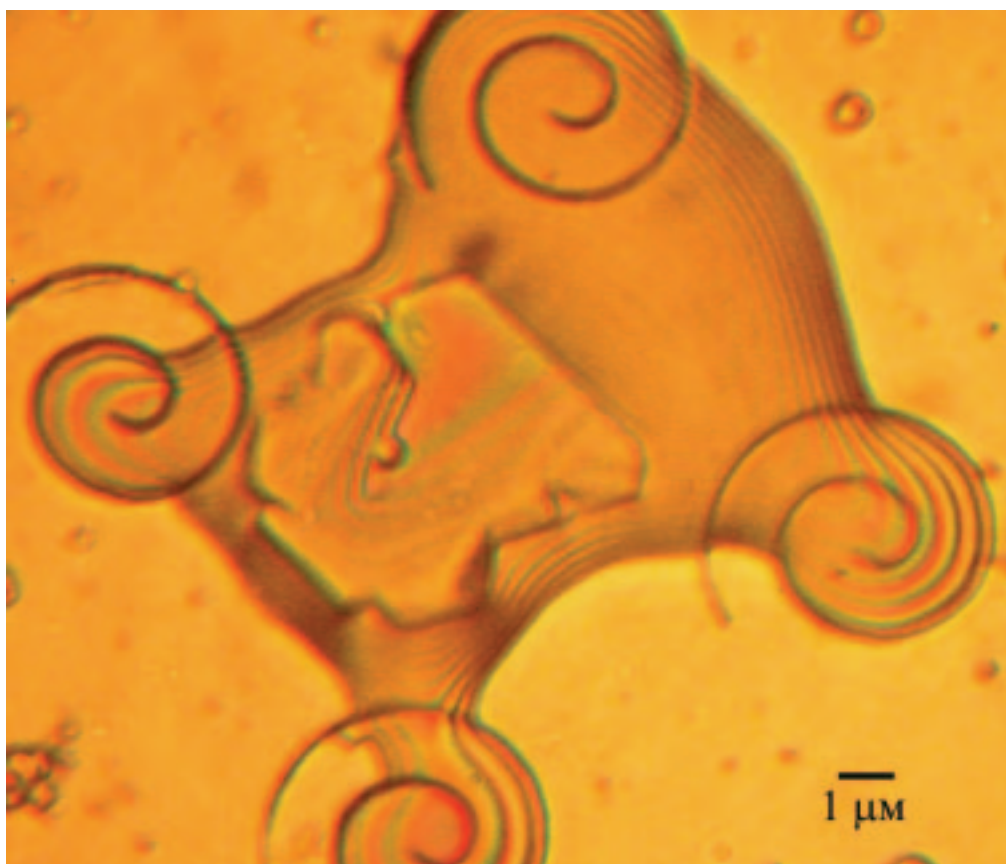


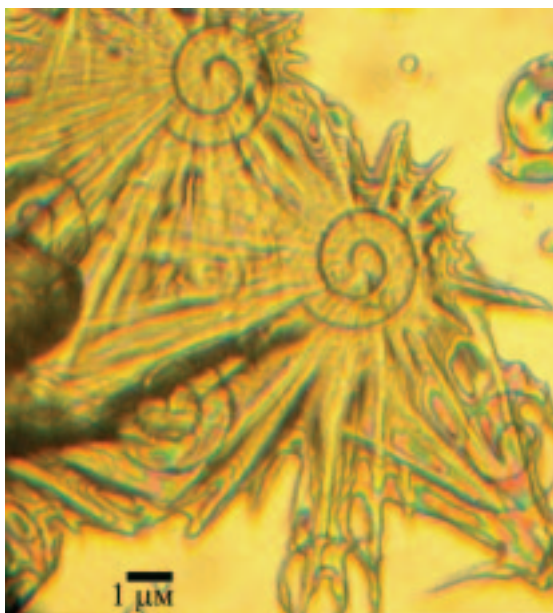
ФОТОИНФОРМАЦИЯ

1
*Микрорельеф превращает
сферическую каплю в подобие медузы
со множеством щупалец*

2
*Асимметричная капля служит
«микрореактором» для выращивания
хиральных кристаллов.
На практике этот метод
можно использовать для разделения
оптических изомеров.
Радужные полосы возникают
из-за интерференции света
в тонком слое жидкости*

Когда из бесформенного зародыша, возникшего в растворе, вырастет ограниченный кристалл, его форма зависит, во-первых, от химического состава. Во-вторых, третьих и четвертых – от температуры, давления и поверхностного натяжения. Управляя этими факторами, кристаллу можно придать необычную форму. А еще иногда важен рельеф поверхности, на которой образовался зародыш. Действие этого фактора можно изучить, если на какую-либо подложку нанести узор и провести кристаллизацию в каплях. То есть разместить на подложке капли раствора и вырастить из них кристаллы. Этот метод хорош еще и тем, что размер последних четко ограничен: он не может стать больше, чем капля. В результате получают тонкие островки монокристаллических пленок, как это видно на фотографиях, где изображены полученные





Подложки, украшенные искусственным микрорельефом, были изготовлены из пластин монокристаллического кремния методом фотолитографии. Характерный диаметр выпуклых спиралевидных элементов равен 5 мкм при высоте стенок в 1 мкм. Наблюдать за процессом кристаллизации в поле оптического микроскопа в данных условиях особенно удобно, так как элементы микрорельефа позволяют легко оценивать размер кристаллита. Микрокапли можно нанести на пластину обычным ультразвуковым ингалятором. Наиболее однородные по размеру капли образуются при расположении подложки перпендикулярно потоку воздуха.

3
Аминозвезды предпочитают расти на элементах искусственного рельефа

таким способом кристаллы L-энантиомера аминокислоты валина.

И молекулы аминокислоты, и рельеф в виде концентрических спиралей хиральны, то есть асимметричны. Хиральными при высыхании становятся и капли раствора: они как будто натягиваются на элементы рельефа (фото 1). Несимметричная форма приводит к тому, что поле концентраций вокруг образующегося внутри капли зародыша тоже становится

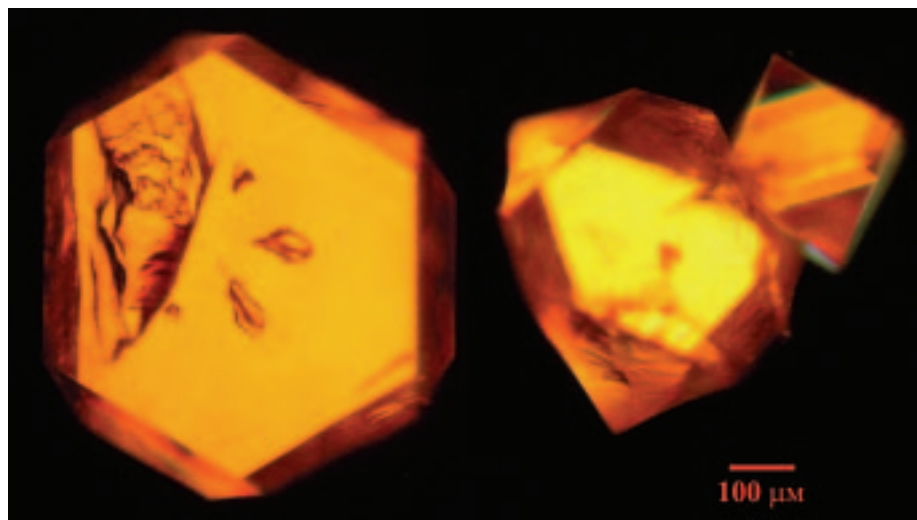
хиральным. В результате и сам кристалл закручивается в спираль. Причем направление его закрутки совпадает с направлением спиралей рельефа — это хорошо видно на фото 2, где новый ростовой слой закручивается вправо. Эта же фотография свидетельствует, что механическое взаимодействие с рельефом не может стать причиной такого закручивания: кристалл зародился между микроспиралью подложки и с ними

не контактирует. Получается, что главную роль здесь играет именно ставшее асимметричным поле концентраций внутри капли.

А механическое влияние подложки хорошо видно на фото 3. Зарождение кристалла на границе раздела фаз происходит всегда легче, чем в объеме раствора. Вследствие определенной энергетической выгоды вещество предпочитает выделяться из раствора на стенке рельефа, и зародыш начинает повторять форму материнской неровности. Для дальнейшего же роста рельеф ему уже не нужен, поэтому кристаллы быстро распространяются в разные стороны, порождая структуры, подобные звездам.

Солнечный янтарь

Многим известен химический опыт «золотой дождь», его показывают студентам-первокурсникам химических специальностей. Обычно для опыта требуется ядовитый нитрат свинца, но можно получить золотой дождь и с безвредными реактивами. Об одном из таких способов было рассказано в январском номере «Химии и жизни» за 1987 год. В свинцовую стружку добавляют немного аптечного иода, осторожно нагревают до кипения и ждут, пока иод не потеряет свой цвет. Затем жидкость выливают в холодную воду, и из возникающего раствора сразу же выпадают золотистые чешуйки кристалликов иодида свинца — настоящий золотой дождь или золотая метель. Такие кристаллики имеют форму плоских шестиугольников и треугольников.



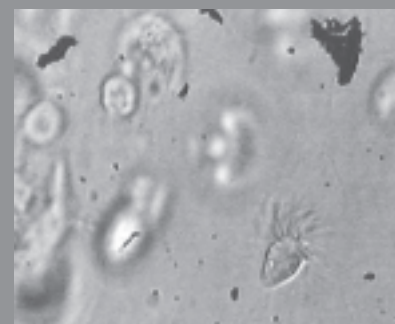
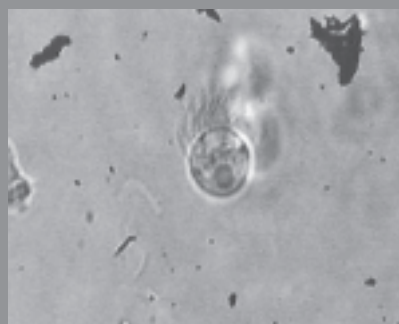
А нельзя ли эту форму изменить? Чтобы ответить на такой вопрос, на факультете наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова мы провели эксперимент и вырастили небольшие кристаллы PbI_2 за счет встречной диффузии компонентов раствора в слое геля кремниевой кислоты в присутствии аминокислот-модификаторов. Объемная форма кристаллитов оказалась совсем не такой, как у синтезированных обычным способом: вме-

сто плоских шестиугольников образовались объемные фигуры: призмы и двойные пирамиды. На фотографии мы видим «парение» объемных кристаллов в темном пространстве — геле кремниевой кислоты, который рассеивает свет и становится невидимым. А кристаллы иодида свинца его отражают.





ФОТОИНФОРМАЦИЯ



Вестники гриппа

В этом году январь и февраль выдались на редкость холодными. Температура у меня дома упала градусов до десяти, да и в кабинете физики колледжа, где я работаю три дня в неделю, бывало прохладно. Из-за этого или из-за начинавшейся в Москве эпидемии гриппа я однажды вернулся домой с больным горлом и обнаружил, что у меня температура. По всем признакам начался грипп.

А грипп для меня — болезнь особенная. Даже желанная в некотором смысле. Дело в том, что на третий-четвертый день заболевания в откашливаемой мокроте появляются движущиеся реснитчатые эпителиальные клетки. Под микроскопом эти взмахивающие ресничками круглые клетки представляют собой потрясающее зрелище! Мне они кажутся похожими на голову женщины под водой, длинные волосы которой, стремясь всплыть, распрямились, развернулись веером и раскачиваются вместе с волной. Уже несколько лет, заболевая гриппом, я налаживаю микроскоп, устанавливаю на него видеокамеру, подключаю ее к компьютеру и фотографирую реснитчатые клетки. У меня уже накопилось около сотни таких снимков. А недавно я установил программу, позволяющую делать целые фильмы, и теперь могу показывать друзьям и знакомым эти клетки в движении.

Грипп не подвел и на этот раз. Реснитчатые клетки появились именно

тогда, когда я их и ожидал, и мне удалось отснять несколько видеоклипов. Я был доволен, но приближался день выхода на работу.

Очень мне не хотелось пропускать занятия. За предыдущие годы я не пропустил по болезни ни одного дня в колледже. Конечно я болел иногда, но пик недомогания всегда приходился на те дни, когда можно было отсидеться дома. Заразить своих учеников я не боялся, потому что эту опасность могу теперь контролировать. Дело в том, что вирус гриппа в дыхательных путях прежде всего проникает в клетки реснитчатого эпителия и размножается в них. Когда организм человека с помощью вирусоспецифических Т-лимфоцитов избавляется от инфицированных эпителиальных клеток и удаляет их из дыхательных путей, он освобождается и от вирусов. Обнаружив с помощью микроскопа, что реснитчатые клетки больше не выделяются, можно утверждать, что вирусов в дыхательных путях уже нет и больной не заразен.

Именно такая ситуация сложилась у меня за сутки до выхода в колледж. В течение всего дня реснитчатые клетки не обнаруживались, да и температура лишь немного превышала нормальную. Вторичная микробная инфекция, понятно, была, но она не столь опасна. В общем, на следующий день я по морозцу отправился в колледж.

Первые два дня прошли обыкновенно. Температура у меня оставалась невысокой. Третий день, пятница, по-

казался мне тяжелым — никак не удавалось угомонить учеников. Поэтому на последнем уроке я предложил им открыть учебники и самостоятельно изучать текст, а сам смог почти ничего не говорить.

Возвращаюсь в холодный (+10°C) дом, меня сильно знобит. Не раздеваясь, валюсь на постель и беру термометр — около 40. Как же так? Высокая температура характерна именно для вирусной инфекции. Неужели мой тест с реснитчатыми клетками на присутствие вирусов оказался ошибочным? Тогда получается, что я лишние три дня размножал в своей трахее вирусов и теперь мне угрожает вирусная пневмония? Это уже по-настоящему опасно. Ну что мне стоило посидеть дома еще несколько дней? Впрочем, не будем торопиться с выводами. Встал, сделал себе грелку. С грелкой заснул. Часа через два просыпаюсь, измеряю температуру — 37,1°.

Ура! Наука торжествует! Наверное, это какой-то недобитый вирус сумел-таки размножиться в моем горле. Но как только я согрелся и восстановил кровообращение, уже наработанные в организме Т-лимфоциты за час-два сделали свое дело. Вирусная пневмония отменяется! А с микробами я надеюсь за четыре предстоящих дня справиться, как это уже не раз бывало.

В. Федотов

Разные разности

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,
Е. Сутоцкая,
А. Тугунов

Источники:

BBC News,
News@nature.com,
SpaceRef

Ученые до сих пор не умеют точно определять возраст тропических деревьев. Видимые сезонные кольца появляются только в умеренных широтах, а в тропиках они выражены лишь у некоторых представителей растительного царства, например у тикового дерева. У всех остальных влажные и засушливые периоды не оставляют заметных отметин. Из-за этого южные деревья, в отличие от северных, не годятся в летописцы климатических изменений.

В тропиках исследователям приходится полагаться на кораллы и отложения осадков на дне озер. Но кораллам известна история всего нескольких столетий, а осадки не дают четкую картину за каждый год. Огромные тропические деревья могли бы многое рассказать о прошедшей тысяче лет, если бы удалось понять, как в них записана смена сезонов и климатических условий. До сих пор ученые расшифровывали календарь деревьев, полагаясь на изотопный анализ, но эта процедура занимает почти четыре месяца.

Сотрудники Принстонского университета в Нью-Джерси с помощью рентгеновского излучения нашли у растущего в Таиланде дерева *Milium velutina* невидимые глазом кальциевые кольца. Деревья усиленно поглощают кальций в период активного роста, и пики его потребления удалось зафиксировать с 1909 года. Результаты полностью совпали с данными изотопного анализа, однако новый метод существенно быстрее: один образец обработали всего за полдня.

Впрочем, остается немало вопросов. Не ясно, всем ли растениям присущ сезонный кальциевый цикл и составляют ли периоды сильной засухи достаточно четкий след.



В конце 90-х годов прошлого века во время дорожных работ в мексиканской провинции Веракрус была найдена плита из змеевика весом 12 кг. Ее высота оказалась равной 36 см, ширина — 21, толщина — 13. На поверхности камня высечены 62 странных символа, некоторые из них повторяются более четырех раз.

Находкой заинтересовались мексиканские археологи, пригласившие к сотрудничеству своих коллег из США. По мнению исследователей, это образец письменности 900-го года до новой эры. Здесь есть четко выраженные отдельные элементы, повторяющиеся конструкции. Расшифровать текст, хотя бы приблизительно, пока вряд ли удастся, остается надеяться на дальнейшие находки в этом районе. Пока можно лишь предположить, что плита была объектом священным, ее использовали во время ритуалов.

Авторство текста приписывают ольмекам, жившим в доколумбовой Америке и известным своими огромными изваяниями голов. «Расшифровав надпись, мы впервые услышим голоса мезоамериканской цивилизации», — говорят археологи.

Мезоамерика — географический регион, расположенный между долиной реки Синалоа на севере Мексики и заливом Фонсека, к югу от Сальвадора. Здесь жили майя, ацтеки, их предшественники. Сейчас эту территорию занимают Мексика, Гватемала, Белиз, Сальвадор и запад Гондураса. Ольмеки появились на берегах Мексиканского залива в 1200 году до н. э.



Температура в Арктике растет почти в два раза быстрее, чем в среднем на планете. Лед там становится тоньше, и с каждым летом его все меньше. Наблюдения со спутников начались в этом районе в 1978 году, и с тех пор минимальная площадь ледового покрытия пришлось на сентябрь 2005 года.

Сотрудники одной из лабораторий NASA следили за арктическими льдами с помощью радарной установки спутника «Quicksat». Многолетний лед толще молодого, сезонного и достигает трех метров, он не такой соленый, в нем больше пузырьков и его поверхность более шероховатая. Различия хорошо видны из космоса.

Наибольшие потери произошли с октября 2004 по март 2006 года. Самые катастрофические отмечены 21 декабря 2005 года. За предыдущий год площадь многолетнего льда уменьшилась на 730 000 км². Это сопоставимо с территорией Турции или Пакистана. Большая часть потерь пришлось на Восточную Арктику — север России и Европы. Одновременно добавилось льдов в Западной Арктике — на севере Америки и Атлантического океана. За год Северный океан лишился 14% льдов, тогда как раньше этот показатель не превышал 7,8% за десятилетие.

Что стало причиной? Случайность ли это или первый признак исчезновения многолетнего ледового покрова? В 2005 году в восточной Арктике дули непривычные для этого региона ветра. Возможно, они отогнали лед к западу. Но как это объясняет столь значительное таяние? Ответа пока нет.

Потеря Арктикой льдов скажется на климате Земли. Возможно, без столь мощного отражателя солнечного света он станет теплее. Но есть и другой сценарий: тяжелый Гольфстрим тогда нырнет под талые, менее плотные воды и перестанет обогревать наш континент.

Антропологи полагают, что неандертальцы появились почти 230 000 и вымерли около 35 000 лет назад. Когда-то эти приземистые мощные охотники проживали на огромных территориях — от Британии и Иберии на западе до Израиля на юге и Узбекистана на востоке. Но эта ветвь эволюции оказалась тупиковой. Человек разумный, переселившись из Африки в Европу, вытеснил неандертальцев.

Одним из последних мест их пребывания на континенте была пещера Горхам у Гибралтара. Материал очагов, расположенных в ней и согревавших когда-то древних людей, подвергли радиоуглеродному анализу исследователи из Великобритании, Гибралтара, Испании и Японии. Теперь с уверенностью можно сказать, что неандертальцы жили здесь всего 28 000 лет назад.

Пещера хорошо проветривалась и была неплохо освещена. Высокий сводчатый потолок позволял дыму от костров подниматься вверх, так что ее обитателям удуще не грозило. Уровень моря в то время был ниже, вокруг пещеру окружали болота и дюны с разнообразной фауной. Профессор К.Стрингер из лондонского Музея естественной истории утверждает, что на горе водились козлы, а на равнинах — олени, лошади и кролики. Неандертальцы ели также моллюсков и черепаха, запеченных в собственном панцире.

Что стало причиной исчезновения неандертальцев? Вероятно, помимо конкуренции с людьми разумными свою лепту внесло серьезное изменение климата, начавшееся 30 000 лет назад. 24 000 лет назад началась большая засуха, которая могла сократить рацион уцелевших неандертальцев.



Астрономы продолжают спорить, следует ли считать Плутон обычной планетой или карликовой, а он тем временем подкидывает новые загадки. Например, необычайно быстро нагревается и остывает. Это следует из наблюдений, проведенных с помощью телескопов «Кеск» и «Subaru» на Гавайях. Ученые смотрели, как изменяется свет какой-нибудь звезды, когда планета проходит перед ней. По этим данным удается измерить плотность атмосферы и узнать, как она изменяется.

Большая часть азотного льда на планете содержит растворенный метан. В обычных условиях эти вещества замерзают при разной температуре. Вероятно, их сводят вместе резкие охлаждения планеты.

По мере того как Плутон движется по своей орбите, расстояние от него до Солнца изменяется. Когда на замерзшую поверхность падает больше солнечного света, испарение усиливается и атмосфера становится толще и плотнее. Повышение температуры лишь на 1,5°C приводит к тому, что ее плотность вырастает вдвое. Сейчас Плутон удаляется от Солнца и получает на 6% меньше света, чем в 1989 году, когда он подходил к светилу ближе всего.

«Поверхность Плутона постоянно меняется, так как разные части сферы попеременно попадают под прямой солнечный свет или находятся в тени, так что вещество грунта непрерывно испаряется и вновь конденсируется. Мы не знаем точно, как это происходит и как работает на планете атмосферная циркуляция. Но экспедиция «New Horizons» уже в пути, и надо использовать девять лет, которые ей понадобятся для достижения цели, чтобы понять, что нас там ждет», — говорит астроном Э.Янг из Колорадо.



Несколько лет назад О.Бланке из Федеральной политехнической школы Лозанны электростимуляцией мозга добился эффекта разделения души и тела, при котором человек наблюдает себя извне. А недавно во время подготовки к операции пациентки с эпилепсией он обнаружил симптомы, свойственные больным шизофренией. При этом психиатрической симптоматики не наблюдалось.

Хирургическое вмешательство необходимо было женщине двадцати двух лет для удаления огрубевших тканей мозга, вызывавших эпилептические припадки. Предварительно требовалось нащупать электродами области, контролирующие речь и движения правой руки, чтобы не повредить их во время операции. Случайно врач задел участок мозга, координирующий разную сенсорную информацию — именно он позволяет человеку ощутить свое тело в пространстве, сформировать его образ. Через несколько секунд после начала стимуляции больная сказала, что за ней стоит тень мужчины, которая копирует все ее движения. Когда женщину попросили наклониться и сменить колени, она с ужасом сообщила, что фантом вот-вот схватит ее. Даже когда пациентке объяснили, что это всего лишь порождение ее мозга и видит она саму себя, испуг не прошел, больная продолжала оглядываться в поисках тени.

По словам Бланке, подобные нарушения восприятия часто встречаются у страдающих серьезными психиатрическими заболеваниями, в частности, шизофренией. Они перестают правильно воспринимать собственное тело, порой им кажется, что какая-то его часть принадлежит не им.

Теперь ученый попытается воссоздать эффект на здоровых добровольцах.

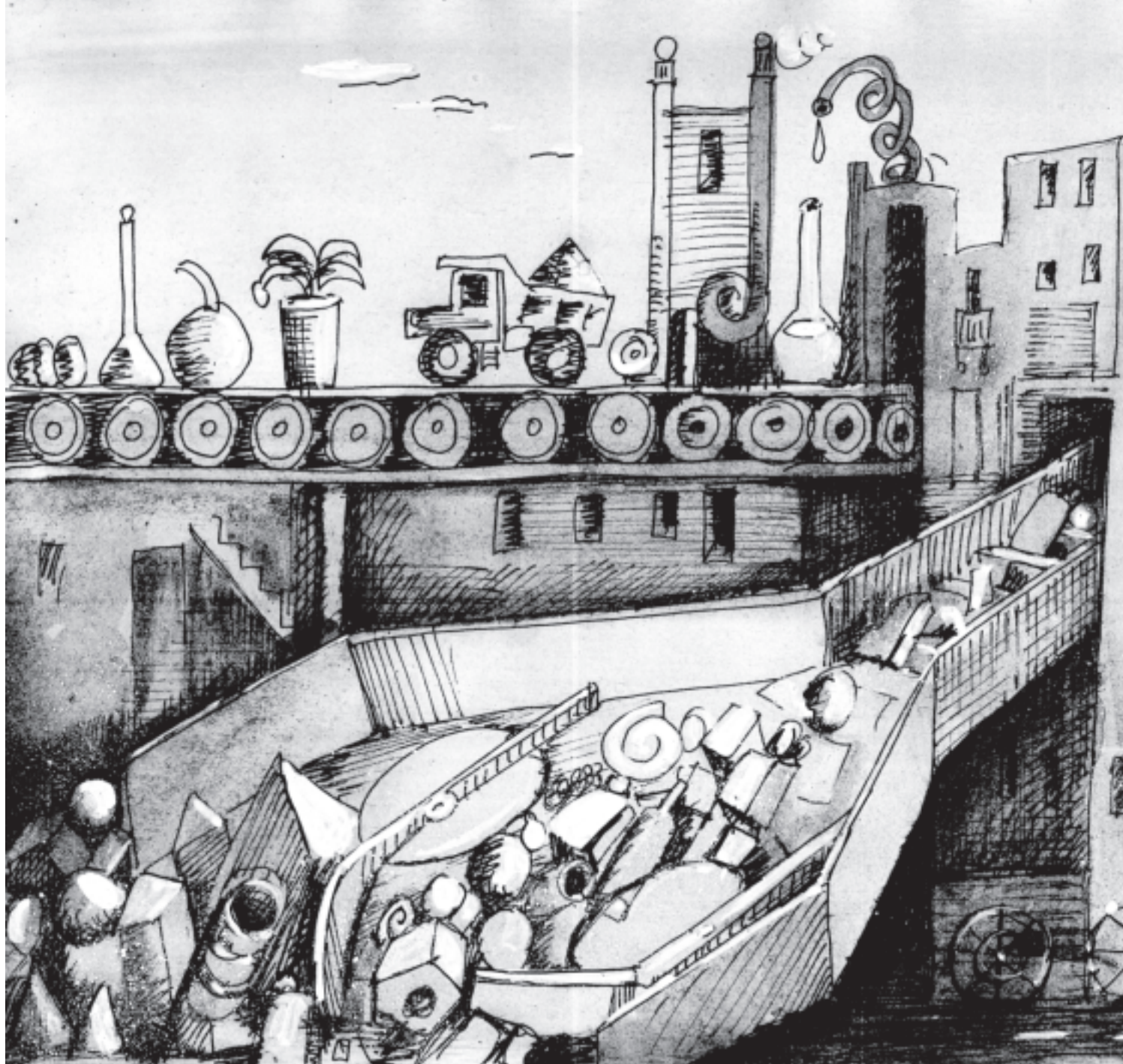
Голландский купец Ян Теерлинк в 1803 году привез из Южной Африки в Англию семена бобов *Liparia villosa*, а также непознанных видов протеи и акации. Торговец плавал на прусском судне «Henriette», возил шелк и чай из Китая и с Явы. Семена он подобрал на мысе Доброй Надежды, где ненадолго остановился на пути в Европу. Затем корабль захватили англичане, имущество купца отправили в высший суд адмиралтейства, и часть вещей оказалась в Национальном архиве.

Спустя почти двести лет в записной книжке Теерлинка, сохранившейся на архивных полках, обнаружили африканские семена и передали их ботаникам, которые решили их прорастить. В успехе этого предприятия легко было усомниться. Семена около года плыли от мыса Доброй Надежды, потом десятилетия лежали в лондонском Тауэре. Лишь последние десять лет они провели в подходящих условиях под наблюдением специалистов.

Ученые немало потрудились, чтобы заставить семена ожить. В районе мыса регулярно случаются пожары, которые обжигают их твердую оболочку и готовят к прорастанию. Исследователи воспроизвели действие огня, однако даже при такой обработке удалось разбудить лишь три из 32 семян. Когда растения Теерлинка наберут массу, биологи из Кью планируют изучить их геномы и гены. Это поможет выяснить, как шла эволюция бобовых в Южной Африке за последние два века.

Прорастить старинные семена удавалось и раньше. Четыре года назад американские специалисты возродили лотос из семян, которым, по данным радиоуглеродного анализа, исполнилось 500 лет. Позднее израильские ученые сообщили о появлении на свет финиковой пальмы из семени 2000-летней давности.



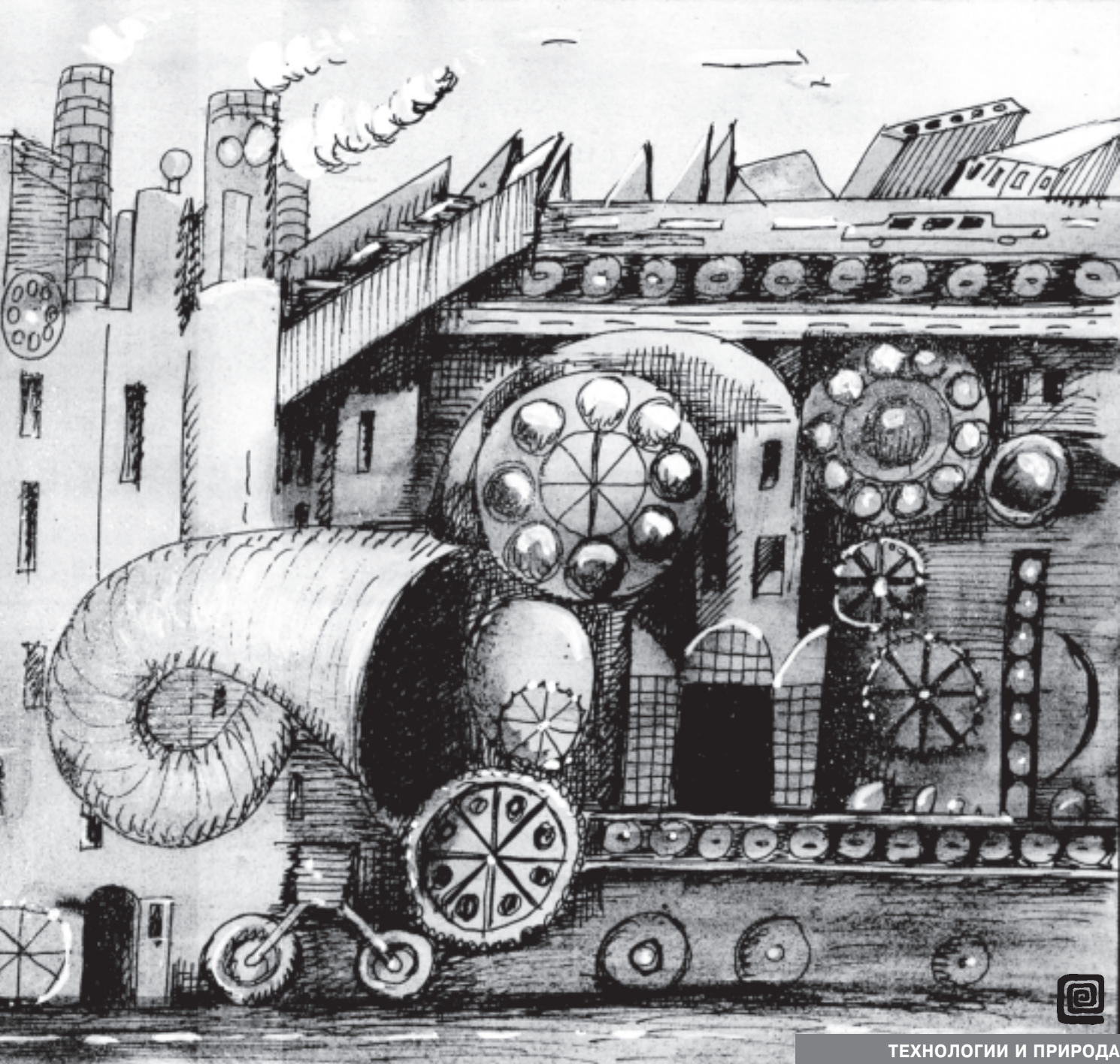


Сжигать, а не хранить

Генеральный директор
ООО «ТЭПэнерго»
В.Р.Пурим

Рядом с любым российским городом расположены экологически опасные объекты, которые незаметно отравляют людей и природу. Занятые ими территории постоянно увеличиваются, однако ни население, ни даже экологические службы не требуют немедленно их убрать. Я имею в виду многочисленные свалки бытовых отходов. Мы не протестуем против них, более того, поднимаем свой гневный голос, когда намечается строительство какого-либо предприятия по переработке бытового мусора. Неужели единственный способ справиться с отходами — это хранить их на свалках и ждать, пока они разложатся? Или они безопасны и нам не стоит их бояться?

С точки зрения химика, свалки отходов (их называют также полигонами ТБО) — это скопище всех химических элементов, существующих в природе. Конечно, они не встречаются в чистом виде, а содержатся в компонентах бытового мусора, которых насчитывается около 1750. Органическая часть бытовых отходов постепенно перегнивает без кислорода в слое мусора толщиной до 25



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

метров. Многие из образующихся соединений летучи. На пути к поверхности они самовозгораются, поскольку из-за гниения в толще отходов повышена температура, но сгорают не полностью. При разложении мусора и горении продуктов его распада возникает много вредных и ядовитых веществ, активно реагирующих с хлор- и фторсодержащими компонентами, которые всегда присутствуют в бытовом мусоре.

Еще в 80-е годы прошлого столетия немецкие и советские ученые обнаружили в воздушной среде над городскими свалками свыше 25 видов вредных и опасных ядовитых веществ (диоксины, фураны, дихлорметан, хлороформ, винилхлорид, тет-

рахлорэтан, метан, фосген и другие), которые образуются в слое мусора и постоянно выделяются из него. Концентрации этих веществ примерно в 200–250 раз превышают предельно допустимые (ПДК) для населенных мест. Все эти вредные и ядовитые соединения ветром распространяются на громадные расстояния, достигая жилых районов. Загрязняется также подземная среда — в нее опасные и ядовитые вещества, патогенные микробы проникают с осадками и заражают подземные источники питьевой воды. Поэтому вред от бытовых отходов, увезенных на свалки, не прекращается, а возвращается к тем, кто от них якобы избавился. Иными словами, свалки быто-

го мусора — это многолетние источники загрязнения и заражения окружающей среды.

В западноевропейских странах, да и в большинстве стран остального мира, в среднем перерабатывается 70–75% бытового мусора, поэтому полигоны ТБО там невелики по занимаемой территории и по массе отходов. Несмотря на это, Совет Европейского экономического сообщества еще в 1975 году издал директиву, согласно которой входящие в него государства должны были к 2005 году ликвидировать свалки на своей территории.

А каково положение в России? У нас перерабатывается всего около 1,5% бытовых отходов, и то за счет трех

московских мусоросжигательных заводов. Если бы Россия была членом ЕЭС, нас исключили бы из этой организации, так как вряд ли мы сможем в ближайшие сто лет перерабатывать хотя бы 25% бытового мусора. Несмотря на то что свалки бытовых отходов вредят экологической обстановке, конкретных мер по их ликвидации никто не предпринимает.

Вот один яркий пример. Одной проектной организации поручили рассмотреть, целесообразно ли строить в Волгоградском регионе предприятие по обезвреживанию и утилизации бытовых отходов и поможет ли оно ликвидировать местные полигоны ТБО. Специалисты этой организации попросили экологическую службу предоставить им материалы о воздействии существующих свалок на окружающую среду, чтобы сравнить их с воздействием будущего предприятия, и получили отказ: нужных материалов у них не было. Более того, экологи потребовали предоставить такие данные от проектировщиков. Такое же положение во всех городах России. Можно ли говорить о ликвидации городских свалок, если даже экологические службы городов и регионов не проявляют интереса к этим опасным объектам!

Да и смогут ли экологи объективно рассмотреть этот вопрос? По нашему опыту, в городах, где предлагается построить предприятие для обезвреживания бытового мусора и ликвидации свалок, экологические управления или комитеты выступают непримиримыми противниками такого строительства. При этом они привлекают на свою сторону общественность, а ее весьма сложно убедить в полезности сжигания мусора. Получается парадокс. Экологические органы регионов и городов призваны следить за состоянием окружающей среды и ее влиянием на здоровье человека. Они не могут не знать, что на высокие показатели смертности российского населения в немалой степени влияет зараженность окружающей среды вредными и отравляющими веществами, а также болезнетворными микроорганизмами. Патогенные микробы не только распространяются вокруг многочисленных свалок бытового мусора, но и разносятся от них животными и птицами. Весьма удивительно, что это приходится доказывать контролирующим экологическим органам. Складывается впечатление, что они не желают расставаться со свалками и даже оберегают их.

Что же можно предпринять для улучшения экологической обстановки в российских городах? Мы много лет исследовали этот вопрос и вот к чему пришли. Частичная сортировка отходов, о которой так много говорят и пишут, непригодна для российского мусора. Во-первых, в нем слишком много компонентов, а во-вторых, его влажность слишком высока — около 56%. Даже в Германии, где много лет борются с бытовыми отходами, удается отсортировать только 10%. А ведь их еще нужно отмыть и очистить на специальных устройствах, чтобы сдать предприятиям — приемщикам вторсырья. К тому же отмывочные сточные воды необходимо нейтрализовать, а это дорого и весьма сложно. И все это ради 10%?

Не подходит и компостирование, поскольку конечный продукт предполагается применять как удобрение, а в нем скапливается много вредных тяжелых металлов. Конечно, компост можно было бы использовать для цветоводства, но там не нужно столько удобрений, сколько получается из всего мусора. Следовательно, и в этом случае проблему бытовых отходов и свалок невозможно решить полностью.

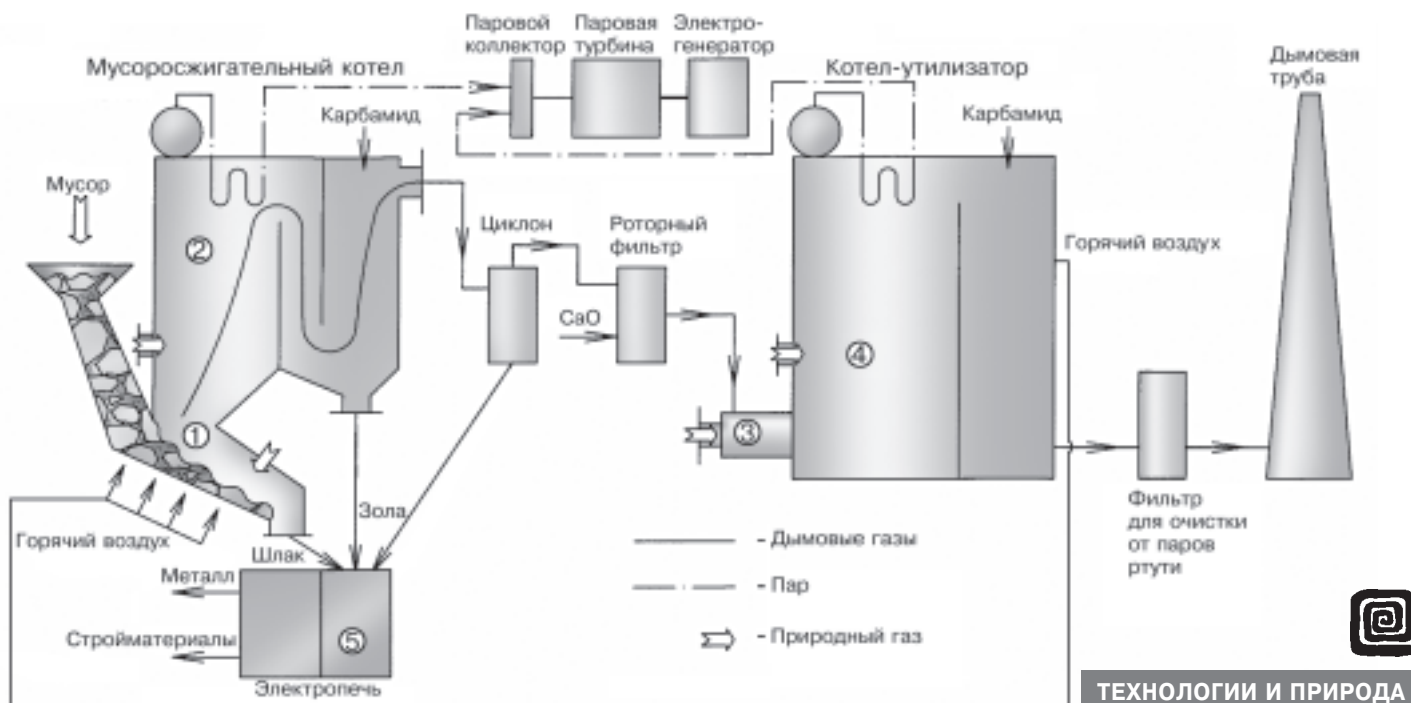
Газификация мусора методом пиролиза, то есть тление мусора в шахтной установке при недостатке кислорода и повышенной температуре, тоже не годится. При этом образуются продукты неполного сгорания, из которых в присутствии хлор- и фторсодержащих компонентов, как мы уже говорили, образуются фосгены, диоксины, фураны и многие другие вредные и отравляющие вещества. Для их обезвреживания требуются специальные очистные устройства, которых пока нет нигде в мире — их еще нужно создать. Возникает вопрос: зачем из мусора на сложном оборудовании делать газ, а затем сжигать его на другом, не менее сложном оборудовании? Не лучше ли сжигать мусор сразу, без промежуточной стадии? Видимо, причина в том, что такой процесс был создан когда-то для других целей, а затем его применили для бытового мусора, забыв, что при этом образуются опасные для человека вещества.

Не пригодны и такие весьма энергоемкие и дорогие в эксплуатации методы, как сжигание в шлаковом расплаве и плазменное сжигание. Дело в том, что бытовой мусор — это низкокалорийное топливо (теплота сгорания всего 850–1300 ккал/кг) и без добавления высококалорийного ископаемого топлива он гореть не может. Даже

если такими добавками повысить калорийность мусора до 1650 ккал/кг, чтобы он мог устойчиво гореть, температура пламени не превысит 400–450°C. А при сжигании в шлаковом расплаве и плазменном сжигании температура составляет 2500–2700°C и 3500–3700°C соответственно. Следовательно, для этих процессов требуется огромное количество дорогостоящего ископаемого топлива. Тогда что ради чего мы сжигаем?

Специалисты проектной энергетической организации ООО «ТЭПэнерго» предложили свой, наиболее рациональный способ обезвреживания и утилизации российских бытовых отходов, при котором энергия сберегается. Разработанная нами технология учитывает, что российский бытовой мусор отличается от зарубежного многокомпонентностью, высокой влажностью и другими существенными особенностями. Суть метода — пятиступенчатая термическая переработка отходов. На выходе получаются дешевая тепловая и электрическая энергия, строительные материалы и слитки металлов, содержащихся в бытовых отходах. Безопасность этих продуктов подтверждена документами. Предприятие, основанное на такой технологии, представляет собой не что иное, как тепловую электростанцию.

Вот как она работает (см. схему). На обезвреживание принимаются все несортированные бытовые отходы. Крупногабаритные бытовые изделия (холодильники, стиральные и швейные машины, электронные приборы, мебель и др.) после извлечения из них ценных металлов дробят, перемешивают с остальным мусором и подают в мусоросжигательный котел (это первая и вторая ступени). Туда же поступает воздух, нагретый теплом уходящих дымовых газов, а также сжиганием газообразного топлива (его нужно всего 20% от количества сжигаемых отходов). Под действием воздуха с температурой до 450°C мусор разлагается на две фазы: газообразную (дымовые газы) и твердую (шлак). Они содержат все продукты неполного сгорания и вредные вещества, включая диоксины и фураны. По мере движения дымовых газов по газоходам мусоросжигательного котла большая часть диоксинов и фуранов реструктурируется (при температуре 1250°C и времени пребывания газов во второй ступени не менее двух секунд связи в молекулах этих веществ разрываются, и образуются отдельные нейтральные атомы).



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

Схема электростанции на сжигаемом мусоре. Цифрами обозначены ступени процесса

В восстановительной зоне котла из-за недостатка кислорода часть продуктов полного сгорания восстанавливается и количество продуктов неполного сгорания увеличивается. С таким составом дымовые газы поступают в высокоэффективное четырехступенчатое газоочистное устройство. Оно состоит из циклона, роторного фильтра, устройства для вдувания известковой пушонки (измельченного сухого гидроксида кальция, который связывает вредные вещества в карбиды). Затем дымовые газы очищают от оксидов азота с помощью карбамида. В результате дымовые газы на 99,99% освобождаются от HCl, HF, SO₂, NO_x и паров ртути. Хлор- и фторсодержащие компоненты почти полностью остаются в виде карбидов в газоочистном устройстве.

Вторичные диоксины и фураны, образовавшиеся в последних газозонах мусоросжигательного котла из-за пониженной температуры в них, а также продукты неполного сгорания не улавливаются в газоочистном устройстве, а продолжают движение в потоке дымовых газов. В третьей ступени этот поток с высокой скоростью вращается, и недоокисленные продукты моментально сгорают в факеле газовой горелки при $t = 1350^{\circ}\text{C}$. А в четвертой ступени в тех же условиях, что и во второй, вторичные диоксины и фура-

ны реструктурируются и также исключаются из потока дымовых газов. Следовательно, в дымовую трубу поступает всего лишь сотая доля HCl, HF, SO₂ и NO_x. Диоксинов и фуранов в потоке дымовых газов нет.

Образующееся на всех четырех ступенях тепло превращает воду в перегретый пар ($t = 370^{\circ}\text{C}$, $P = 25$ атм), который направляется в паровые турбогенераторы для выработки электрической энергии.

Что касается твердой фазы (шлака), то он после мусоросжигательного котла поступает в электропечи (пятая ступень), где разжижается с помощью электроподогрева до температуры плавления (примерно 1500–1600°C). При этом металл выплавляется и превращается в слитки, а жидкий шлак используется для производства высокопрочного гравия.

Предлагаемая ООО «ТЭПэнерго» технология уже находит применение, выполнено два проекта. В октябре наши специалисты начнут разработку документации для строительства электростанции на сжигаемом мусоре в Камышине. Все оборудование для нее — отечественное, оно изготавливается серийно и прекрасно работает в разных отраслях промышленности.

Наша технология безотходна и безопасна для окружающей среды. Основанное на ней предприятие будет не только энергетическим, но и природоохранным, поскольку оно устраняет вредные химические воздействия на людей, животных, растения.

Еще раз хочется напомнить, что это не обычный мусоросжигательный завод, нагоняющий страх на экологов и население, а принципиально новое предприятие — тепловая электростанция, где благодаря специально разработанной технологической схеме предотвращается выброс диоксинов, фуранов и других опасных соединений, так как они или полностью сгорают, или не образуются.

Мы уверены, что подобные электростанции позволят ликвидировать свалки бытового мусора. Это подтвердили заключения Российской академии наук и ряда специализированных научно-исследовательских институтов и организаций. И тогда Россия сможет выйти вперед в решении тяжелой проблемы человечества.

Что еще можно почитать о переработке мусора

В.Р.Пурим. Бытовые отходы, теория горения, обезвреживание, топливо для энергетики. М.: Энергоатомиздат, 2002.

Материалы 9-го заседания немецко-советской группы «Энергия», 5–9 ноября 1990. Майнц, Германия.

Сибиряк и Мертвое море



Горный инженер, прибывший из далекой Сибири, подарил Земле Израиля сокровища Мертвого моря и превратил его в море жизни.

Яков Цур



Когда он впервые оказался на берегу Мертвого моря, там не было ни одной хибары. Мертвым было не только море, но и берега. Прошли годы, и благодаря энергии и энтузиазму этого человека произошло чудо — море, называвшееся в древности Вонючим (хаям ха-Масриях), поскольку от окрестных источников исходил запах серы, — ожило. На его берегах выросли предприятия, ставшие основой химической промышленности Израиля, а позже — лечебницы и отели.

Этого человека звали Моисей Абрамович Новомейский. Он родился 25 ноября 1873 года в селе Баргузин на озере Байкал. Семья жила там, поскольку деда героя этого очерка сослали в Сибирь за помощь, оказанную полякам во время восстания 1830—1831 годов. Сосланной семье помогал декабрист В.К.Кюхельбекер, в доме которого и родился будущий родоначальник химической промышленности Израиля.

Детство Моисея Новомейского прошло среди ссыльных революционеров, азам русской грамоты его обучала Екатерина Брешко-Брешковская, вошедшая в историю как «бабушка русской революции». Позже он близко познакомился с Г.В.Плехановым, П.А.Кропоткиным и Л.Д.Троцким. В одиннадцать лет Моисей уехал в Иркутск, где окончил техническое училище. Поскольку его отец мечтал, чтобы сын стал горным инженером, он продолжил образование в Рудной академии немецкого города Клаустель.

Революционное окружение дало о себе знать — Моисей снабжал динамитом боевую организацию эсеров во время бурных событий 1905 года. После этого он был арестован и семь месяцев отсидел в Петропавловской крепости.

Вернувшись после учебы в Германии домой, Новомейский построил в деревне Алга фабрику для добычи и очистки глауберовой соли. Фактически это

была одна из первых попыток создать современное химическое производство в Восточной Сибири. Однако царские власти, не проявив интереса к современному производству, фабрику закрыли.

Новомейский заинтересовался природными богатствами Мертвого моря благодаря выдающемуся немецкому физику Отто Генри Варбургу (1883 – 1970), лауреату Нобелевской премии за 1931 год. Впервые Моисей приехал на берег Мертвого моря в 1911 году и даже успел провести ряд химических исследований, после чего политическая ситуация, складывавшаяся тогда в Европе, потребовала его возвращения в Россию.

Октябрь 1917 года и Гражданская война разделили семью Новомейских на два лагеря. Старшая сестра будущего основателя химической промышленности Израиля Мария Абрамовна и младший брат Семен Абрамович примкнули к большевикам, сестра даже работала в Наркомпросе под руководством Н.К.Крупской. А наш герой с матерью и

младшими сестрами в 1920 году переехал в Палестину, которой в те времена по мандату Лиги Наций управляли англичане. В Сибири и на Дальнем Востоке еще шла Гражданская война, поэтому до Палестины добирались кружным путем – через Монголию и Китай.

Моисей не был химиком по профессии, но образование горного инженера и чутье делового человека подсказывали ему: надо осваивать Мертвое море и выгоднее всего заняться разработкой калийных минералов. В те времена огромным спросом пользовались калийные удобрения и поташ, который шел на производство взрывчатки. В годы Первой мировой войны германская химическая промышленность производила огромные количества поташа, а страны Антанты немного отставали от немцев. Поэтому, например, в Англии цены на поташ во время войны выросли в 9 раз, а в США в 12 раз.

Мертвое море – кладезь поташа, то есть карбоната калия, и поэтому М.А.Новомейский решил, что разработку минеральных богатств Мертвого моря надо начать именно с него. Но все оказалось не так просто. Новомейский приехал в Палестину с практически готовым проектом строительства химического комбината – он был готов в 1920 году, а строительство началось



Согласно археологическим данным, Мертвое море (его название на иврите означает Соленое) существует более 15 тысяч лет. Оно расположено в тектонической впадине Гхор, на 395 метров ниже уровня Мирового океана — это самая низкая точка поверхности Земли. Общая его площадь — 1050 км², длина — 76 км. В объеме воды 110 км³ растворено 50 миллиардов тонн минеральных веществ.

Соленость Мертвого моря в восемь раз превышает соленость Атлантического океана и в 40 раз — Балтийского моря. В водах других морей основная соль — это хлористый натрий, поскольку его содержание около 77% от всего солевого состава, а в водах Мертвого моря его только 25—30%. Зато там очень много солей магния (до 50%), и брома (5920 мг/л). По бромю Мертвое



только через десять лет. Все это время сибиряк получал концессию на право разработки минералов, а британские власти упорно не хотели отдавать перспективное дело русским евреям. М.А.Новомейскому удалось настоять на своем, но, чтобы избежать политических и экономических осложнений, концессию на добычу брома и поташа из вод Мертвого моря он получил совместно с англичанином — майором Таллоком. На это ушли годы.

Когда, наконец, бумаги были подписаны, крупнейшее на всем Ближнем Востоке химическое предприятие было построено почти мгновенно. Также появилась Палестинская поташная компания (ППК, 1931 год), которая уже через год поставила первые партии брома и поташа на британский рынок. В годы Второй мировой войны предприятия Мертвого моря обеспечивали Англию почти половиной необходимого ей поташа.

В книге «От Байкала до Мертвого моря», изданной на русском языке в 1956 году, М.А.Новомейский писал: «Приступив к строительству заводского поселка в пустыне, я не раз вспоминал свою жизнь в Сибири; там мне также приходилось строить копи и фабрики в глухомани, на расстоянии нескольких дней езды от ближайшего человеческого жилья. Мне всегда нра-

вилось быть первопроходцем». В 1934 году компания построила еще один завод на юге Мертвого моря. Его близким соратником и помощником был русский химик Борис Григорьевич Пантелеймонов, который активно работал



с Новомейским вплоть до 1937 года, а затем уехал в Париж, где создал научно-исследовательскую лабораторию.

В 1952 году заводы, построенные М.А.Новомейским, вошли в состав компании «Предприятия Мертвого моря», большая часть акций которой принадлежала государству. Несмотря на это,

Новомейский до конца жизни руководил химической промышленностью Израиля. В последние годы своей жизни он занялся добычей магния из солей Мертвого моря и участвовал в создании первых современных лечебниц. На самом деле о целебных свойствах воды, грязей Мертвого моря и сернистых минеральных источников, расположенных вблизи, известно с давних пор. Первые курорты там построили еще римляне.

Благодаря неутомимой деятельности Моисея Абрамовича Новомейского Мертвое море в буквальном смысле стало живым. В своих воспоминаниях Новомейский пишет: «В 1920 году Мертвое море посещали лишь единичные путешественники. Согласно общепринятому тогда мнению, считалось, что люди белой расы не в состоянии жить в этом пустынном месте с его тяжелым климатом. К 1947 году Мертвое море стало не только кладовой химического сырья, но и местом отдыха и лечения для жителей страны и туристов со всего света».

Он умер в Париже в 1961 году.

Доктор химических наук
З.Е.Гельман

Фото предоставлены автором

море ставит рекорд — его концентрация здесь в 50 раз больше, чем в других морях и океанах.

В воде Мертвого моря также много микроэлементов (меди, цинка, кобальта), то есть тех элементов, содержание которых в обычной морской воде меньше 1 мг на килограмм. Их так мало потому, что ионы этих металлов легко оседают на различных природных сорбентах, таких, как органические вещества, фосфаты кальция, гидроксосоли железа, из-за чего их содержание в морской воде ниже, чем могло бы быть исходя из значений растворимости.

Из-за большого количества солей вода в Мертвом море очень плотная (1,3—1,4 г/см³) и имеет сильно щелочную реакцию (рН равно девяти). Летом там довольно жарко, и вода испаряется очень интенсивно. Из-за этого образу-

ются белые соляные столбы причудливой формы, напоминающие кораллы.

За время существования Мертвого моря на его дне образовался осадочный слой ила толщиной 100 м — знаменитые грязи. Они содержат 45% солей, 5% биомассы и 50% воды. Надо также отметить, что на дне Мертвого моря найдены отложения серы и природного асфальта.

Химическое своеобразие воды Мертвого моря приводит к тому, что можно просто взять эту воду, испарить ее — и выпадут в осадок калийные соли. Ни с одной другой морской водой это невозможно, даже в искусственных испарительных бассейнах. Именно поэтому с 1930 года на Мертвом море стала возможна добыча брома и карбоната калия.

А теперь о грустном. Рано или поздно Мертвое море может сильно из-

мениться. Концентрация соли в поверхностном слое этого уникального водоема — 290г/л, на глубине 110 метров — 340г/л, то есть соленость с глубиной возрастает. В придонном слое концентрация соли предельная, насыщенная — 355 г/л. Из-за этого постоянно происходит концентрационная диффузия, которая, как известно, растет с увеличением концентрации. Если по-простому, то в Мертвом море соль все время выпадает в осадок, утолщая и так не маленький придонный соляной слой, и этот процесс постоянно ускоряется. Сегодня израильские и иорданские ученые думают, как спасти Мертвое море от полного засоления. Рассматриваются самые разные варианты — от увеличения сброса в море незагрязненных вод до строительства различных опреснительных установок.

Периодическая система в биологии

Кандидат биологических наук
С. В. Багоцкий

Полубиологическая, полуфилософская концепция уровней организации живой природы ныне вошла даже в школьные учебники по общей биологии. Это концепция, которая начала приобретать популярность с середины 1930-х годов благодаря Н. В. Тимофееву-Ресовскому, заключается в том, что живую природу рассматривают как своего рода матрешку.

Верхняя, самая большая матрешка – это биосфера, вся внешняя оболочка Земли, населенная живыми организмами и видоизмененная ими. Внутри биосферы мы выделяем сообщества организмов, по-научному именуемые биогеоценозами: например, еловые леса, кустарничковые тундры и т. д. Внутри биогеоценозов выделяют популяции – группы организмов одного и того же вида: например, все белки, живущие в популяционном – популяционная генетика и популяционная биология, биогеоценозами – синэкология.

Уровни организации живой природы изображают обычно в виде ряда: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный. Думаю, что это не совсем удачно. Что, если построить Периодическую таблицу, наподобие той, которую создал Дмитрий Иванович Менделеев?

Чтобы лучше понять принцип построения Периодической системы, нам нужно ввести несколько определений.

Предположим, у нас есть кристалл поваренной соли (NaCl). На какие части мы его можем разделить? В нашем распоряжении два подхода. В первом случае мы берем молоток, ударяем по кристаллу, и тот распадается на много мелких кристалликов. А во втором – расплавляем кристалл, проводим электролиз, получаем металлический натрий и газообразный хлор.

Мелкие кристаллики по своим физическим и химическим свойствам принципиально не отличаются от большого кристалла, а физические и химические свойства натрия и хлора совершенно не похожи на свойства поваренной соли. Говорят, что в первом случае мы разделили кристалл на единицы, а во втором – на элементы. Свойства единиц похожи на свойства системы в целом, а элементы обладают иными, собственными свойствами.

Еще одно важное понятие – наименьшая единица. До каких пор можно дробить кристаллик хлористого натрия, чтобы каждая крупинка сохраняла свойства целого? Если речь идет о химических свойствах, то пределом будет одна молекула. Но только с точки зрения химических свойств! А если говорить о физических свойствах, то выделить наименьшую единицу кристаллика поваренной соли затруднительно: по мере перехода к наноразмерам его свойства постепенно меняются.

Итак, биосфера состоит из биогеоценозов, биогеоценозы – из популяций, популяции – из организмов и так далее. Очевидно, что организмы (точнее, их пары) – это единицы популяций, а вот сами популяции – не единицы, а элементы биогеоценозов. Беличья популяция широколиственного леса чем-то похожа на пару белок, но на лес она никак не похожа!

А теперь запишем систему уровней организации в два столбца. И пусть в левом столбце у нас окажется то, что естественно делить на элементы, а в правом – то, что естественно делить на единицы.

Биосфера	
Биогеоценоз	
Организм	Популяция
Клетка	
Молекула, несущая информацию	

Левый столбец заполнен, по-видимому, до конца. Теперь пора заполнить и правый. Рядом с молекулами, несущими информацию, впишем совокупность молекул, несущих одинаковую (точнее, однотипную) информацию. Так, если под объектом, стоящим слева, будет подразумеваться одна молекула фермента лактатдегидрогеназы, то справа мы должны поместить всю совокупность молекул лактатдегидрогеназы в клетке, добавив сюда участок ДНК, кодирующий этот фермент, и синтезированные на нем молекулы информационной РНК.

Рядом с клеткой поставим совокупность однотипных клеток, например лейкоцитов. А рядом с биогеоценозом –



РАЗМЫШЛЕНИЯ

совокупность всех биогеоценозов, например все еловые леса на планете. (Для обозначения таких совокупностей в биологии используется термин «биом».)

Теперь таблица будет выглядеть следующим образом:

Биосфера	
Биогеоценоз	Биом
Организм	Популяция
Клетка	Совокупность однотипных клеток
Молекула, несущая информацию	Совокупность молекул, несущих почти одинаковую информацию

Остается придумать названия для правого и левого столбцов. Давайте назовем то, что стоит в левом столбце, базовыми биологическими объектами, а то, что в правом, — обобщенными популяциями.

Теперь посмотрим, как меняются биологические свойства базовых объектов по мере восхождения от молекулы к биосфере.

Базовый объект низшего уровня — молекула, несущая информацию, то есть молекула белка и кодирующий ее участок молекулы нуклеиновой кислоты. Они обладают двумя важными свойствами: во-первых, хранят информацию, а во-вторых, могут реализовать ее, воплотить в жизнь. (Реализация генетической информации — это, например, работа фермента.) Понятно, что молекулы жиров и углеводов информации не несут и базовыми биологическими объектами не являются.

На уровне клетки появляются новые свойства. Информация копируется и преобразуется. Сами клетки растут и размножаются. Важное отличие от предыдущего уровня состоит в том, что для своего существования клетка должна непрерывно расходовать энергию. Отдельная молекула — носитель наследственной информации энергию не потребляет.

А чтобы получать энергию, клетка должна питаться и дышать (впрочем, некоторые клетки обходятся без дыхания,

расщепляя топливо в бескислородных условиях). При этом в многоклеточном организме клетка не добывает себе пищу и кислород активно: как в хорошей плановой системе, снабжение отдельных клеток обеспечивает организм в целом.

При переходе от клетки к организму появляется еще одно принципиально новое свойство: способность активно добывать пищу. Отдельные клетки кошки не ловят клетки мышки — мышку ловит кошка в целом.

У биогеоценоза опять появляется новое свойство: способность его членов совокупными усилиями воспроизводить ресурсы друг для друга. Все новые и новые поколения волков находят себе пищу, поскольку в биогеоценозах все время размножаются зайцы, а зайцы питаются травой, которая вырастает снова и снова. Этот круговорот крутится за счет солнечной энергии.

Наконец, биосфера формирует общую для всех атмосферу Земли — атмосферу, богатую кислородом, благодаря которому из относительно небольшого количества топлива можно получить много энергии. Кроме того, в верхних слоях атмосферы образуется слой озона, который поглощает ультрафиолетовое излучение и тем самым делает возможной жизнь на суше.

Пройдемся теперь по обобщенным популяциям. Обобщенная популяция любого уровня состоит из большого числа единиц (базовых объектов). Эти единицы очень похожи друг на друга, но между ними могут иметься небольшие отличия.

Вот очень важное обстоятельство: обобщенная популяция живет значительно дольше, чем базовые объекты, из которых она состоит. Молекулы, клетки, организмы рождаются и гибнут, а популяция молекул или организмов продолжает существовать.

Одним из главных отличительных свойств жизни считается обмен веществ. В своем изначальном смысле этот термин отражает непрерывное обновление вещества, из которого состоят живые организмы. К слову сказать, такое обновление свойственно не только живым организмам, но и текущей реке. «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку», — говорил Гераклит. Он был не прав: река принадлежит к объектам, которые остаются сами собой, только обновляя свой состав. Так же



как и живые организмы. Непрерывное обновление вещества, из которого состоят организмы, — это, по сути, обновление несущих информацию макромолекул. То есть обновление базовых объектов популяции самого низкого уровня.

Как известно, движущая сила эволюции — конкуренция между генотипами внутри одной популяции. В результате такой конкуренции одни генотипы вытесняют другие и появляются новые формы жизни. Можно ли найти аналоги этого процесса в обобщенных популяциях других уровней? А если нет, то почему?

Популяция молекулярного уровня, как мы договорились, включает ген (участок ДНК, кодирующий белок), молекулы информационной РНК и молекулы белка. Конкуренции между ними нет: размножается только ДНК. Теоретически молекулы ДНК, кодирующие разные белки, могут конкурировать между собой за использование общих ресурсов для собственного размножения. Однако в норме такая конкуренция блокируется строго одновременным размножением всей ДНК в клетке. При вирусной инфекции синхронность нарушается, так как гены вируса размножаются независимо. Но это приводит не к прогрессивной эволюции, а к дегенерации клетки: в конкуренции побеждают гены, которые лучше используют общий ресурс в собственных целях.

К печальным результатам приводит и конкуренция клеток внутри организма: когда клетки начинают использовать централизованно распределяемые ресурсы в своих целях, возникнет раковая опухоль.

Мы можем попытаться увеличить число столбцов в периодической таблице, объединив несколько популяций в группу по какому-нибудь принципу. Например, в одну группу — все популяции растений, синтезирующих органическое вещество, в другую — все популяции растительных животных, в третью — все популяции хищников, в четвертую — организмы, разлагающие «мертвое» органическое вещество. Такие группы мы можем назвать трофическими уровнями. (Хотя здесь надо учесть, что организмы одного вида могут питаться разной пищей и в некоторых случаях окажется непонятным, в какую группу поместить ту или иную популяцию.) Популяции одноклеточных клеток организма можно, в свою очередь, сгруппировать в ткани. У животных выделяют четыре типа тканей: эпителиальную, соединительную, мышечную, нервную, у растений их еще больше. Но гораздо сложнее классифицировать белковые молекулы: возможно, от такого деления лучше отказаться.

Можно сделать еще один, крайний правый столбец, в который включить совокупность *всех* популяций. Эта операция полезна тем, что наглядно показывает: сумма популяций не равняется базовому объекту более высокого уровня. Клетка — это не просто совокупность входящих в его состав молекул белков и нуклеиновых кислот, это еще и многие другие вещества, прежде всего вода. Многоклеточный организм — не только совокупность клеток, но и значительные количества внеклеточного вещества. Биогенез — не совокупность организмов, но и неживые компоненты почвы, и вода.

То же следует сказать о биосфере. Из учебника в учебник кочует традиционная ошибка: границами биосферы считается граница области распространения живых организмов. На самом деле влияние живых организмов простирается далеко за пределы области их распространения. В верхних слоях атмосферы нет живых организмов, но зато там есть молекулярный кислород (и его активные формы). А кислород, как мы знаем, образуют зеленые растения в результате фотосинтеза. Поэтому в состав биосферы входят не только нижние слои атмосферы, но и вся атмосфера. Пусть будет стыдно авторам учебников, бездумно переписывающим ошибки друг у друга!

Итак, любой базовый биологический объект состоит из биологической части, представляющей собою совокупность популяций более низкого уровня, и небиологической части, которую можно назвать абиогенной инфраструктурой. Заметим, кстати, что у обобщенных популяций своей абиогенной инфраструктуры нет. (Будет ли плазма крови, лишенная клеток, частью биологического объекта? На уровне клеток — нет, на уровне организмов — да. Точно так же озерная вода входит в состав биологического объекта на уровне биогенеза — но не на уровне организмов, обитающих в этом озере.)

Таким образом, окончательная периодическая таблица биологических систем приобретает следующий вид:

Базовый объект	Обобщенная популяция	Совокупность всех популяций
Биосфера		
Биогенез	Биом	Совокупность всех биомов
Многоклеточный организм	Популяция организмов	Совокупность всех популяций биогенеза (биоценоз)
Клетка	Популяция одноклеточных клеток	Совокупность всех клеток многоклеточного организма
Молекула — носитель информации	Популяция одноклеточных молекул — носителей информации	Совокупность всех молекул — носителей информации в клетке

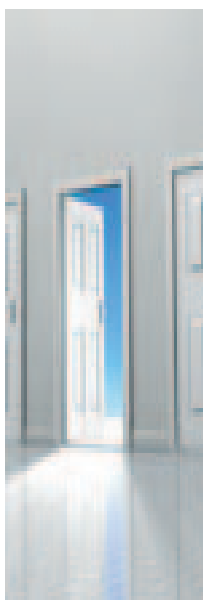
Подобная таблица, как мне представляется, помогает лучше понять устройство жизни.



RSC Open Science

Открытая наука

ДИСКУССИИ



Королевское химическое общество (RSC) объявило, что оно переходит на новую, более прогрессивную схему публикаций научных статей. Начиная с октября 2006 года заработает интернет-проект «RSC — Открытая наука», где в открытом доступе можно будет прочитать статьи, принятые в печать в любой из журналов, издаваемых RSC. Но не все статьи, а только тех авторов, которые оплатили эту опцию. Расценки таковы: сообщение — 1000 фунтов стерлингов, оригинальные статьи — 1600 фунтов, обзор — 2500 фунтов.

Королевское химическое общество — крупнейшая организация в Европе, выпускающая больше тридцати специализированных научных журналов, в том числе «Chemical Communication», «The Analyst», «Dalton Transactions», «Chemical Society Reviews», «Chemical Science», «Physical Chemistry Chemical Physics» и прочие (www.rsc.org). Сейчас полную электронную версию статьи может скачать либо подписчик журнала, либо тот, кто оплатил электронную копию. Теперь же, после того как статья пройдет весь путь рецензирования и будет принята в печать, автору предложат оплатить ее совершенно бесплатно для всех остальных размещение в Интернете. Процедура принятия статей в печать останется той же, рецензирование никто не отменяет.

Публикацию разместят на специальном сервере до того, как она появится в бумажном виде. Она сразу станет доступной и будет там находиться неограниченный срок. Эта опция распространяется не только на оригинальные статьи, но и на сообщения, письма в редакцию и обзоры.

Именно поэтому проект «Открытая наука» — шаг вперед по сравнению с подобными услугами других издателей научной литературы. Дело в том, что многие из них уже предоставляют такую оплачиваемую опцию, но только для оригинальных статей (primary research paper), а RSC распространяет эту практику на все публикации. Предполагается, что таким образом все авторы окажутся в равных условиях. Уже опубликованные статьи также могут подключиться к этому проекту. Членам общества предусмотрены 15%-ные скидки на оплату.

Комментарий

Публикации в журналах Королевского химического общества в последние годы становятся все более популярными среди ученых всех стран. Не последнюю роль в этом играет блестящая организация работы с авторами и рукописями. В любой журнал статью по Интернету может представить любой ученый. Для этого необходимо только зарегистрироваться. Уведомление о том, что рукопись принята к рассмотрению, поступает в течение 12 часов. Три рецензии на статью автор обычно получает по электронной почте не позже чем через две недели. Уровень рецензирования очень высок, а замечания и советы строгих рецензентов доброжелательны и весьма полезны. В результате краткое сообщение (объем до четырех страниц текста в две колонки) появляется в печати не позднее чем через 40 дней с момента принятия рукописи, а срок публикации полной статьи — не более

трех месяцев. Импакт-факторы (отношение числа ссылок на статьи этого издания за определенный промежуток времени, к числу статей, опубликованных в издании за этот временной отрезок) журналов Королевского химического общества растут год от года.

Несмотря на все это, я не думаю, что интернет-проект «RSC — Открытая наука» будет очень популярен среди ученых. Во-первых, вряд ли найдется много желающих зря тратить деньги. Их у зарубежных ученых достаточно, но расходуя они свои средства весьма бережливо. Во-вторых, ученые всех стран (кроме наших) и при уже существующей системе не испытывают никаких трудностей с получением электронных версий любых научных публикаций. Библиотеки зарубежных университетов и институтов подписываются на все библиографические базы данных.

В Европе, США, Японии, Китае, но, к большому сожалению, не в России руководители науки прекрасно понимают, что даже самое роскошное здание библиотеки ничего не стоит, если биб-

лиотека не обеспечивает читателей доступом к современным источникам информации. На подписку деньги выделяются в первую очередь и в полном объеме. Ведь в информационном обществе «тот, кто владеет информацией, владеет миром». Большинство наших ученых от источников информации отрезано, и это резко снижает эффективность их работы. Правда, многие мои коллеги, имеющие совместные научные проекты с зарубежными учеными, получают доступ к информационным ресурсам через библиотеки их институтов.

Я полагаю, что интернет-проект «RSC — Открытая наука» — акция чисто рекламного характера и она не окажет заметного влияния на информационные потоки в химической науке.

Доктор
химических наук
Ю.А. Устынюк



ВИРУСОЛОГИЯ

Слежка за цитомегаловирусом

При пересадке костного мозга пациент может получить в нагрузку смертельно опасный цитомегаловирус. Специалисты лаборатории молекулярной генетики Петербургского института ядерной физики им. Б.П.Константинова РАН и кафедры гематологии, трансфузиологии и трансплантологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П.Павлова разработали метод ранней диагностики цитомегаловируса в клетках крови.

Пересадка красного костного мозга или переливание крови, хотя и стали уже обычными медицинскими процедурами, таят в себе страшные опасности. Одна из них — цитомегаловирусная инфекция. Это осложнение возникает у 15—30% пациентов. Инфекция проявляет себя по-разному: в виде пневмонии, гепатита, менингоэнцефалита, поражения желудочно-кишечной или мочеполовой систем, органов слуха и зрения и множества других тяжелых заболеваний. Смертность от осложнений, вызванных цитомегаловирусом, достигает 85%, поэтому медики большое внимание уделяют профилактике инфекции. Единственный препарат, разрешенный в России для лечения цитомегаловирусной инфекции, ганцикловир, неплохо борется с вирусом, однако имеет побочные действия. Но главное — он довольно токсичен и ослабляет иммунную систему. Длительный прием ганцикловира может не победить инфекцию, а лишь отсрочить ее проявление. Поэтому медики предпочитают лечить лишь тех, кому это действительно нужно, и желателен начинать с самой ранней стадии, до появления клинических признаков.

Разрабатывая высокочувствительный метод диагностики, ученые исследовали лейкоциты крови, плазму, костный мозг, мокроту и мочу пациентов, отобранные до и после пересадки кровяных клеток. Из полученных образ-

цов выделяли ДНК и с помощью количественной полимеразной цепной реакции определяли наличие в ней цитомегаловируса. Оказалось, что лейкоциты содержат в 6—9 раз больше вирусной ДНК, чем плазма крови, поэтому общая чувствительность анализа в лейкоцитах на порядок выше, нежели в плазме, и позволяет выявлять инфекцию на более ранних стадиях.

Медики нашли цитомегаловирус у одиннадцати пациентов из семнадцати, причем примерно в половине случаев донор не был заражен вирусом. По мнению исследователей, как донор, так и реципиент могут быть носителями вируса, который находится в неактивном состоянии. Дремлющий вирус активизирует сама процедура трансплантации, даже если она не сопровождается подавлением иммунной системы. В тех случаях, когда вирус приходит от донора, иммунная система пациента справляется с ним быстрее, чем с собственным активизированным вирусом. Иногда такие больные побеждают инфекцию и без противовирусной терапии.

Метод количественной полимеразной цепной реакции дает возможность индивидуально подойти к каждому пациенту, поскольку позволяет следить за изменением количества вирусной ДНК, назначать ганцикловир только тем, у которых вирус активно размножается, и прекращать лечение, как только он перестает себя обнаруживать.

СЕЛЕКЦИЯ

Облепиха без колючек

Облепиха — высокий кустарник с очень колючими ветками. Но садоводы предпочитают маленькие кусты без колючек, а селекционеры ломают голову над тем, откуда же их взять. Исходный материал для получения низкорослых, крупноплодных и лишенных колючек сортов облепихи следует искать в низовьях рек Иркут и Китой. К такому выводу пришли специалисты Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, обследовав шаман-китойскую популяцию облепихи (Западный Памир).

Обычный облепиховый куст имеет высоту от 4 до 6 метров и весь покрыт колючками. Собирать урожай с такого растения очень неудобно. Поэтому селекционеры неустанно работают над созданием низкорослых и лишенных колючек сортов, ищут такие растения в природе. Но оказалось, что найти их крайне сложно. Практически единственным источником низкорослости долгое время был сорт Щербинка 1. При его участии выведены современные крупноплодные алтайские сорта облепихи (Великан, Обильная, Золотистая и др.). Сам же сорт Щербинка 1 получили из сеянца, который вырастили из семян, купленных когда-то в Иркутской облпотребкооперации. Эта была счастливая случайность, поскольку в промышленном саду местной потребкооперации облепиха росла высокая и очень колючая.

В свое время Пржевальский описал низкорослую и совершенно лишенную колючек тибетскую облепиху. На высоте 3000 метров над уровнем моря она имеет вид распростертых кустов высотой от 15 до 60 см. В середине XIX века карликовую тибетскую облепиху попытались выращивать в Санкт-Петербургском ботаническом саду и получили трехметровые колючие кусты. В 80-х годах прошлого века селекционер Б.С.Ермаков пробовал выращивать низкорослую облепиху тункинской и китойской популяций в условиях Московской области. Один из образцов тункинской облепихи действительно сохранил исходные свойства, остальные же сильно различались по высоте, густоте колючек, размеру плодов и другим признакам.

Почему же низкий рост и отсутствие колючек, характерные для высокогорных форм, пропадают, едва растение спускают в долину? Иркутские исследователи пришли к выводу, что облик облепихового куста зависит от окружающей среды. В условиях высокогорья, в которых живут тибетская, памирская и саянская популяции облепихи, растения всегда низкорослы, подавлен и рост пазушных почек, из которых образуются колючки. В тех же высокогорных районах, где облепиха находится под защитой крутых речных берегов, она дости-



гает 3–4 метров в высоту. Облепиха может лишиться колючек и в субтропиках (кавказская и гималайская популяция). В таких условиях все пазушные почки вырастают в облиственные побеги и колючек не образуют. Исчезают колючки и при обильном урожае плодов.

Но вернемся к работе иркутских ученых, которые обследовали шаман-китойскую популяцию облепихи вдоль течения реки Китой. Судя по всему, она представляет собой производную другой, более высокогорной, пока не найденной и не описанной саянской популяции. На песчано-щебнистых отмелях выше 1000 метров над уровнем моря облепиха представлена в основном низкорослыми, не выше метра, распростертыми кустиками. Ниже по течению реки облепиха растет на песчано-щебнистых железнодорожных насыпях. Здесь наиболее высокие кусты не превышают двух метров, а у некоторых растений нет колючек. В этих условиях низкорослость уже вызвана не внешними условиями, а мутациями. Поэтому именно здесь, в низинной части популяции, селекционерам следует искать основоположников нового сорта. То же самое относится и к облепихе, растущей вдоль реки Иркут. Искать надо в нижнем течении. Поиски в высокогорье неэффективны, хотя там облепиха и выглядит гораздо более низкорослой. Но только выглядит! Спустившись на равнину, она вскоре разрастется и покроется колючками.

ТЕХНОЛОГИИ

Умное кресло

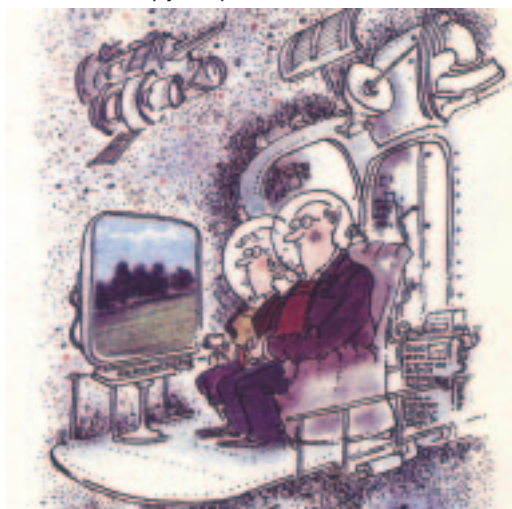
Удивительно заботливое кресло разработали московские специалисты. Его несущая конструкция совершенно хай-тековского вида внешне напоминает кресло-качалку, оснащенное бортовым компьютером и массой датчиков. Внимательно отслеживая положение тела сидящего, это кресло способно самостоятельно под него подстроиться: немного изменить конфигурацию, чтобы нога не затекла, подогреть или, напротив, немного охладить спинку и сиденье, чуть изменить положение подлокотников, чтобы руки на клавиатуре не уставали, сохраняя при этом оптимальное расстояние от глаз до экрана монитора и присматривая за тем, чтобы «мышь» не убежала, а клавиатура не съехала в сторону (alex@kosik.ru).

Каждый знает, как тяжело подолгу сидеть за рабочим столом. Если длительная работа полностью поглощает внимание, через некоторое время убеждаешься, что все тело ломит, как от физической нагрузки, а ноги просто затекают. Объяснение простое: в статичном положении нагрузка приходится на одни и те же мышцы и они перенапрягаются. Да и вес тела, проходящийся на сравнительно небольшую площадь ниже спины, через некоторое время кажется непомерным, даже если и вес, и площадь эта невелики. Ткани сдавливаются, сосуды пережимаются, кровоснабжение ухудшается — и мозг подает настойчивые сигналы: необходимо сменить положение тела.

Если мы спим или не слишком заняты, это не составляет труда — мы просто перевернемся или изменим позу. А если работаем? Да так, что оторваться невозможно? Тогда мы теряем здоровье.

Все эти наблюдения, казалось бы лежащие на поверхности, один из создателей «умного кресла» врач-ортопед Алексей Косик сформулировал так: «Любая статическая поза, какой бы удобной она ни была изначально, через некоторое время становится утомительной. Если позу не изменить — она станет невыносимой». Решить эту проблему и позволяет разработанная им и его коллегами конструкция — полифункциональная система «Gravitonus», то самое эргономичное кресло.

Специальные встроенные датчики постоянно измеряют локальную температуру и давление участков тела на поверхности кресла. Непрерывно анализируя эти сведения, встроенный бортовой компьютер обеспечивает обратную связь — адаптирует кресло к пользователю. Че-



ловек, может, еще и подумать не успел, что спина, скажем, устала и замерзла — а компьютер с помощью датчиков уже просчитал, что нужно дать отдых уставшим мышцам, да и подогреть их слегка не мешает. Встать, потягиваться, идти за пледом или свитером не придется — как по мановению волшебной палочки, спинка кресла немного изменит положение и станет теплее. Разумеется, в должной степени изменится угол наклона монитора и расстояние до него — теоретически в этом кресле можно работать даже лежа, правда, обычно это способствует не интенсивным умственным усилиям, а сну. Что тоже не возбраняется.

Разумеется, для обычных пользователей подобное кресло едва ли актуально — все-таки оно будет дорогим, да и места требует больше обычного. Для профессионалов, полный рабочий день проводящих у компьютера, эта мечта пока недостижимая — кресло запатентовано, разработано, но сделано всего в двух экземплярах. Первый стоит дома у одного из разработчиков — авторы его постоянно усовершенствуют. А вот второе — блистательный пример того, насколько важна может быть подобная конструкция. Если не для всех, то хотя бы для людей с ограниченными физическими возможностями. Для тех, кого болезнь приковала к креслу, только не к такому замечательному, а к инвалидному.

В этом случае «умное кресло» позволяет решить сразу несколько проблем. Во-первых, человеку в кресле будет гораздо комфортнее, и у самых тяжелых пациентов не будет никаких пролежней (кстати, почему бы авторам не разработать аналогичную кровать с датчиками и компьютером для лежачих больных?). А во-вторых, управляя с помощью компьютера разнообразными устройствами и в самом кресле, и по всему дому, человек сможет расширить свои возможности. Если же самим компьютером он будет управлять с помощью особой, разработанной теми же авторами «мышки», размещенной у него во рту, то даже и без рук можно будет жить вполне полноценной жизнью, особенно если в доме есть Интернет. Именно так и живет пациент, у которого есть то самое кресло — второе из двух.



Бабочки в мифах, легендах и литературе

Доктор
химических наук,
профессор
Л.В. Каабак

Скажи, зачем узор
такой был даден
тебе всего лишь на день?..
Такая красота
и срок столь краткий,
соединяясь, догадкой
кривят уста:
не высказать ясней,
что в самом деле
мир создан был без цели,
а если с ней,
то цель — не мы...

Иосиф Бродский



«Мертвая голова»

С глубокой древности люди восхищались бабочками, их красотой, изяществом и разнообразием. А тайна превращения гусеницы в куколку, неподвижной куколки в порхающее насекомое, или бесшумное появление из тьмы ночной бабочки внушали трепет перед неведомыми силами. Отсюда двойственное отношение к бабочкам в разных странах и культурах, у разных народов и даже у разных людей.

Мифы и легенды о бабочках есть почти у всех народов мира. Древние представления о них связаны с самыми главными для человека понятиями: жизнь и смерть, душа, любовь, счастье. До сих пор многие в России и в других славянских странах стараются отогнать ночную бабочку от огня. Согласно древнему поверью, такая бабочка — душа умершего предка, а ночная тьма, из которой она появляется, возможно, ассоциировалась с потусторонним миром. На юге России, когда видели бабочку, кружившуюся вокруг пламени свечи, поминали умерших, называя их имена. А в Польше родители запрещали детям убивать бабочек: «Вдруг это твой покойный дедушка или бабушка?» Болгары во время засухи просили бабочку о дожде, так как верили, что они летают возле Бога и обязательно передадут ему просьбы «внуков».

У славян представление об этом насекомом как о душе предка отразилось не только в его диалектных названиях («душа», «душечка»), но и в общеупотребительном — «бабочка». Оно восходит к праславянскому *баба*,

которое, по мнению большинства лингвистов-этимологов, в древности обозначало предка. «Бабочка» — не единственное русское название с этим корнем. В селах и деревнях порхающее насекомое могут почтительно именовать «бабуля», а также «бабучка», «бабурка», «бабайка», «баба», «бабка» и т. д.

В то же время страх перед необъяснимыми метаморфозами насекомого сформировал восприятие бабочки как демонической, злой души. В некоторых районах Польши ее называют «диабел», «чертица», в Сербии — «мара», «вампир». По народным поверьям, душа-бабочка вылетает из вампира, когда его протыкают осиновым колом, поэтому, чтобы окончательно обезвредить кровопийца, надо убить и эту бабочку. Считалось также, что ведьмы могут в виде бабочки летать по ночам к чужой короле и отбирать у нее молоко. В глухих районах Сербии и в наши дни специально калечат (но не убивают) бабочку, прилетевшую ночью на огонь: ей слегка подпаливают крылья, чтобы наутро по ожогам на руках опознать женщину-ведьму.

Особое отношение к бабочкам берет начало в античности. Древние греки заметили грустные, словно плачущие глазки на крыльях павлиньего глаза и связали эту бабочку со страданиями, выпавшими на долю возлюбленной Зевса — прекрасной девушки Ио. Опасаясь гнева своей жены, ревнивой Геры, Зевс превратил Ио в белоснежную телку. Но Гера, продолжая мстить, наслала на нее чудовищного овода, который причи-

нял несчастной непереносимые страдания. Слезы, лившиеся из глаз бедной телки, утерла бабочка, названная за это впоследствии именем безвинной жертвы — *Inachis io*. В мифах Эллады бабочки часто предстают символами любви, а в древнегреческом языке бабочка и душа назывались одним и тем же словом — «психе».

С глубочайшим почтением относятся к бабочкам буддисты: ведь именно к бабочке обратился Будда в своей предсмертной проповеди. Особым уважением пользуются в Азии ночные бабочки: там их тоже считают душами умерших и хранителями живых. В Восточной Азии до сих пор живет легенда о потерявшем жену старике, который долго и безуспешно плакал на ее могиле, пока не прилетела огромная белая ночная бабочка и не унесла его в царство духов, где он и встретил умершую.

Индейцы Бразилии верят, что душа человека после смерти превращается в сияющую синевую бабочку-морфиду. Поэтому, когда умирал их соплеменник, они исполняли ритуальный танец, подражая стремительному полету этой прекрасной бабочки. Интересно, что и древние греки, и первые христиане тоже видели символ души, покидающей тело, в бабочке, освободившейся из куколки.

Но, пожалуй, больше всего любят бабочек в Японии. Здесь считают, что увидеть бабочку у себя в доме — к счастью: бабочки в японской культуре символизируют все лучшее в жизни человека. «Танцем бабочек», выражающим радость жизни, традиционно открывают торжественные шествия и праздники. Недаром японцы уже тысячи лет славятся своим утонченным эстетическим вкусом!

Немало ярких, подчас потрясающих описаний и самих бабочек, и впечатлений от встреч с ними хранит художественная литература. Отчетливый рисунок в виде черепа на груди бабочки «мертвая голова» неоднократно давал пищу фантазии художников, писателей, кинематографистов. Мимо этого образа не прошел и великий американский писатель Эдгар По.

Cithaerias esmeralda



РАДОСТИ ЖИЗНИ

Прекрасная и жутковатая бабочка описана им в рассказе «Сфинкс». («Мертвая голова» относится к семейству бражников, называемых также сфинксами.) Ошибка в оценке расстояния стала причиной ошибочной оценки размера: бабочка ползла по паутине на окне, а герою рассказа показалось, что по склону холма за окном движется ужасное чудовище. Однако этот прием позволяет иначе увидеть насекомое, по-новому оценить его необычную и даже устрашающую внешность.

«На исходе знойного дня я сидел с книгой у открытого окна, из которого открывался прекрасный вид на берега реки и на склон дальнего холма, почти безлесный после сильного оползня... Я увидел там нечто невероятное — какое-то мерзкое чудовище быстро спускалось с вершины... Пасть его была расположена на конце хобота длиной футов в шестьдесят или семьдесят и толщиной едва ли не с туловище слона. Основание хобота сплошь заросло черной, косматой шерстью — столько шерсти не

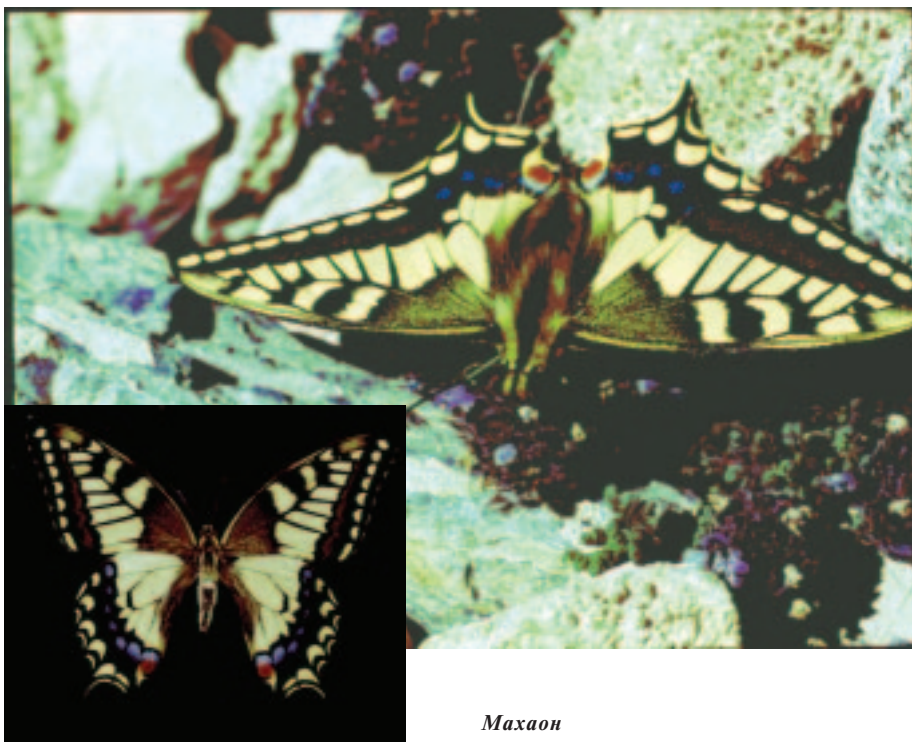
настричь и с двух десятков буйволов; из нее, загибаясь вниз и в стороны, торчали два сверкающих клыка, похожих на кабаньи, но неизмеримо более длинных. По обе стороны от хобота, параллельно ему, выступали вперед громадные отростки длиной футов в тридцать, а то и сорок, похожие на кристально-прозрачные призмы безупречной формы — они во всем великолепии отражали закат. Туловище напоминало клин, острием обращенный к земле. С боков распростерлись одна над другой две пары крыльев — размахом в добрую сотню ярдов, — густо усеянные металлической чешуей; каждая чешуйчатая пластина имела в поперечнике футов десять или двадцать. Мне показалось, что верхние и нижние крылья скованы тяжелой цепью. Но всего поразительней и ужасней было изображение черепа едва ли не во всю грудь, так отчетливо выделявшееся в ослепительном свете на темном туловище, словно оно было выписано кистью художника. Когда я в

ужасе и удивлении разглядывал это страшилище, и в особенности его грудь, с предчувствием близкой беды, которое не могли заглушить никакие доводы рассудка, огромная пасть на конце хобота вдруг разверзлась и исторгла звук, столь громкий и неизъяснимо горестный, что он сокрушил мое сердце, как похоронный звон, и, когда чудовище исчезло у подножия холма, я без чувств рухнул на пол».

Бабочка изображена безупречно, во всех морфологических подробностях. Тем не менее ясно, что сам Эдгар По энтомологией не увлекался и описание насекомого, скорее всего, почерпнул из книги: действие рассказа происходит в США, где «мертвая голова» попросту не обитает.

В современном детективном романе Джо Алекса «Мертвая голова» во время ночного лета этих бабочек совершено зловещее изощренное убийство. И окончательно изобличить убийцу помогает экземпляр «мертвой головы». Кстати, научное название этой бабочки, данное ей Карлом Линнеем, — *Acherontia atropos*. В древнегреческой мифологии Атропос (Неотвратимая) — одна из мойр, трех богинь судьбы: именно она перерезает нить жизни человека, когда приходит его срок. Зловещую роль играет эта бабочка и в фильме «Молчание ягнят» Джонатана Демма: маньяк-убийца кладет в рот своим жертвам куколку «мертвой головы». Во многих кинофильмах ящички с бабочками украшают жилища персонажей, в зависимости от воли режиссера подчеркивая то их добродетели (стремление к прекрасному), то пороки (убийство чудесных созданий).

А Валентин Катаев в своих воспоминаниях о детстве «Разбитая жизнь, или Волшебный рог Оберона» видит в коллекционировании бабочек стремление ребенка вступить «в борьбу с самой Смертью, с ее разрушительной силой и, желая дать вечность, предохранить от губительного тления красоту... мира, рассеянную вокруг нас в таком изобилии и



Махаон

разнообразии форм и красок».

Бабочка не единожды становилась одним из центральных образов литературного произведения. Герой романа Томаса Манна «Доктор Фауст», композитор Адриан Леверкюп, отождествляет бабочку *Hetaera esmeralda* (о ней он услышал в детстве от увлеченного естествознанием отца) с любимой женщиной, связь с которой оказалась пагубной для его жизни, но благодатной для творчества. Стекланные крылышки призрачного существа герой воспринимает как символ союза с дьяволом, подобно договору гетевского Фауста с Мефистофелем, а анаграмма латинского названия стала лейтмотивом многих произведений героя.

О бабочках, о страсти к их коллекционированию вдохновенно писал и Сергей Тимофеевич Аксаков в рассказе, который так и называется: «Собирание бабочек». «Собирание бабочек было одним из тех увлечений моей ранней молодости, которое хотя недолго, но зато со всею силою страсти владело мною и оставило в моей памяти глубокое, свежее до сих пор впечатление... Да и в самом деле, из всех насекомых, населяющих Божий мир, из всех мелких тварей, ползающих, прыгающих и летающих, — бабочка лучше, изящнее всех. Это поистине «порхающий цветок», или расписанный чудными яркими красками, блестящими золотом, серебром и перламутром, или испещренный неопределенными цветами и узорами, не менее прекрасными и привлекательными; это милое, чистое создание, никому не делающее вреда, питающееся соком цветов, который сосет оно своим хоботком, у иных коротеньким и толстым, а у иных длинным и тоненьким, как волос, свивающимся в несколько колечек, когда нет надобности в его употреблении. Как радостно первое появление бабочек весной!.. Какое одушевление придают они природе...»

Замечательный писатель и философ Михаил Пришвин, остро чувствующий свою слитность с природой, в небольшом лирическом рассказе



«Лесная бэль» с фотографической точностью описал стремление бабочки к свободе. «Серая бабочка, вроде большой моли, свалилась и легла в омут на спину, треугольником, и там, живая, была как бы распята своими крылышками на воде. Она беспрерывно шевелила ножками, от этого сама шевелилась, и все движения маленькой бабочки по всему омуту расходились частыми кругами с мелкой волной... Глядя на бабочку, я вспомнил свою борьбу: тоже не раз приходилось лежать на спине и в отчаянье биться за свободу руками, ногами и всем, что ни попалося. Вспомнил время своей неволи, ударил по омуту камнем и такую в омуте поднял волну, что она подняла бабочку, выправила ее и помогла ей подняться на воздух».

Самые тонкие, пронзительные и поэтичные строки о бабочках и коллекционерах подарил нам великий Владимир Набоков. Две страсти, к литературе и к изучению бабочек, не столько боролись в нем, сколько дополняли друг друга. Вот лишь два отрывка из его книги «Другие берега».

«Сыздетства утренний блеск в окне говорил мне одно, и только одно: есть солнце — будут и бабочки. Началось все это, когда мне шел седьмой год, и началось с довольно банального случая. На персидской сирени у веранды флигеля я увидел первого своего махаона — до сих пор аоническое обаяние этих голых гласных наполняет меня каким-то восторженным гулом! Великолепное, бледно-желтое животное в черных и синих ступенчатых пятнах, с попугайчим глазком над каждой из парных черно-палевых шпор, свешивалось с наклоненной малиново-лиловой грозди и, упиваясь ею, все время судорожно хлопало своими громадными крыльями. Я стонал от желанья».

«Помню, как однажды я заметил на веточке у калитки парка имевшуюся у меня только в купленных экземплярах, драгоценнейшую, темно-коричневую, украшенную тонким, белым зигзагом с изнанки, тэклу (хвостатку березовую — *Thecla betulae*. — Л.К.). Ее наблюдали в губернии лишь раз до меня, и вообще это была прелестная редкость. Я замер. Ударить по ней мне было не с руки, — она сидела у самого моего правого плеча, и я с бесконечными предосторожностями стал переводить сачок за спиной из одной руки в другую; тэкла между тем ждала с хитреньким выражением крыльев: они были плотно сжаты, и нижние, снабженные усикопоподобными хвостиками, терлись друг о дружку дискообразным движением — быть может производя стрепет, слишком высокий по тону, чтобы человек мог его уловить. Наконец, с размаху, я свистнул по ней рампеткой (сачком. — Л.К.). Мы все слышали стон теннисиста, когда, на краю победы промазав легкой мяч, он в ужасной муке вытягивается на цыпочках, откинув голову и приложив ладонь ко лбу. Мы все видали лицо знаменитого грессмейстера, вдруг подставившего ферзя местному любителю... Но никто не присутствовал при том, как я вытряхивал веточку из сетки и глядел на дырку в кисее».

В шемящем, потрясающем по психологической глубине рассказе Набокова «Пильграм» мы видим человека, вся жизнь которого заполнена тоскливой мечтой о ловле бабочек в тропиках. Когда же наконец у него появились необходимые деньги — не выдержало сердце. Но мечта не умерла с ним: «Он... вероятно, увидел, как вокруг высоких, ослепительно белых фонарей на севильском бульваре кружатся бледные ночные бабочки; вероятно, он попал и в Конго, и в Суринам и увидел всех тех

Павлиний глаз



бабочек, которых мечтал увидеть, — бархатно-черных с пурпурными пятнами между крепких жилок, густосиних и маленьких слюдяных с сажками, как черные перья».

Не обошли вниманием бабочек и писатели-фантасты. Павел Вежанов в рассказе «Синие бабочки» населил совершенную природу планеты Хела, на расстоянии в шестнадцать световых лет от Земли, лишь одними бабочками: «В тот момент и пролетела первая бабочка. Она поднялась с большого черного цветка и опустилась шагах в десяти от них. Это была огромная бабочка — размах ее крыльев был не меньше трех метров... Поразили не столько размеры этого существа, сколько его необыкновенная красота... Крылья были бархатисто-синие, с темными прожилками, усеянные бледно-желтыми пятнами. Грациозные усики, заканчивающиеся маленькими желтыми шариками, беспокойно трепетали над ее головой. Тело было словно обтянуто нежной, мягко отсвечивающей тканью, которую вряд ли могли создать человеческие руки. Несмотря на свои размеры, бабочка казалась легкой, стройной и изящной...» Необыкновенно богатым оказался и духовный мир этих сказочных созданий.

Разумные бабочки описаны и в недавнем романе Юлия Буркина «Цветы на нашем пепле», который имел шумный успех у любителей фантастики. А Александр Проханов с самых первых страниц своего романа «Последний солдат империи» предстает романтическим, страстным и компетентным коллекционером бабочек...

Героя рассказа Рэя Брэдбери «И грянул гром» машина времени переносит на 60 миллионов лет назад, в эпоху динозавров. Там он случайно раздавил бабочку и, вернувшись в наше время, нашел мир совсем другим — намного худшим. Так бабочка

Зефир березовый, Thecla betulae — обидчица Набокова



символизировала звено в исторической связи всех живых существ. И даже растоптанная, она остается прекрасной, «отливающей зеленью, золотом и чернью».

А вот в русской поэзии мотылек, бабочка — символ свободы, любви и надежды. Так воспринимали их Василий Жуковский, Федор Глинка, Аполлон Майков. И конечно же — Афанасий Фет и Иван Бунин. Недаром Владимир Набоков из всех русских поэтов только Бунина и Фета считал «видевшими бабочек».

*Ты прав — одним воздушным очертаньем
Я так мила.*

*Весь бархат мой с его живым миганьем —
Лишь два крыла.*

Не спрашивай: откуда появилась?

Куда спешу?

Здесь на цветок я легкий опустилась,

И вот — дышу.

Но долго ли без цели, без усилья

Дышать хочу?

*Вот-вот, сейчас, сверкнув, раскину крылья
И улечу.*

Афанасий Фет

Настанет день — исчезну я,

А в этой комнате пустой

Всё то же будет: стол, скамья

Да образ, древний и простой.

И так же будет залетать

Цветная бабочка в шелку,

Порхать, шуршать и трепетать

По голубому потолку.

И так же будет неба дно

Смотреть в открытое окно,

И море ровной синевой

Манить в простор пустынный свой.

Иван Бунин

Грустное стихотворение: человек уходит из жизни раньше, чем бабочка — символ мимолетности бытия. Само же описание бабочки при всей поэтичности удивительно точно.

Уверен — если бы Владимир Набоков прочел стихотворение Иосифа Бродского «Бабочки» (а такая возможность у него была — это стихотворение написано в 1972 году, за пять лет до смерти Набокова), он поставил бы ее автора рядом с Буниным и Фетом.

IV

*На крылышках твоих
зрачки, ресницы —
красавицы ли, птицы —
обрывки чьих,
скажи мне, это лиц
портрет летучий?..*

Х

*Не ощущая, не
дожив до страха,
ты вьешься легче праха
над клумбой, вне
похожих на тюрьму
с ее удушьем
минувшего с грядущим,
и потому,
когда летишь на луг,
желая корму,
приобретает форму
сам воздух вдруг.*

И в этой философской стихотворной новелле бабочка — грустная «шутка Творца» — наводит на размышления о призрачности, случайности мира.

Я упомянул далеко не все произведения, в которых присутствуют бабочки, а лишь те, которые произвели на меня наиболее сильное впечатление. Но даже из такого краткого рассказа ясно, что эти прекрасные создания становились источником вдохновения для писателей с самыми разными судьбами, интересами и мерой таланта. Одно объединяет их всех: восхищение перед красотой и изяществом созданий, на крыльях которых природа наиболее ярко демонстрирует свои творческие способности. Примечательно, что почти всегда бабочки появляются в самых острых, подчас трагических ситуациях или даже служат причиной таких ситуаций. Почему-то эти прекрасные насекомые очень важны для нас, кажется, что они связаны с чем-то самым главным в человеческой жизни. Разве это не повод присмотреться к ним повнимательнее? Не зря Фрэнсис Бэкон писал: «Красота заставляет сверкать добродетели и краснеть пороки».



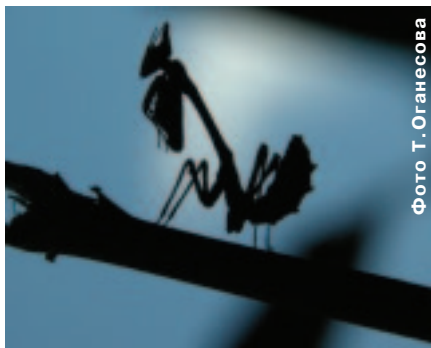


Фото Т. Оганесова

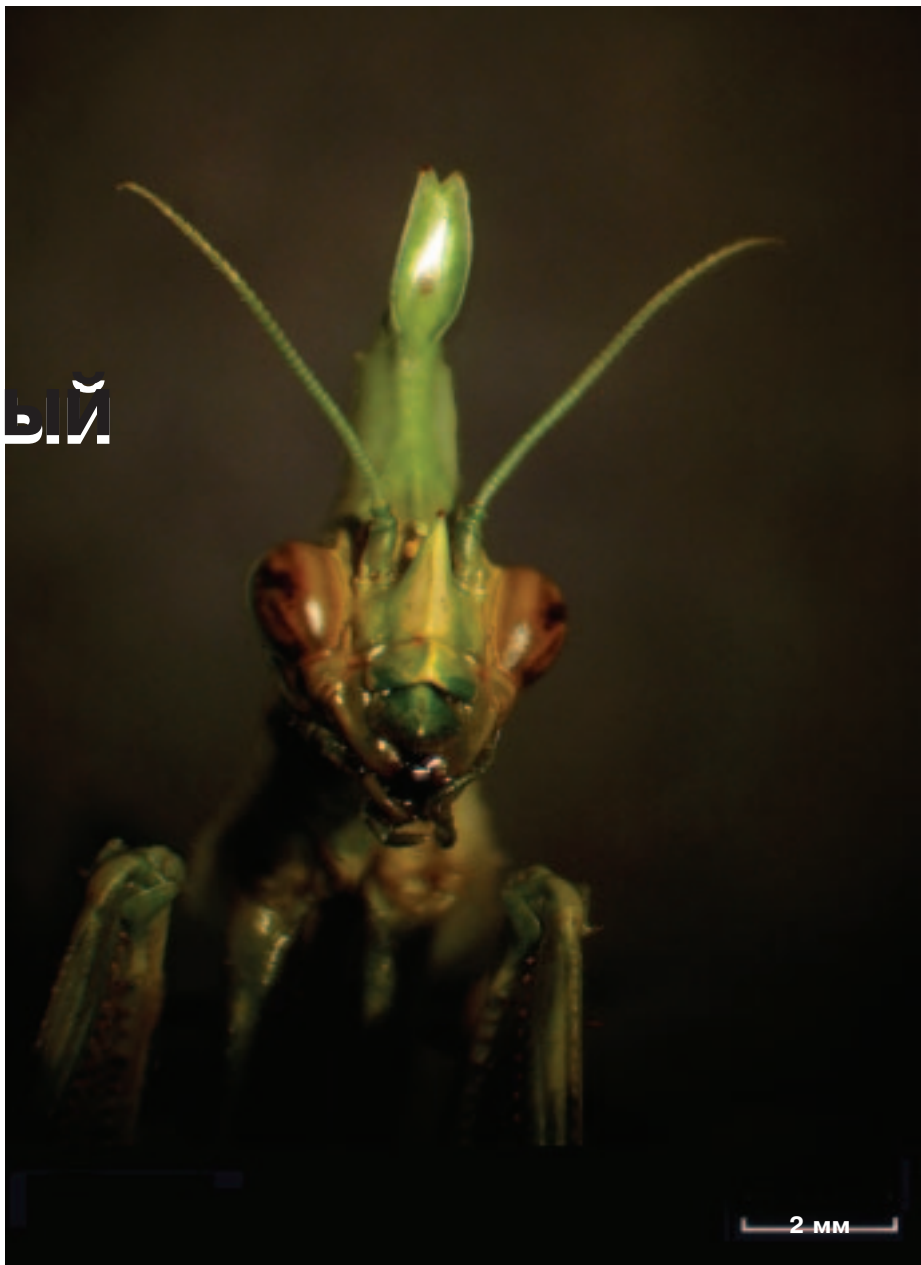
Таинственный отблеск богомолы

В мире насекомых множество еще не разгаданных тайн. Есть вещи, которые удастся объяснить лишь после долгих наблюдений в природе и в лаборатории. Порой нужно, чтобы несколько человек описали одно и то же событие с разных точек зрения. После этого как из кусочков мозаики сложится единая картина явления.

Я люблю читать книги о жизни и нравах насекомых, которые издаются для детей. Это отнюдь не пустая забава, как может показаться на первый взгляд: в них и специалист найдет много интересного. Однажды мое внимание привлек сборник рассказов замечательного энтомолога П.И.Мариковского «Загадки остались» (М.: Армада-Пресс, 2001). Меня особо заинтриговало повествование о богомоле из рода эмпузы (*Empusa*), в котором автор говорил о его возможной коммуникации.

Дело в том, что представители семейства эмпузид (*Mantodea, Empusidae*) имеют на голове непонятный вырост, так называемую митру (фото 1). До Мариковского никто не мог понять, зачем он нужен богомолам. Но однажды пытливым взгляд ученого заметил, что у живых эмпуз передняя поверхность митры отражает лучи солнца и блестит, как зеркальце или как капелька росы. И на нее летят мухи — основная пища эмпузы. Обманутые этим блеском, двукрылые становятся легкой добычей для подстерегающего их богомола. У мертвых насекомых зеркальце мутнеет, и свет перестает отражаться — вот почему исследователи, работавшие с коллекционным материалом, не могли понять предназначения митры.

В заключение Мариковский писал: «Потом, раздумывая, я решил, что, под-



1

При определенном повороте головы относительно источника света на поверхности митры у взрослого богомола появляется яркий блик, который издали напоминает блеск росинки

ражая росинке, богомольчики находят друг друга, пользуясь зеркальцем во время брачного периода жизни. Еще я заметил, что самка складывает продольно оси свой отросток, как бы скрывая его и желая остаться незаметной». Что же получается? Богомолы сидят на своих местах и пускают солнечные зайчики, переговариваясь друг с другом при помощи световой «азбуки Морзе»? Подобной световой коммуникации не известно ни у одного вида животных!

Для начала нужно было проверить, действительно ли блестит зеркальце митры на голове живой эмпузы. Я опросил специалистов-энтомологов из Москвы и Санкт-Петербурга, но они ничего про это не слышали. Более того, некоторые отнесли к сообщению Ма-

риковского скептически: мол, такого просто не может быть. Просмотрев старые коллекционные экземпляры, я не заметил, чтобы передняя поверхность головного выроста отражала свет. Но об этом писал и сам Мариковский: блеск есть только у живых богомолов. А раздобыть их непросто, так как обитают они в южных регионах, большей частью за пределами России. Наиболее доступными можно считать эмпузу рогокрылую (*Empusa pennicornis*), которая встречается на юге Европейской России, доходя на север до Волгоградской области, в Казахстане, на Украине (юг Херсонской области), а также в странах Закавказья, Средней и Малой Азии, и эмпузу полосатую (*E. fasciata*), достигающую

2

Оотека эмпузы чем-то похожа на несъедобную гусеницу бабочки. Может быть, это один из способов защиты яиц от врагов, а может — простая случайность

Фотографии автора



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Мне опять повезло: эмпуза начала откладывать оотеки — склеенные единым пакетом кладки яиц (фото 2). За все время проживания в неволе самка отложила четыре таких кладки, до пятнадцати яиц каждая. Оставалось ждать выхода личинок, которые могли дать ответ на вопрос. Но меня опередил Виктор: позвонил по телефону и сообщил, что к нему в рюкзак случайно попала кладка эмпузы, из яиц уже вывелись личинки, и у всех на головах блестит по «капельке росы»! Наконец-то я получил богомольчиков, имеющих замечательные, ярко блестящие зеркальца.

А на следующий год мои коллеги привезли мне еще одну взрослую самку рогокрылой эмпузы, но из Волгоградской области. У нее блеск зеркальца митры оказался немного ярче, чем у предыдущей самки из Талыша, однако слабее, чем у ее личинок.

Итак, что же удалось выяснить? Впервые, головной вырост у эмпузы рогокрылой действительно отражает свет. И не только у взрослых насекомых (имаго), но и у личинок (нимф) с самого первого возраста, что еще не было известно (фото 3). Мне показалось, что у личинок блеск выражен сильнее, чем у больших богомоллов, хотя, может быть, это оптический обман, связанный с разной площадью от-

ражательной поверхности и кривизной зеркальца. Во-вторых, и у нимф, и у имаго через некоторое время после смерти яркость отраженного света действительно постепенно снижается, и зеркальце мутнеет. И наконец, самое главное. Опровергнуто сообщение о том, что взрослые и личинки эмпузы могут складывать митру вдоль продольной оси. Следовательно, они не способны прятать отраженный свет таким способом, а это заставляет усомниться в том, что он играет какую-то роль в коммуникации.

Вместе с тем не исключено, что отраженный свет все-таки может служить сигналом, причем не только для добычи богомола. Многих насекомых, ведущих скрытный образ жизни, выдает издаваемый ими звук, или свет по ночам, если они светятся, или, как у эмпузы, отблеск отраженного света днем. Такие сигналы привлекают врагов и делают добычей самих охотников. В связи с этим мне вспомнилось, как еще два века назад выдающийся французский энтомолог Жан-Анри Фабр, рассказывая про охоту осы тахита — «убийцы богомоллов» на личинок эмпуз, писал: «Тахит не знает страхов. Заметив эмпузу, он хватает ее и колет жалом: обед для его личинки готов. Как узнаёт он в этом чудище родича богомола? Боюсь, что на этот вопрос удовлетворительного ответа никто и никогда не даст» (перевод Н.Н.Плавильщикова). А может, блеск митры выдает личинок этого богомола? Так или иначе, для окончательной разгадки значения таинственного отблеска у эмпуз нужны наблюдения и опыты непосредственно в природе.

Я благодарю В.А.Громенко, В.В.Авдони-на и А.В.Тимохова (Москва, МГУ) за предоставленный живой материал *Empusa pennicornis* из Талыша и Волгоградской области, О.С.Корсуновскую (Москва, МГУ) и Л.Н.Анисюткина (С.-Петербург, Зоологический институт РАН) за обсуждение темы.

Работа поддержана грантами РФФИ № 04-04-48189 и «Университеты России».

А.А.Бенедиктов,
кафедра энтомологии биологического факультета МГУ

на севере своего ареала южного берега Крыма. Надо добавить, что в некоторых из этих мест, например на Украине, оба вида занесены в региональные Красные книги.

Мне повезло. В июле 2005 года из экспедиции в Талыш (Южный Азербайджан) вернулся мой друг Виктор Громенко — профессиональный энтомолог и великолепный коллектор. В его честь названо несколько видов и подвигов насекомых, впервые им найденных. Он-то и привез в Москву живую самку эмпузы. Узнав о моих интересах, Виктор, не задумываясь, передал ее мне для наблюдений.

Я сразу попытался разглядеть блеск зеркальца, но, скажу честно, был разочарован. Да, блеск был, но не такой яркий, как писал Мариковский. Однако другой вопрос удалось решить сразу: эмпуза рогокрылая не могла складывать зеркальце вдоль продольной оси. Другие виды эмпуз, изученные мной по коллекционному материалу, также к этому не способны, так как головной вырост у них — это твердое хитиновое образование без каких-либо подвижных частей. Неужели рассказ известного энтомолога — выдумка?



3
Личинка эмпузы первого возраста. На голове «капелька росы» — отраженный свет на зеркальце митры. На обоих снимках одна и та же особь, освещенная с разных сторон: видно, что вся вогнутая поверхность зеркальца отражает свет



Двадцать минут





Юрий Максимов

ФАНТАСТИКА

Тихо. Дело к шести. Сумрак в храме понемногу сгущается. Синие огоньки лампадок, кажется, проступают ярче перед высокими, темными иконами. Из приоткрытых с улицы дверей тянет прохладой и запахом сирени.

Влад потянулся к выключателю. Вспыхнув, желтый круг выхватил стопки рыхих свечей, иконки и крестики на противоположной стороне стола. Почесав подбородок с проступающим пушком, он достал из кармана книгу и углубился в чтение.

«Начало колонизации Ио было положено в 2117 году совместной экспедицией...» Влад зевнул и выдвинул ящик стола. У Вити где-то здесь мятные ледяшки обретались. Так, листки для записок, коробка с мелочью, карандаши, поминальная тетрадь... а ледяшек нету, облом! Надо было спросить, когда сменял. Теперь Витя уж небось на полпути к дому. Ладно, всего полчаса осталось до закрытия. А потом — в сторожку, чай пить с пряниками. И снова читать эту нудятину про спутники Юпитера. Послезавтра зачет по «освоению».

Хорошо хоть, народу нет. Вообще, вечером, когда не служат, людей заходит мало. Так и сегодня. Только один пилот заглянул, из Космопорта, трехкредитку на канун поставил; да еще две тетki, проездом с Марса, — вон их свечки мерцают в золотистых подсвечниках перед Спасителем и Богородицей.

Влад уж было вернулся к конспекту, как дверь приоткрылась, и в храм протиснулся заросший серой шерстью гигант в бежевом халате. Цистерцианин. Сторож Влад невольно нахмурился. Гость, не глянув на него, неторопливо, чуть покачиваясь, прошел к центру храма и встал аккуратно под куполом. И смотрит неотрывно на лики святых в иконостасе. «Будто молится», — усмехнулся про себя Влад, но тут же отогнал эту мысль. Скорее турист. Зашел поглазеть. Хотя такие обычно днем приходят. С ними Витя хорошо толкует. Глядит мечтательными голубыми глазами, бородищу свою рыжую тербит, то слушает, то говорит... Шутили, что одна пара ригелиан каждый год специально сюда прилетает, чтобы с ним поболтать. Да, Витя — мужик разговорчивый. А вот Влада такие вещи напрягают. Надо ж было припереться этой мохнатой зверюге за полчаса до закрытия!

«Впрочем, для туриста одет он странновато», — подумал Влад, разглядывая пришельца со спины. Цистерциан не часто встретишь даже здесь, в Космопорте, но несколько раз он их все же видел. Всегда на них роскошная одежда из тонкой ткани, и всегда они подчеркнута опрятны. А этот весь помятый, испачканный, шерсть какая-то всклокоченная. «Только цистерцианских бомжей нам здесь не хватало. От своих отбою нет».

Двухметровый гость неторопливо развернулся и пошел к выходу. Влад демонстративно уткнулся в книгу, но внутри уже зрело досадное предчувствие, что нет, не уйдет он так сразу — полезет еще разговаривать.

Так и случилось. Цистерцианин подобрался поближе и встал по ту сторону стола. Кажется, с минуту он стоял молча, а Влад упрямо продолжал делать вид, что читает. В конце концов, он сторож, а не продавец. Не ему лезть первым с разговорами.

Наконец возник сухой, явно непривыкший к человеческой речи голос:

— Извиняюсь.

Тут уж делать нечего, пришлось поднять голову. С невольной неприязнью Влад глянул в заросшее лицо пришельца. Черные глаза-пуговицы блестили совершенно бесстрастно, как у плюшевых игрушек.

— Щенник, — донеслось из-под серых усов.

— Чего? — сощурился Влад.

— Щенник, — повторил цистерцианин и добавил: — Ся.

— Священник? — внезапно догадался Влад.

— Ся щенник, — кивнул гость.

— Священника нет. Домой уехал. Завтра утром приходите на службу. Тогда будет священник.

— Утром поздно. — Цистерцианин шевельнул ушами. — Утром сутки кончатся.

Владу стало совсем мутно от этой галиматши. Потому и буркнул:

— Тогда послезавтра. А еще лучше в воскресенье. В это или еще когда-нибудь. В общем, потом.

— Потом сложно, — сообщил пришелец. — Потом меня не будет.

«Понятное дело — рейс», — подумал Влад, но ничего не сказал. И еще подумал: «Чего бы тебе, милый, не пойти в свое капище... или как оно там у вас называется?»

Цистерцианин тем временем тоже что-то соображал.

— А других церковь здесь есть? — спросил он вдруг.

— Есть. — На секунду возникло желание отправить его в Скорбященку, чтобы отделаться поскорей, но Влад справился с искушением: жалко все-таки. — Там сейчас тоже службы нет. Не положена сегодня служба. Нет священников.

Мохнатый гость снова замолчал. Черные, без зрачков, глаза невыразительно блестили.

— Можно я посижу здесь?

Влад нахмурился и кинул взгляд на часы.

— Через двадцать минут церковь закроется. Двадцать минут можете посидеть.

— Спасибо.

Цистерцианин повернулся и все той же качающейся походкой прошел к левому окну. Там присел на лавку у кануна, молча созерцая, как перед распятием, на квадратном столике для заупокойных свечек, потрескивает трехкредитка пилота.

Влад попытался было вернуться к «началу колонизации Ио», но куда там! То и дело приходилось поглядывать на застывшую перед окном фигуру: а ну как сопрет чего?.. Минут через пять цистерцианин поднялся и вновь приблизился к столу:

— А ты не можешь... поговорить?

— В смысле?

— Как ся щенник, — объяснил пришелец и ткнул себя в грудь пальцем. — Дела плохие. Надо говорить. Чтоб не было.

— А, исповедь! — догадался Влад. — Нет, не могу. Это только священник. А я здесь просто сторож.

— А ся щенник завтра?

— Да, завтра утром.

— Поздно, — констатировал тот.

«Надо же, про исповедь знает!» — вдруг дошло до Влада. Впрочем, он не сильно удивился: многие инопланетяне почитают кое-какие церковные обряды. Например, ригелиане постоянно пытаются окрестить своих детей, хотя на то у них, видимо, какие-то свои причины — ведь их жизнь и мораль от христианства весьма далеки... А уж что творится на Богоявление! Тут и гаотрейды, и ялмезяне, и имкейцы приползают — в общем, всякой твари по паре. И все толкаются в километровых очередях за крещенской водой, а при самом разливе чуть не до драк дело доходит, так им всем отчего-то вода святая нужна. Хотя собственно верующих-то среди них — единицы.

— А чего ты, э... — Влад покрутил в воздухе пальцами, — к своим священникам не пойдешь? Ну, к цистерцианским?

— У нас нет. Жрецы у цистерциан. А я не такой. Я у вас здесь... — гость задвигал бровями, силясь подобрать слова, — в воде меня... ся щенник.

— Так ты крещеный? — удивился Влад. Ригелиане-то — известное дело, а вот про цистерциан он еще такого не слышал.

— Крещеный, — повторил гость. — Отец меня. У вас. Другая церковь. Катон. Много зим назад. Солнце было яркое. Маленькие огоньки. Окна с лицами. Вода. Вибрация звука приятная. Ся щенник говорил со мной. — Он умолк, но потом добавил: — Хороший был день.

— Понятно. — Влад покосился на часы. До шести осталось двенадцать минут. — А может, когда будешь на Катоне, там и исповедуешься?

— Не успею. Утром сутки кончаются.

— А потом куда?

Цистерцианин наклонил голову:

— Хорошо бы... к Богу.

— Чего? — оторопел Влад.

— Завтра угасну я, старики так решили, — стал объяснять пришелец. — Виноват я. Плохое дело сделал. Сутки мне дали. Спасибо. Это ради отца. Потому что хороший он у меня был.

Влад захлопнул книгу:

— Погоди-ка, тебя что, завтра... убьют?

— Убьют.

Сторож оторопел:

— Серьезно?

— Сутки дали, — повторил цистерцианин. — Спасибо, не всем дают. Жену вот устроил. Дочку. Завещание. Долги отдал. А сюда пришел поздно. Ся щенник нет. Я не знал, что нет. Надо было утром прийти. Не знал. — И он опять шевельнул ушами.

— Так что ж ты здесь? — Влад все никак не мог поверить. — Тебе в полицию надо. Беги скорей, скажи, что тебя убить хотят!

— Старики у нас — как полиция.

— Да ты сюда, в земную!

— Нельзя так.

Влад уже и сам догадался, что нельзя. Цистерциане официально запрасят, и его в конце концов выдадут.

— Слушай, да ты же в Космопорте. Садись сейчас на любой звездолет и дуй куда подальше!

— Нельзя так. Найдут.

— Можно улететь туда, где не найдут.

— Можно, — кивнул цистерцианин, — но так нехорошо. Жену мою тогда. И дочку. Угаснут. Вместо меня. Разве лучше? Нехорошо так. Люблю я их. Я сам должен. — И после паузы: — К тому же искать когда. Сюда придут. Тебя спрашивать будут. Разве хорошо?

Влад представил себя на допросе цистерциан и невольно поежился.

— А может, еще обойдется, а? — предположил он. — По-

говори со стариками своими. Скажи, мол, виноват, исправлюсь. Про дочку скажи. Может, простят они тебя?

Цистерцианин качнул головой:

— Такого у нас не бывает. Старики... не как Бог. Я виноват. Они не простят. Спасибо им, сутки дали. Другим нечасто дают.

— Да что ж ты натворил-то такого?

— Виноват. Сильно виноват. Угасли три цистерцианина. Моя вина... Хотел вот говорить ся щенник. Ся щенник скажет, простит меня Бог или нет.

— Ты что же... убил их?

— Нет. Не я. Руда. Камень падал. Внизу они. Я виноват. Из-за меня.

— Несчастный случай, что ли?

— Да.

— Так объясни им, что ты не хотел! Что это случайно все. Скажи, пусть по-другому накажут, но убивать-то зачем?

— Они знают. Разницы мало. Три из-за меня. Плохое дело. Я виноват.

Он замолчал. Влад тоже. Чего уж тут скажешь? Дичь какая-то! Витьке, что ли, позвонить, посоветоваться? Ан нет, тот еще в дороге, а у него тариф экономный — в космосе не берет.

«А может, розыгрыш это все? — вдруг подумалось. — Ведь бывало такое: придет какой-нибудь страдалец, уж такое наплетет, всю душу вывернет, а под конец отвесит: «Так у тебя, братишка, кредиток двести не найдется, а, на дорогу?»»

— Нет ся щенник, — снова забубнил пришелец. — Жаль. Утром надо было. Мы, цистерциане, такие. Главное всегда на потом оставляем. Так у нас принято. А потом иногда поздно бывает. Жаль. Пустая жизнь.

— Да погоди! Может, Господь еще управит все. Знаешь, так часто случается: люди по-одному решают, а Бог совсем по-другому. И не выходит у людей ничего. Бог, он ведь все может. Он сильнее любых стариков.

— Ты лучше знаешь, — просто ответил пришелец.

Снова замолчали. Влад напряженно соображал. По-хорошему-то, в первую очередь надо бы звонить отцу Глебу, да в отпуске настоятель, до четверга не вернется. А подменяющий его отец Кирилл контактов не оставил.

— Можно мне... маленький огонек зажечь? — спросил цистерцианин.

— Чего? — И когда пришелец ткнул лапой в направлении горки свечей, Влад только вздохнул: — А, это! Да бери, пожалуйста.

Мохнатый гость порывлся в помятом халате и вытащил кубик.

— Хватит столько?

— Бери-бери, все в порядке, — отмахнулся Влад.

Гость взял тоненькую двухкредитку и пошел к алтарю. На столе остался рифленый металлический кубик с переливающимися гранями. Влад настороженно покосился на диковинную оплату, но решил не трогать: мало ли что, может, он радиоактивный или еще чего.

Часы пикнули — без трех минут шесть. Пора готовить церковь к закрытию. Влад поднялся, сунул книжку в карман пиджака, щелкнул выключателем лампы. Двинулся вдоль левой стены, останавливаясь у каждой иконы и гася лампадки. Повернув возле аналая, задул две оплывшие свечки теток с Марса и бросил их в коробку у подсвечника.

Цистерцианин тем временем стоял столбом у кануна и глядел, как мерцает, чуть подрагивая, поставленная им свечка, а рядом — сократившаяся уже трехкредитка. Влад приблизился, погасил свечку пилота, а цистерцианскую трогать не стал. «Пусть себе горит. Завтра только надо будет не забыть огарок выковырять, чтобы Марфа не ворчала».

— Кончились двадцать минут, — то ли спросил, то ли констатировал пришелец.



— Кончились. Пора закрываться.

На секунду стало боязно: а ну как эта громадина не захочет уходить? Что тогда?

Но нет, цистерцианин послушно повернулся и вразвалочку зашагал к дверям. Влад перекрестился, кинув взгляд в сторону скрытого алой завесой алтаря.

Вышли вместе. Щелкнул замок. Молодой сторож на всякий случай подергал ручку, чтобы удостовериться, что все в порядке.

На улице было тепло. Душистый аромат сирени. Сотни снующих аэрокаров на фоне огненного предзакатного неба. Вдалеке высились башни мегаэтажек, а справа — тонкие шпили Космопорта. Цистерцианин стоял на ступенях, завороченно глядя на пышные кусты с белыми гроздьями цветов.

— Куда ты сейчас? — спросил Влад.

— Пойду. Богу говорить буду. Много надо сказать. Жена, дочка — одни остаются. Тяжело так. Надо ей новый муж. Новый отец. Пусть будет хороший.

— А это у вас обязательно? Ну, вдовам замуж выходить?

— Нет. Не обязательно. Но одной жене тяжело. И дочке. Люблю я их. Пусть новый будет муж. Так лучше. Лишь бы хороший.

Влад потупился. «Оставить его, что ли, в сторожке? Ведь некуда ему сейчас идти... Да нет, не выйдет: Олег Саньч, если узнает, так потом задаст, что допрос цистерциан сказкой покажется».

— Слушай, а во сколько у тебя, ну, сутки кончаются? Может, еще успеешь утром со священником встретиться? Он сюда в семь часов придет.

— У меня — в двадцать шесть конов. — Цистерцианин задвигал бровями, а потом развел лапами: — Не знаю, сколько это по-вашему. Постараюсь придти. Может, успею.

ФАНТАСТИКА

Они еще немного постояли. Потом цистерцианин шагнул вниз. Обернулся.

— До свидания. — Его серые усы приветливо приподнялись. — Спасибо, брат, что говорил со мной.

Влад протянул руку. Чуть помедлив, пришелец подал мохнатую лапу.

— Ну, с Богом! — пробормотал сторож.

Цистерцианин кивнул и спустился по лестнице. Вышел за ворота и побрел, чуть покачиваясь, по дороге в город.

Влад немного постоял под сиренью, а затем свернул налево, в сторожку.

Включил свет в узкой комнатке. Подошел к столу, вытащил книжку из кармана. Как-никак, а зачет по «освоению» на носу. Подумав, набрал воды в пластмассовый чайник, щелкнул кнопкой. Достал с полки пакет пряников.

«Жалко, имя его забыл спросить. Чтоб хоть помолиться...» Вздохнул и опустил на стул.

Так сидел он долго, слушая, как шипит вода в чайнике, жевал пряник да глядел в окно, где в густеющих сумерках все четче и веселее светились далекие огни мегаэтажек.

ХИММЕД

*Реактивы и химикаты
Особо чистые растворители
собственного производства*

*Лабораторные приборы и оборудование,
лабораторная посуда*

*Аналитические приборы и
расходные материалы для
хроматографии и спектроскопии*

*Субстанции и вспомогательная химия
для фармацевтики, ветеринарии
и пищевой промышленности
Биохимия и клиническая химия*

*Бытовая и автомобильная химия
Радиационная безопасность*

Тел.: (495) 728-4192, 777-8495, факс: (495) 728-4192
E-mail: mail@chimmed.ru http://www.chimmed.ru
115230, Москва, Каширское ш., д. 9, корп. 3





Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Неприятностей полный шлем

Казалось бы, когда велосипедист надевает на голову шлем, он чувствует себя в большей безопасности, нежели без этого древнейшего головного убора. И напрасно (агентство «AlphaGalileo», 11 сентября 2006). Оказывается, у велосипедиста в шлеме вероятность столкнуться с автомобилем гораздо выше. Это установил британский психолог Ян Уокер (то есть Пешеходов, если переводить фамилию) из Батского университета. В ходе эксперимента он путешествовал на велосипеде по дорогам Англии, через равные промежутки времени снимая и надевая шлем. А велосипед был оснащен ультразвуковым радаром, который измерял расстояние до проезжающих мимо автомобилей. И всего таких автомобилей было 2500. Измерения показали, что легковая машина обычно проезжает на расстоянии 133 см от велосипедиста, грузовик — на 19 сантиметров ближе. Самыми невежливыми оказались водители автобусов — в среднем расстояние до велосипедиста у них было 110 см.

Бесстрашный ученый дважды подвергся столкновениям — с автобусом и грузовиком. И оба раза на нем был шлем. Как оказалось, это не случайное совпадение: в среднем автомобилист проезжает на 8,5 см ближе к велосипедисту в шлеме. В результате сближения у того остается меньше простора для маневра, да и водитель не застрахован от ошибки, вот столкновения и становятся чаще.

«Водители и велосипедисты принадлежат к разным субкультурам, которые практически не пересекаются друг с другом. Водитель при виде человека в шлеме полагает, что при такой экипировке тот прекрасно умеет обращаться с велосипедом и легко справится с любым препятствием. Но это совсем не так, поскольку нет никакой связи между квалификацией человека и его желанием кататься в шлеме. Хорошо бы участникам дорожного движения лучше понимать друг друга», — говорит профессор Уокер.

Впрочем, из его же данных следует неплохой способ увеличить расстояние до проезжающего мимо автомобиля: надо надеть женское платье. Этот способ Ян Уокер проверил лично и выяснил, что от велосипедиста в такой одежде водитель старается держаться в среднем на 14 см дальше.

С.Анофелес

...наблюдения на телескопе Крымской станции ГАИШ показали, что причина переменчивости звезды HD 51585 - мощный звездный ветер («Письма в астрономический журнал», 2006, т.32, № 9, с.662-671)...

...столб атмосферы в тайфуне давит на литосферную плиту и тем самым может вызывать землетрясения в сейсмически неустойчивых областях («Доклады Академии наук», 2006, т.410, № 3, с.397-400)...

...проникновение в подледное озеро «Восток» в Антарктиде российские ученые запланировали на антарктическое лето 2007-2008 года; сейчас до озера осталось около 100 м льда («Природа», 2006, № 9, с.45-53)...

...построена модель эволюции кислотности в атмосфере, использующая данные спутниковых наблюдений («Исследования Земли из космоса», 2006, № 4, с.52-63)...

...пожары в северной тайге более опасны для пауков и клещей, чем для насекомых, поскольку они обитают в слое подстилки и лишайниковом покрове («Сибирский экологический журнал», 2006, № 4, с.429-437)...

...из техногенных почв Прикамья выделены микроорганизмы, способные разлагать моно- и полиароматические, а также хлорсодержащие углеводороды («Экология», 2006, № 4, с.261-268)...

...влияние малых концентраций нефти может быть положительным для одних водорослей и отрицательным для других («Биология моря», 2006, т.32, № 4, с.241-248)...

...многие особенности мимики у людей передаются по наследству («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2006, т.103, № 43, с.15921-15926)...

...как показали психологические исследования близнецов, на замкнутость, агрессивность, трудности внимания и соматические жалобы влияют в основном генетические факторы, а на уровень тревожности и социальную адаптацию — главным образом факторы среды («Психологический журнал», 2006, т.27, № 5, с.60-74)...



...Homo floresiensis, он же «ископаемый хоббит», скелет которого возрастом около 18 000 лет найден на одном из островов Индонезии, возможно, не был самостоятельным видом — это может быть Homo sapiens с умеренно выраженной микроцефалией («New Scientist», 2006, № 2573, с.17)...

...эфирные масла эвкалипта и лаванды повышают иммунорезистентность у телят («Ветеринария», 2006, № 9, с.40-41)...

...иммунная система не только борется с чужим и измененным своим, но и регулирует микрофлору организма («Известия РАН, серия биологическая», 2006, № 5, с.517-529)...

...транквилизатор и анестетик кетамин, используемый как наркотик, обладает быстрым антидепрессантным действием, изучение которых может привести к созданию принципиально новых лекарств («Nature», 2006, т.443, № 7112, с. 329-631)...

...проблемы с охраной авторского права в области цифровых технологий вызваны тем, что цифровая копия может не иметь постоянного материального носителя и в то же время рассматривается законом как нечто материальное («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2006, № 10, с.20-28)...

...первое место на конкурсе фотографий и иллюстраций, который спонсировали журнал «Science» и американский Национальный научный фонд, заняли компьютерные модели математических поверхностей, представленные в виде фигурок из цветного стекла («Science», 2006, т. 313, № 5794, с.1731, www.sciencemag.org)...

...одну из Игнобелевских премий, присуждаемых «за научные достижения, которые сначала заставляют смеяться, а затем думать», в этом году получил изобретатель противопродросткового электроакустического репеллента, который издает звук, неприятный для юношей и девушек, но неслышный для взрослых людей («The Annals of Improbable Research», 2006, №6, www.improbable.com)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Только один командир промолчал — воздуху в легкие он набирал...

Мужчинам, постоянно пребывающим в раздражении и неспособности с окружающим миром, с годами становится все труднее выразить свое недовольство криком. Сотрудники Гарвардской школы здравоохранения утверждают, что гнев и раздражительность влияют на процессы выработки гормонов, а это не проходит бесследно для иммунной системы: в организме возникают хронические воспалительные процессы, поражающие ткани. Это сказывается, например, на легких, чья мощь год от года идет на убыль.

Ученые проанализировали информацию, полученную в итоге семилетних наблюдений за 670 мужчинами. В 1968 году, когда работа началась, им было от 45 до 86 лет (средний возраст — 62). Уровень враждебности каждого определяли с помощью стандартных тестов, объем легких — по количеству выдуваемого за секунду воздуха. Подобные измерения с равными интервалами повторяли еще трижды (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 31 августа 2006 года).

Оказалось, что мощь легких напрямую связана со степенью враждебности и раздражительности: у более мирных людей она сохраняется дольше, у скандалистов — резко снижается. В исследовании учитывали факторы, оказывающие негативное воздействие на состояние здоровья в целом и дыхательной системы в частности, например курение.

Результаты ранее проведенных работ свидетельствуют, что вечно недовольные и сердитые люди чаще подвержены заболеваниям сердца, астме, гипертензии, синдрому раздраженной толстой кишки. Причина подобной взаимосвязи до сих пор не выяснена.

Впрочем, исследователи подчеркивают, что объектом их внимания были бывшие военные. Поэтому проецировать данные на остальное человечество следует весьма осторожно. А некоторые эксперты к тому же полагают, что на изменения степени враждебности и легочной силы может влиять никому не известный третий фактор, другими словами — выявлены два следствия, общая причина которых пока не установлена.

Е. Сутоцкая



Акробатки



А.С.РОМАНОВУ, Ростов: Следы полиуретановой монтажной пены можно удалить ацетоном, но только пока она не застыла; потом — только механическим путем.

Д.Б.ИВЧЕНКО, Иркутск: Никаких противопоказаний к одновременному применению парацетамола и кодеина мы не знаем, даже наоборот, есть мнение, что анальгетическое действие парацетамола в присутствии кодеина усиливается; но если сомневаетесь, обратитесь за советом к настоящим врачам, а не к журналистам.

АННЕ, вопрос из Интернета: Медицинский активированный уголь, насколько нам удалось выяснить, изготавливают из березовой древесины.

А.П.ЛОСЕВОЙ, Санкт-Петербург: В комнатных условиях неплохо растет папирус очереднолистный *Cyperus alternifolius* с острова Мадагаскар; это не египетский папирус *Cyperus papyrus*, но он тоже любит влагу, поэтому горшок с циперусом до половины погружают в воду и вынимают только на зиму — на время «засухи».

Л.М.РЫЛЬНИКОВОЙ, Кировск: Специалисты рекомендуют не просто капать эфирное масло в верхнюю чашечку аромалампы, подогреваемую свечой, а сперва налить туда немного воды; тогда и аромат получается более тонким, и после остывания лампу легко отмыть любым моющим средством.

С.Н.РАКАСОВУ, Орел: Добавлять в капусту, приготовленную для закваски, ягоды рябины вместо клюквы, пожалуй, не стоит, поскольку сорбиновая кислота, содержащаяся в рябине, может воспрепятствовать квашению; но можно попробовать положить рябину в уже готовую кислую капусту — вдруг вкусно получится?

О.Н.РЫБАЦКОЙ, Александров: Простейший и всем доступный эмульгатор, то есть вещество, поддерживающее эмульсию, — яичный желток, содержащий много лецитина; поэтому растертый желток и входит в состав соусов или супов-кремов.

В.В.ОРЕШИНУ, Москва: Словосочетание «соль пищевая без химических добавок» и нас тоже заставило задуматься: может ли считаться химической добавкой хлорид натрия?

В средней полосе России гнездится 6 видов синиц рода *Parus*. В городских парках селятся преимущественно «желтобрюхие» синички — лазоревка и большая синица, а вот птицы, окрашенные в черно-бело-серые тона — пухляк, москочка и хохлатая синица — предпочитают леса за городом. Белая лазоревка, или князёк, красивая, как снежная королева, любительница пойменных ивняков и старых черноольшанников, так редка, что попала в Красную книгу России. Как и чем подкармливать птиц, вы можете узнать в Союзе охраны птиц России по телефону (095) 672-22-63 и на сайте www.rbcu.ru

Всяк сверчок знай свой шесток! В лесу, где живет множество певчих птиц, у каждого вида — своя экологическая ниша и своя стратегия добывания корма. Дрозды роются в лесной подстилке в поисках червяков, славки «пасутся» на ветвях деревьев и кустарников. А вот миниатюрные и ловкие пеночки и синицы освоили самые тонкие, концевые веточки кроны. Зачем? А затем, что в молодых, только распускающихся листиках белка в три раза больше, чем в зрелом листе, а трудноперевариваемой



КСТАТИ О ПТИЧКАХ

клетчатки меньше. Насекомые здесь не только трапезничают, но и спасаются от других птиц – эти веточки настолько тонки, что не выдерживают веса и в 5–6 г, особенно на ветру. Пеночки решают задачу, используя виртуозный полет: они умеют даже разворачиваться в воздухе. А синицы демонстрируют уникальные акробатические способности. Цепкие и сильные лапки позволяют им подолгу висеть вниз головой на ветке (даже если та тонкая и раскачивается) и при этом ловить и поедать добычу или раздвигать что-нибудь. Подвешиваться, кстати, умеют многие птицы – клесты, например, виснут на шишках, чижи на сережках березы и ольхи, но только синицы, блистательные акробатки, способны без помощи крыльев одним незаметным движением снова вернуться на ветку в исходное положение «вверх головой». Как выяснила зоолог Екатерина Преображен-

ская, путем подвешивания синицы добывают летом до 30–40% всего корма. Они висят даже на листьях! Что ж удивляться, если сало, вывешенное зимой за окно на веревочке, немедленно привлечет синичью стайку, которая и устроит для вас настоящее цирковое представление.

Орнитологи, кольцующие птиц на Звенигородской биостанции МГУ, рассказывают, что никто так не запутывается в ловчих сетках, как синицы. Кувыряясь, они накручивают петли сначала на голову, потом на лапки, потом и на все тело, а иногда, открыв клюв, бодренько наматывают петлю даже на язык! Поди ее потом распутай!

Эволюция синиц пошла по пути совершенствования задних конечностей, а вот крылышки у них слабоваты. Летуны они посредственные, открытое пространство пересекать не любят: легко попасть в лапы хищных птиц.

Поэтому их продвижение на юг ограничивает вода: синицы не заселяют лесополосы, отделенные от водопооя полями. Дальние перелеты не для них, они только кочуют. А за зиму даже в теплой Голландии может погибнуть до 80% синиц, родившихся летом.

Подкормите синичек! Птицам не страшен мороз, если они сыты. Они потом спасут наши парки и леса от нашествия насекомых. Синички подарят праздник детям: деловито, бесстрашно и весело они возьмут семечки прямо с ладошки, зацепившись за палец легкими коготками и блестя синими любопытных глаз. Они первыми, еще в январе, снова объявят нам, что весна не за горами, и заполнят весь лес звоном своих песен и радостной суетой. Да разве бывают мрачные и унылые синицы?

Кандидат биологических наук
Ольга Волошина

СОРБОМЕТР™

АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокмполитов, 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 многоточечным методом БЭТ и STSA, объема 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