



ՀՀ

2006

ՉԻՅԱՅԻ ԵՐԱՄԻՅԻ





G. de Chirico
1919



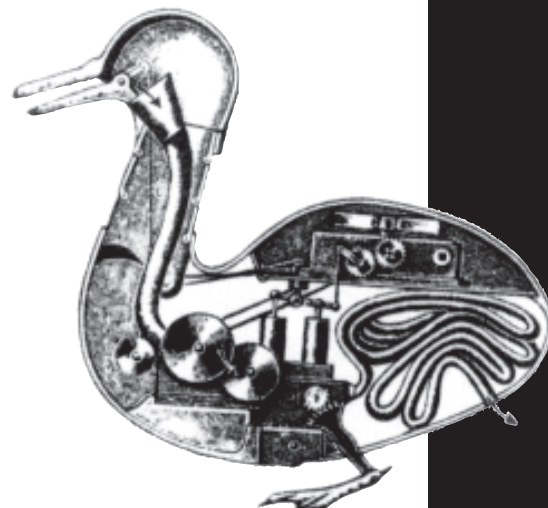
*Переливая из пустого
в порожнее, не перепутай
этикетки.*

Казимеж Сломиньский.



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина
к статье П. В. Щербакова и В. И. Тельпухова
«Бессмертие под газом»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
Джорджа де Кирико «Матросская казарма».
Каждый объект в этом мире имеет свое имя и свою
структуру. И это относится не только к домам, людям
или автомобилям, но и к планетам, звездам
и галактикам, да и ко всей Вселенной. Об этом читайте
в статье Сергея Комарова «Карта Вселенной».*





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

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

Подписано в печать 29.07.2006

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» обязательна.

На журнал можно подписаться
на сайтах:
<http://www.hij.ru>
<http://esmi.subscribe.ru>
<http://www.new-press.ru>

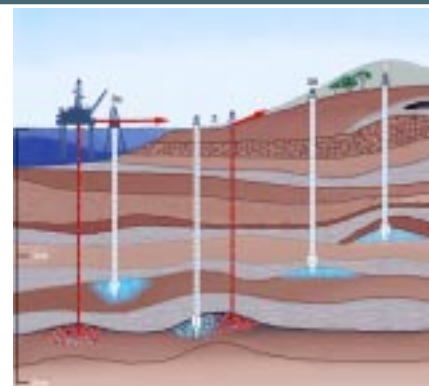
© АНО Центр «НаукаПресс»



Смешайте молекулы ДНК — и атомно-силовой микроскоп покажет вам улыбающуюся рожицу.



Химия и жизнь



12

Отправляясь в путешествие куда-нибудь к Пальцам Господним, не забудьте взять карту Вселенной и логарифмическую линейку: масштаб на карте — нелинейный.

ИНФОРМНАУКА

ЧАШКА-САМОГРЕЙКА	4
СВЕТ ИЗ ОПИЛОК	4
АДЕНОВИРУС ПРОТИВ РАКА	5
ВОДОРΟΣЛИ КАМЕНЕЮТ ЗАЖИВО	5

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

М.В.Телков КАРИ МАЛЛИС, ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ПЦР	6
--	---

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Е.Клещенко ДНК-ОРИГАМИ	10
--	----

КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

С.М.Комаров КАРТА ВСЕЛЕННОЙ	12
---	----

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

В.В.Благутина ОХОТА НА CO ₂	18
--	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

О.О.Максименко СОВМЕСТНАЯ БИОЛОГИЯ	26
--	----

РАЗМЫШЛЕНИЯ

С.В.Соловьев КОМПЬЮТЕРНАЯ КОЭВОЛЮЦИЯ	30
--	----

РАЗМЫШЛЕНИЯ

Ю.С.Хохлачев ВИРТУАЛЬНЫЕ ГРАБЛИ WWW	32
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

П.В.Щербаков, В.И.Тельпухов БЕССМЕРТИЕ ПОД ГАЗОМ	34
--	----

4

ИНФОРМНАУКА

Про стаканчики, которые могут разогреваться без внешних источников тепла, про энергетическую установку, вырабатывающую электричество из горючих отходов, про искусственный вирус, поражающий раковые клетки, и про бактерий, соорудивших себе саркофаги.

6

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

Кари Маллис не сразу стал писателем. Сначала он занялся наукой и изобрел полимеразную цепную реакцию, за которую получил Нобелевскую премию. Этот необычный человек был замечен и в других экстравагантных поступках.

34

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Бактериям, попавшим в антарктический лед миллионы лет назад, помогли остаться в живых газы атмосферы, образовавшие в клетках клатраты. Нельзя ли таким же способом перевести в анабиоз млекопитающих, в том числе и человека?

42

ЗДОРОВЬЕ

Человеку свойственно стремиться к счастью. Но вечное счастье физиологически невозможно, а попытки остановить прекрасное мгновение искусственным путем смертельно опасны для человека и человечества.

56



Между щелчком аппарата и готовой фотографией по-прежнему есть место и творчеству, и науке...

Если уж мы не можем не выбрасывать в атмосферу CO_2 , хорошо бы научиться его использовать.

На казанском ипподроме скакуны бьют все рекорды благодаря уникальному всепогодному грунту.



52

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С.Анофелес
НАНОИНСТРУМЕНТАРИЙ 40

ЗДОРОВЬЕ

Н.С.Имянитов
СЧАСТЬЕ КАК НЕСБЫТОЧНАЯ МЕЧТА 42

ТЕХНОЛОГИИ

Н.К.Кобякова, О.Н.Воробьева
НОВЫЙ СЕРИЙНЫЙ УБИЙЦА 50

ТЕХНОЛОГИИ

Л.Стрельникова
САМЫЙ РЕЗВЫЙ ИППОДРОМ 52

ФОТОЛАБОРАТОРИЯ

Б.З.Кантор
О ЧЕМ НЕ ЗНАЕТ КАМЕРА 56

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Л.Хатуль
НЕ ВСЕ ТО АЛМАЗ, ЧТО БЛЕСТИТ 62

ФАНТАСТИКА

В.Гон
ИДЕАЛЬНОЕ СООТВЕТСТВИЕ 66

КСТАТИ О ПТИЧКАХ

О.Волошина
ПТИЦА МЕЧТЫ – ТОНКОКЛЮВЫЙ КРОНШНЕП 72

ИНФОРМАЦИЯ 64, 69

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 24

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 48

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72



18

ИнформНаука

ТЕХНОЛОГИИ

Чашка-самогрейка

В считанные минуты, хоть в лесу, хоть в электричке, можно будет согреть стакан воды для чая или кофе. Устройство для этого изобрели специалисты московской компании «Bargan production group» (BPG1@yandex.ru).

Изобретение, которое специалисты компании запатентовали практически во всем мире, называется суховато: «упаковка для изменения температуры хранимого в ней продукта перед ее вскрытием». На самом же деле это особым образом устроенный стакан, надавив на стенку которого, можно в несколько минут нагреть то, что в стакане, почти до кипения. Точнее, почти до 90°C. И хотя идея, что называется, давным-давно носилась в воздухе, реализовать ее со столь высокими показателями удалось только сейчас Василию Баргану и его сотрудникам.

Греть содержимое стакана будет хорошо знакомая любому школьнику химическая реакция между цинком и медным купоросом. Активный цинк вытесняет медь из ее сульфата. При этом образуется свободная медь и тепло, которое и предлагают использовать авторы. Правда, для этого надо сделать реакцию управляемой, то есть заставить выделять-

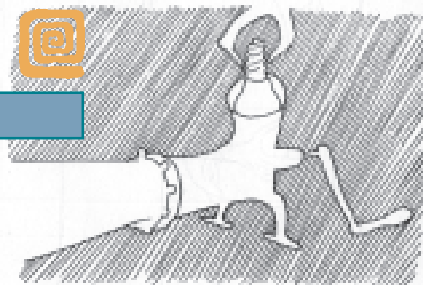
ся необходимое количество тепла в разумные сроки, суметь это тепло сохранить и направить на нужное дело – нагреть воды, а не окружающей среды. И с обеими задачами изобретатели успешно справились.

Кажется, что с первой задачей лучше всего должны были бы справиться химики-теоретики. Реакция известная, теплота ее – величина справочная, так что подводных камней вроде бы не должно быть. А их оказалось много, как в обмелевшей подмосковной речке, насквозь продирающей байдарки незадачливых туристов. На процесс, как выяснилось, влияет несколько факторов. Соотношение концентраций и количества реагентов, размер их частиц, даже число молекул воды в кристаллогидрате медного купороса. Все это влияет на скорость процесса и его интенсивность. То слишком быстро пройдет реакция, то никак не «разгонится» и еле теплится, то выделившегося тепла хватает нагреть разве что крошечную кофейную чашечку.

Авторам отечественной упаковки удалось решить все проблемы. После того как вода попадает на разработанный ими теплогенерирующий состав (смесь медного купороса с порошком цинка), стакан воды нагревается быстро: за пять минут вода нагревается до 70°, за 9 минут – до 90°. Здесь секрет не только в составе смеси, но и конструкции стакана. Он сделан, как матрешка, из четырех стаканов, вложенных один в другой. Внутренний стакан – тот, из которого пьют. Внешний стакан – теплоизолирующий, изготовленный из полистирола. А между ними – «термический модуль», то есть стаканчики, заполненные смесью реагентов, небольшой емкостью с водой и прокалывающего элемента – острой иголки из хирургической нержавеющей стали. Достаточно надавить на стенку, как эта иголка проткнет «мешок» с водой, та протечет на смешанные в должной пропорции реагенты, и реакция пойдет с выделением тепла, как и было предсказано.

К сожалению, работает такой стакан только один раз. И весит почти сто граммов. В пеший поход не возьмешь, а вот в машину положить упаковку таких стаканов, пожалуй, хорошо бы. Впрочем, стандартная банка с напитком 0,33 л весит 352 г – даже больше.

Еще привлекательнее выглядит идея



использовать подобную упаковку в подразделениях МЧС: в чрезвычайной ситуации возможность быстро нагреть воду без костра и электричества порой неоценима.

ЭНЕРГЕТИКА

Свет из опилок

Компактную и недорогую энергетическую установку разработали ученые из Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Из плохого угля, опилок и прочего бросового топлива она вырабатывает много энергии, а вот вредных газов в атмосферу выделяет совсем мало (mironova@power.bmstu.ru).

Эта установка существует пока в единственном экземпляре. На ней участвуют студенты, проходящие практикум по специальности «нетрадиционная энергетика» в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Так они узнают, что тепло и свет, причем в хороших количествах, можно получать практически из отходов.

Разработали мобильную автономную энергетическую установку кандидат технических наук доцент Ю.Маслов и его коллеги. Предназначена она для снабжения теплом и светом небольших предприятий, фермерских хозяйств и прочих некрупных объектов. На то, чтобы обеспечить энергией, скажем, город или даже район, она и не претендует. Зато там, где энергии нужно немного, а сети ЛЭП, приличных дорог и большого денег пока нет, она способна решать проблему в любое время года.

Состоит установка из двух основных блоков: газогенератора и двигателя внутреннего сгорания, похожего на дизельный и на самом деле созданного на его основе. Газогенератор позволяет превратить малоприспособное топливо в полезный, энергетический, газ. И так, сначала происходит термохимическая переработка топлива. В газогенераторе установки опилки и другие отходы, древесные, растительные и





даже животноводческие, торф и бурый уголь сначала подсушивают, а затем нагревают при определенной температуре в токе воздуха. Происходит это в несколько этапов в различных участках генератора: зонах сушки, восстановления и горения. В этом процессе важно все — и температурный режим, и качество материалов, из которых сделан генератор, и количество окислителя, то есть кислорода воздуха. Все эти параметры авторы тщательно определили на основе большого объема экспериментальных исследований и физико-химических и инженерных расчетов. В результате энергетический газ, выходящий из газогенератора такой установки, состоит почти наполовину из смеси оксида углерода, водорода, метана и кислорода, а еще из диоксида углерода и азота, которые не горят, но и не вредят окружающей среде.

Пилотная установка, что стоит в лаборатории технического университета, может вырабатывать 10 кВт электроэнергии. Это немного, но и установка небольшая. В принципе они рассчитаны на выработку 30 кВт электроэнергии, то есть способны обеспечить энергией одно, например, фермерское хозяйство.

ВИРУСОЛОГИЯ

Аденовирус против рака

Сотрудники Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» (Кольцово, Новосибирская обл.) разработали вирусный противораковый препарат «Канцеролизин» и провели его доклинические испытания. Препарат избирательно поражает клетки опухоли и не вызывает побочных эффектов у лабораторных животных (vdovichenko@vector.nsc.ru, shish@vector.nsc.ru).

Более половины злокачественных опухолей человека самой разной локализации имеют мутации в гене p53. В «Векторе» воспользовались этой особенностью раковой клетки и сконструировали мутантный вариант аденовируса человека, Adel2, который избирательно размножается в клетках, дефектных по p53, и разрушает их. Работая с клеточными культурами и заражая мышей, ученые убедились в том, что Adel2 действительно избирательно заражает и разрушает злокачественные клетки и подавляет рост опухолей. Этой изби-

рательностью мутантный аденовирус отличается от своего «дикого» прародителя, опасного патогена, который заражает все клетки без разбора: больные и здоровые, делящиеся и не делящиеся. На основе мутантного аденовируса ученые приготовили противораковый препарат «Канцеролизин» и приступили к его доклиническим испытаниям.

В доклинических испытаниях приняли участие морские свинки, кролики породы шиншилла, линейные и беспородные мыши. Препарат вводили животным внутривенно или подкожно, в зависимости от цели эксперимента. Так ученые выяснили, что прием «Канцеролизина» не вызывает жара, препарат не токсичен, не повреждает ткани и органы животных, не влияет на функциональные процессы в головном мозге и на работу иммунной системы, в том числе не вызывает аллергии.

Избирательное действие «Канцеролизина» на злокачественные опухоли исследователи проверяли, работая с культурами клеток человека. Вирусный препарат эффективно поражает клетки с дефектным геном p53 (клетки аденокарциномы толстой кишки человека и эпидермоидной карциномы человека), а его активность в клетках с нормальным фенотипом, фибробластах кожи и клетках эмбриональных тканей, ниже в 10–100 раз.

На основании полученных данных ученые пришли к выводу, что препарат «Канцеролизин» специфичен и безопасен. Теперь «Канцеролизину» предстоит экспертиза и аттестация на право проведения 1-й фазы клинических испытаний.

ЛИМНОЛОГИЯ

Водоросли каменеют заживо



Древние бактерии, которые сегодня находят в виде окаменелостей, строили себе эти окаменелости сами при жизни. Это установили сибирские ученые из Лимнологического института СО РАН (Иркутск) и Объединенного института геологии, геофизики и минералогии им. А.А.Трофимука (Новосибирск) при помощи грантов Президиума РАН и «Фонда поддержки отечественной науки» (yel@lin.irk.ru, belykh@lin.irk.ru, parfenoVA@lin.irk.ru).

Всплеск интереса к биоминерализации вызван развитием нанотехнологий, а кто, как не микробы, в них преуспели. Ученые

долго не могли решить, каким образом сформировались кремневые слепки первых бактерий. Одни утверждали, что микробы обросли каменными покровами при жизни, другие — что кремнезем облепил уже мертвые клетки. Эксперимент сибирских микробиологов подтвердил правоту первых. Специалисты из иркутского Лимнологического института СО РАН и новосибирского Объединенного института геологии, геофизики и минералогии опытным путем выяснили, что синезеленые водоросли — цианобактерии, сами строят кремневые чехлы. Микробам это нужно, чтобы поддерживать баланс веществ в экстремальных условиях, существующих в щелочных термальных источниках, где всегда избыток свободной кремниевой кислоты.

Биологи обследовали термальные источники и добыли оттуда три вида нитчатых цианобактерий. Эти виды уже миллионы лет обитают в гидротермах по всему земному шару. Вода в местах, где обнаружили водоросли, имела температуру около 40° и значения pH как у хозяйственного мыла. В лаборатории цианобактерии поместили в планшеты с минеральной питательной средой и высокой концентрацией растворенного кремния, где отказывались существовать другие водные микроорганизмы. При температуре 36° их выращивали месяц. Все водоросли активно росли, и к концу эксперимента их извлекли из растворов, чтобы сделать препараты для электронной микроскопии. Оказалось, цепочки их клеток (трихомы) были покрыты чехлами из отложившегося кремня толщиной в одну четырехтысячную миллиметра, что увеличило их видимый размер почти в два раза. При этом на их концах оставались отверстия, через которые трихомы сообщались с внешней средой.

Формируя кремнеземистые оболочки, цианобактерии избавляются от лишнего растворенного кремния, переводя его в нерастворимую форму. С этой проблемой столкнулись самые первые микробы, появившиеся на Земле и обитавшие в щелочных горячих источниках на дне архейских океанов. Воды их, проходя через горные породы, вымывали оттуда силикаты двухвалентного железа. Железо окислялось и выпадало в осадок, а силикат-ион, хорошо растворимый в щелочной среде, оставался в воде, создавая проблемы зарождающейся жизни. Исследователи считают, что протоклетки, научившись минерализоваться кремнеземом, создали условия для более совершенных организмов.

Кари Маллис,



Кандидат
биологических наук
М.В.Телков

изобретатель ПЦР

Большинство крупных открытий в наше время совершают не гениальные одиночки, как в старые добрые времена, а большие коллективы: лаборатории или даже несколько сотрудничающих (а иногда и соперничающих) междисциплинарных научных групп. Причины для этого несколько: многократно возросла сложность работ, неимоверно увеличилась стоимость оборудования и реактивов, и позволить себе проводить исследования современного уровня могут только большие и хорошо финансируемые коллективы ученых. Кроме того, для успеха порой требуются совместные усилия специалистов разных дисциплин. Скажем, в исследованиях в области современной биологии или медицины взаимодействуют биохимики, молекулярные биологи, генетики, медики, фармакологи, а часто еще и химики-синтетики, физики, математики, специалисты по информационным технологиям, инженеры.

В этих условиях интенсивный обмен информацией и научными кадрами между коллективами становится обычной практикой. Безусловно, это обезличивает научные идеи и открытия, делая почти бесспорной невеселую истину: «гении» теперь все чаще выходят из числа наиболее успешных администраторов (или менеджеров, если хотите), а вовсе не из тех, кто выполняет исследования непосредственно за лабораторным столом или предлагает оригинальные идеи. Кое-кто даже считает, что время гениаль-

ных одиночек прошло. И хотя в этом утверждении есть значительная доля правды, дело, к счастью, не всегда обстоит так.

История открытия ПЦР-амплификации ДНК — блестящий пример эпохального изобретения, сделанного гениальным одиночкой; причем идея осенила изобретателя мгновенно и, как кажется, абсолютно непредсказуемо. Более того, свое авторство ему пришлось отстаивать (и удалось отстоять!) в нелегких сражениях.

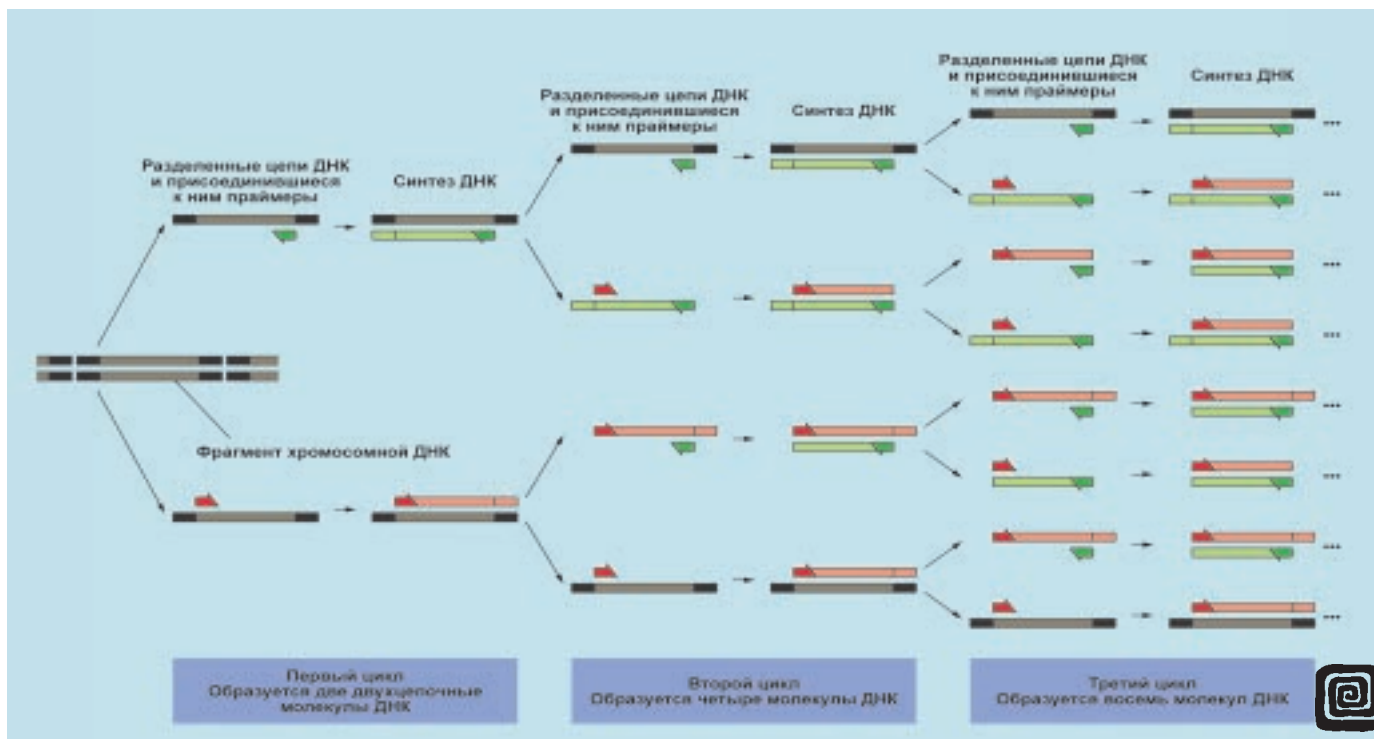
Если вкратце — дело было так. Весной 1983 года, в пятницу вечером, Кари Маллис, 39-летний химик-синтетик из мало кому тогда известной калифорнийской биотехнологической фирмы «Cetus», направлялся после работы домой. По пути он размышлял о том, как повысить точность идентификации точечных мутаций в геномной ДНК с помощью недавно предложенного метода олигомерной рестрикции. Суть метода состояла в энзиматическом удлинении олигонуклеотида, наплавленного на участок ДНК, прилегающий к участку мутации. Если дезоксирибонуклеотиды («кирпичики», из которых построена ДНК) добавлять в реакцию не все сразу, а по одному, то удлинение олигонуклеотида будет происходить только тогда, когда добавляемый дезоксирибонуклеотид комплементарен участку мутации. Анализируя результаты реакции, можно было выявлять наличие конкретной мутации в данном гене. (Замены одного нуклеотида на другой

в молекулах ДНК происходят часто и иногда приводят к тяжелым последствиям, поскольку они могут нарушать структуру гена или регуляцию его активности. Такие мутации для многих важных генов картируют — устанавливают их точное расположение, — а затем изучают их генетические и биохимические последствия.)

Метод неплохо работал на относительно короткой ДНК, когда исследуемый ген был уже выделен, то есть когда его доля в общей массе ДНК была сравнительно высокой. Однако при исследовании огромной по длине геномной ДНК чувствительность метода была явно недостаточной, ибо концентрация данного гена оставалась крайне низкой.

Маллис размышлял о том, как повысить чувствительность и специфичность этой реакции. Как он сам писал впоследствии, для того чтобы решить проблему, ему нужно было увеличить количество ДНК исследуемого гена. В мысленном эксперименте он увидел, что точность метода можно повысить, если в дополнительной пробирке провести аналогичную дополняющую реакцию, то есть наращивать олигонуклеотид с другой стороны мутации, используя еще один праймер, расположенный на комплементарной цепи ДНК. Если данные двух этих экспериментов будут согласовываться, то, по крайней мере, вдвое надежнее можно будет судить о наличии или отсутствии мутации в исследуемом участке гена.

Он крутил эту идею и так, и этак, и вдруг его осенила светлая мысль: если реакцию с двумя такими праймерами-олигонуклеотидами проводить не в двух, а в одной пробирке, то количество фрагмента ДНК, ограниченного олигонуклеотидами, увеличится вдвое. Если реакцию повторить — вчетверо! Если ее провести 20 раз (это несложно, поскольку один ее цикл занимает несколько минут) — количество окруженного олигонуклеотидами фрагмента возрастет в миллион раз. А если повторить реакцию 30 раз — в миллиард раз. Эврика! Это означало, что теперь фрагменты геномной ДНК, в том числе и гены, можно будет выделять не за годы упорного и кропотливого труда, а всего за один день!



1
Три цикла реакции ПЦР-амплификации ДНК

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

«Это изменило бы молекулярную биологию», — подумал тогда Маллис. Идея показалась ему настолько красивой, что он остановил машину, зашел в придорожный киоск, купил ручку, бумагу и стал подсчитывать, сколько же в придуманной им реакции получается ДНК. Все сходилось — метод должен работать и продуцировать огромные количества специфической ДНК. Одновременно Маллису стало мниться маловероятным, чтобы эта идея, теперь казавшаяся очевидной, уже не приходила в чью-либо голову. Чтобы найти ошибку в своем рассуждении, во время уик-энда Маллис «исписал формулами все горизонтальные поверхности в своем загородном доме». И, как поведал позднее в Нобелевской лекции, все выходные промучился жесточайшими перепадами настроения от абсолютного восхищения мощью собственного интеллекта и своей удачливостью — и до полнейшего отчаяния при мысли о том, что где-то в рассуждениях он не видит очевидной ошибки. А она должна была присутствовать, ибо идея очевидна, ведь все этапы реакции по отдельности уже были опробованы тысячами молекулярных биологов и постепенно становились лабораторной рутинной. Кто-то наверняка уже реализовал бы эту идею! Но ни о чем подобном ему слышать не приходилось...

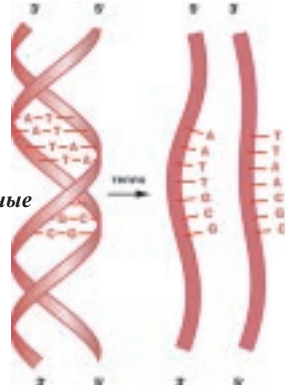
В понедельник рано утром Маллис помчался на работу (что, как он сам отмечал, случалось с ним крайне редко), чтобы в библиотеке выяснить, не опубликовал ли кто-нибудь статьи на эту тему. Каковы же были его удивле-

ние и восторг, когда он понял, что ничего подобного в научной литературе еще описано не было!

И через несколько месяцев, а именно 16 декабря 1983 года, перепробовав со своим сотрудником и учеником Фредом Фалуной множество экспериментальных подходов, Кари Маллис осуществил первую успешную реакцию ПЦР — полимеразную цепную реакцию амплификации ДНК (по-английски — PCR, Polymerase Chain Reaction). И она действительно произвела революцию в современной молекулярной биологии. А вскоре нашла применение в областях, весьма далеких от академической науки.

Постановка реакции ПЦР-амплификации сравнительно проста (рис. 1). В пробирку объемом 0,1–0,5 мл помещают 0,1–0,01 мкг геномной ДНК (а иногда просто содержащий ее материал: каплю мочи, слюны, крови; кусочек ткани или кости, отдельную волосную сумку). Затем добавляют пару олигонуклеотидных праймеров — хи-

2
При нагревании две комплементарные нити ДНК расходятся — она плавится



мически синтезированных кусочков ДНК длиной 20–30 нуклеотидов. Последовательность нуклеотидов в них подбирают так, чтобы они были комплементарны участкам ДНК по краям амплифицируемого фрагмента длиной обычно в несколько сотен нуклеотидов. Своими 3'-концами праймеры направлены друг к другу, то есть внутрь амплифицируемого фрагмента ДНК.

Важнейший компонент реакции — термостабильная ДНК-полимераза, которая катализирует реакцию синтеза ДНК. Она использует олигонуклеотидные праймеры как затравки, а исходную молекулу ДНК — в качестве матрицы для синтеза. В реакционную смесь добавляют также дезоксирибонуклеотиды: А, Т, Г, С — кирпичики, из которого строятся цепи ДНК.

Пробирку с такой смесью нагревают почти до точки кипения воды, чтобы благодаря тепловой денатурации цепи геномной двуспиральной ДНК разошлись в стороны (рис. 2), освободив места для посадки синтетических олигонуклеотидных праймеров (это начало первого цикла). Затем пробирку охлаждают до температуры, оптимальной для наплавления олигонуклеотидных праймеров на соответствующие им места в геномной ДНК. Олигонуклеотидные праймеры выискивают комплементарные им последовательности ДНК и прилипают к ним. После этого начинается синтез новой цепи ДНК. При этом ДНК-полимераза ползет по старой цепи, как по матрице, и синтезирует новую по правилу Уотсона-Крика (А соответствует Т, а Г — С). При этом воспроизводится точная копия

прежней, отплавившейся в результате денатурации нити геномной ДНК. Полимераза синтезирует новую нить всегда в направлении 5'-3', то есть подшивая кирпичики-дезоксинуклеотиды только к одному из концов олигонуклеотидных праймеров (а именно к 3'-концу).

Таким образом, синтез ДНК начинается только с одного конца каждого из двух праймеров, а поскольку праймеры направлены этими концами друг к другу, получается, что ДНК-полимераза синтезирует двуспиральный фрагмент ДНК, ограниченный с каждой стороны олигонуклеотидными праймерами (окончание 1-го цикла, рис. 1). Для прохождения реакции достаточно 1–3 минут. Затем цикл нагревания и охлаждения пробирки многократно повторяют. Делают это на специальном приборе — термоциклере, и вся последовательность событий (денатурация дуплексов ДНК — наплавление праймеров на ДНК — удлинение ДНК) повторяется. Во время каждого цикла (продолжительностью 1–3 мин) количество фрагмента ДНК, ограниченного с обоих концов положением олигонуклеотидных праймеров, удваивается. А после 25–30 температурных циклов этого специфического фрагмента ДНК оказывается в миллионы раз больше, чем в начале реакции. К тому же он получается практически абсолютно чистым.

Этого количества ДНК уже достаточно для дальнейшего анализа амплифицированного фрагмента, например, с помощью электрофореза, или даже для определения его структуры путем секвенирования.

Реакция ПЦР-амплификации во многие тысячи раз упростила, ускорила и удешевила процесс выделения специфического фрагмента ДНК, например, какого-то гена. Если для клонирования участка ДНК классическими генно-инженерными методами требовалось в среднем 0,5–2 года и огромное количество крайне трудоемких генно-инженерных действий высококвалифицированного персонала, то с помощью ПЦР-амплификации фрагмент (правда, лишь если известны его концевые последовательности) можно выделить всего за один рабочий день! В этом и состоит основная ценность метода. За прошедшие годы появилось огромное количество разных модификаций метода и его применений.

Сейчас реакция ПЦР-амплификации — рутинный и ежедневный инструмент в каждой молекулярно-биологической лаборатории. Применяя специфические олигонуклеотидные праймеры (все дело именно в этом), варианты метода теперь используют не только в молекулярной

биологии и биотехнологии, но и в медицине (например, для идентификации микроба или вируса по его ДНК, для контроля излечения пациента от инфекционного заболевания, идентификации типа мутации в геномной ДНК при анализе наследственных заболеваний). Находит применение эта реакция и в криминалистике для идентификации личности по ДНК-содержащим жидкостям и тканям (модификацию исходного метода криминалисты назвали в стиле своей профессии — «геномная дактилоскопия»). Исползуется она и для установления отцовства, степени родства, популяционных исследований — словом, везде, где нужно установить для той или иной цели уникальную последовательность ДНК, опираясь на минимальное количество исходного ДНК-содержащего материала: капелюшку крови, мочи, соскоб с ткани, отдельный волос.

А поскольку ДНК сравнительно хорошо сохраняется, этот метод позволяет исследовать даже древние останки. Были проведены научные работы по анализу ДНК неандертальца и египетских мумий, по исследованию ДНК насекомых, законсервированных в янтаре миллионы лет назад, или бактерий из глубоководного древнего арктического льда (что позволяет заглянуть в историю эволюции) — но это уже другая интереснейшая тема. В середине 1990-х с помощью метода ПЦР-амплификации ДНК исследовали останки царской семьи Романовых.

Однако огромные возможности метода ПЦР-амплификации ДНК не всем сразу стали очевидными, и многие из тех, кому Кари Маллис изложил свою идею, отнеслись к ней с прохладцей. Так было и на семинаре фирмы «Cetus» в августе 1984 года, когда он впервые доложил свою идею, так было и когда он все лето этого года излагал ее многим молекулярным биологам и в фирме «Cetus», и вне ее стен... Его коллеги вяло соглашались: дескать, да, должно получиться. И все! Дело в том, что все исходные компоненты предложенной Маллисом реакции были давно описаны и исследованы по отдельности, а вот использовать их совместно, для амплификации ДНК не додумался никто!

Как впоследствии сказал Маллис в своей Нобелевской лекции, единственный человек, который с энтузиазмом поддержал его идею с самого начала, был его друг — основатель фирмы «Biosearch», выпускающей аппараты для автоматического синтеза олигонуклеотидов (одного из компонентов реакции ПЦР-амплификации): «Он знал, что это будет хорошо для его фирмы!»

Кстати, термостабильную ДНК-полимеразу, необходимую для этой реак-

ции, впервые выделили и исследовали за несколько лет до этого советские ученые А.С.Каледин, А.Г.Слюсаренко и С.И.Городецкий из института ВНИИгенетика. Их статья вышла в апреле 1980 года в журнале «Биохимия». С.И.Городецкий и его сотрудники в то время занимались изучением так называемых термофильных бактерий, обитающих в воде гейзеров и горячих источников. Для выяснения причин необыкновенной устойчивости бактерий к высокой температуре они выделяли их ферменты. При этом и была найдена та самая термостабильная ДНК-полимераза, которая с подачи Кари Маллиса нашла применение в реакции ПЦР-амплификации.

В своих статьях Маллис ссылается на работу советских авторов по выделению термостабильной ДНК-полимеразы. Одно время в научной беллетристике даже обсуждали вопрос о том, не должны ли фирмы, продающие этот фермент и получающие миллиардные прибыли, платить определенный процент тем биохимикам, кто опубликовал методику его выделения и впервые исследовал. Но фирмы сослались на то, что молекулярный вес их термостабильной полимеразы несколько отличается от описанной советскими учеными и, стало быть, фирмы якобы выделяют не тот же самый фермент, хотя и по той же методике и из того же вида бактерий!

Это, конечно, грубая натяжка, ведь ошибка в измерении молекулярного веса составляет обычно не менее 15–20%. В этот интервал точности укладывается большое количество разных белков, в том числе, очевидно, и термостабильные полимеразы. Поэтому абсолютно точно установить молекулярный вес фермента А.С.Каледина, А.Г.Слюсаренко и С.И.Городецкого просто не могли, да они и не ставили перед собой такой задачи! А стало быть, и отрицать их авторство на основании неточности в измерении молекулярного веса термостабильной полимеразы неверно с научной точки зрения. Однако спорить с колоссальными фирмами в судах стоит огромных денег, которых, очевидно, нет, — так что богатые продолжают богатеть, а бедные — как вы и сами догадываетесь...

Судьба статьи, в которой Маллис впервые описал метод ПЦР-амплификации, тоже не была простой. Как рассказал сам ученый, первую ее версию редакция международного научного журнала «Science», одного из самых престижных в мире, отклонила. Отписка была стандартной: журнал публикует-де только статьи, которые имеют общенаучное значение, а метод ПЦР-амплификации технический и представляет интерес

только для специалистов. Редакторы рекомендовали Маллису обратиться в более специализированный научный журнал. Щадя самолюбие авторов, так часто отвечают редакции журналов, если не принимают научную статью по тем или иным причинам. Под тем же предлогом отклонил статью и «Nature».

Кари Маллису, который занимался тогда полупромышленным синтезом олигонуклеотидных праймеров в фирме «Cetus», пришлось кооперироваться с соседней лабораторией и на их тематике и объектах продемонстрировать возможности предложенного им метода. Сделать это пришлось ценой уступки мест первого и последнего авторов в статье. (Первой обычно стоит фамилия того, кто внес наибольший экспериментальный вклад в статью, а последней — главного идеолога и руководителя проекта. Так что отстоять свой приоритет в изобретении метода Маллису было уже непросто...) Однако в новом виде статья стала уже вполне полновесной — в ней метод ПЦР-амплификации был продемонстрирован на понятном и имеющем несомненную практическую важность примере — пренатальной диагностике наследственного заболевания. Статья была опубликована в журнале «Science» 20 декабря 1985 года (№ 230). В 1986 году аналогичная статья с участием Маллиса вышла в «Nature» (в № 6093).

И после этих публикаций начался бум: международное научное сообщество сразу оценило важность открытия. Метод нашел огромное количество приложений, в научной литературе пошел вал публикаций о его применении. Вскоре пришло и признание: в 1990 году Маллис был награжден престижной «Preis Biochemische Analytik» — национальной немецкой премией в области аналитической биохимии, в 1992 году признан ученым года штата Калифорния, в 1992 году награжден премией имени Роберта Коха, в 1993 году — Национальной премией Японии, и в том же году ему вручили Нобелевскую премию по химии.

Кари Маллис — очень интересный типаж. Живой и уверенный в своих силах, он всегда стремится жить твор-

Кчески, следуя своим интересам и интуитивным побуждениям. В детстве он мастерил и запускал самодельные ракеты, взлетавшие на несколько километров (даже «пилотируемые» — с лягушкой на борту). Одна из таких ракет не на шутку напугала летчика пассажирского самолета. Экспериментировал с химическими веществами (в основном взрывчатыми); в юности кроме химии, которую избрал своей профессией, всерьез интересовался математикой и физикой.



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

Будучи аспирантом-биохимиком, после посещения краткого курса лекций по астрофизике, вдохновившись некоей умозраительной гипотезой, первую свою научную статью Кари Маллис сумел опубликовать в самом престижном научном журнале «Nature». Она называлась амбициозно — «Космологические последствия обращения времени». Как едко заметил Маллис в своей Нобелевской лекции, «то была типичная «гипотеза первокурсника», и редакции, наверное, до сих пор стыдно за эту публикацию». Но ведь сумел же он чем-то зацепить тогда умудренных рецензентов журнала, опубликоваться в котором считают за честь самые маститые мэтры! Как пошутил Маллис, это ему здорово помогло впоследствии: статья в «Nature» позволила его кураторам дать добро на присуждение ему PhD-степени по биохимии, несмотря на то что он не прошел курса по молекулярной биологии. Взглянув на список его публикаций, рецензенты подумали: «Раз уж он публикуется в «Nature»...» (и, видимо, никто не удосужился уточнить тематику его первой публикации).

За свою научную карьеру неутомимый Кари Маллис переменял несколько тем; уже имея научную степень по биохимии, в один из трудных моментов жизни он даже подрабатывал официантом в ресторане, а из мозгов отловленных там же крыс выделял нейрорепептиды для своих исследований. Кроме того, он писал («в стол», как мы привыкли говорить) стихи и прозу, однако позднее сам признавал: «Персонажи моих произведений были невыразительными, потому что я был слишком молод и не испытал тогда еще ни одной персональной трагедии и посему не умел описывать их так, чтобы другие поверили мне. Поэтому после неуспешной попытки проявить себя на писательском поприще мне ничего не оставалось, как продолжить работу в науке». Он был трижды женат, стал отцом троих детей, выступал с рядом эксцентричных идей вроде необходимости легализации продажи легких наркотиков, публично заявлял, что американцы на Луне не были, а соответствующий эпизод смонтирован в Голливуде, что СПИДа как единой бо-

лезни нет, а просто люди переполнены молчащими до поры вирусами. В Калифорнии ходят слухи о своеобразной манере его вождения на дорогах, о его эксцентричных выходках в отношении соседей...

Получив Нобелевскую премию, он оставил и производство, и науку и поселился в Калифорнии на берегу океана, где занимается виндсерфингом и (в свободное время) частным научным консультированием. В своем резюме по случаю Нобелевской лекции Маллис заявил, что «с 1993 года он писатель».

Нобелевская лекция и автобиография Кари Маллиса, представленные в ежегоднике «Нобелевские премии 1993 года», — блестящий образец наблюдательной, яркой и сочной, полной лукавого юмора, чуть натуралистичной прозы.

Мне посчастливилось лично присутствовать на этой лекции Кари Маллиса. Когда он читал ее, каждые пять минут аудитория взрывалась гомерическим хохотом, такие едкие юмористические пассажи он отпускал по ее ходу. А на прочитанной за полчаса до этого лекции другого нобелевского лауреата, выдержанной в строгом академическом стиле, почти вся аудитория дремала.

Яркая личность этот Кари Маллис. Неординарно мыслящий человек. Везунчик... И Мастер!

Что еще прочитать об открытии ПЦР-амплификации:

Kary Mullis, The Polymerase Chain Reaction, Nobel Lecture, December 8, 1993. LEX PRIX NOBEL. The Nobel Prizes. Almqvist and Wiksell Int., Stockholm, Sweden.



ДНК-оригами

Представьте себе, что вы специалист по атомной силовой микроскопии. И вот в один прекрасный день знакомый биохимик приносит вам несколько препаратов, говорит, что это ДНК, и уходит с загадочным видом. Проделав все необходимые процедуры, вы смотрите на препарат... и вместо хромосом-липосом видите ухмыляющуюся рожицу. Обычную пиктограммку типа «точка-точка-запятая», такую же, как в электронном письме, только диаметр физиономии, если глаза вас не обманывают, около ста нанометров. В другом препарате — пятиконечные звездочки, в третьем — прямоугольнички, в четвертом эти прямоугольнички аккуратно надписаны: «DNA», а снизу пририсована двойная спираль, чтобы уж точно никто не перепутал... Вообще-то для микроскописта это, должно быть, незабываемое переживание. Рукотворные объекты в наномире, причем выполненные с высочайшей точностью и несомненным чувством юмора, — штука по сильнее, чем след рифленого ботинка в марсианских песках.

Фантазия и остроумие всегда отличали сотрудников легендарного Калтеха — Калифорнийского технологического института. Вызов Ричарда Фейнмана, в 1959 году предложившего разместить всю Британскую энциклопедию на булавочной головке, они приняли на ура. (Собственно, сегодня этот проект уже можно осуществить, манипулируя атомами с помощью того же атомного силового микроскопа. Другой вопрос, сколько времени это займет и какая от этого будет польза человечеству.)

Группа ДНК и натуральных алгоритмов (факультеты информатики и вычислительных и нейронных систем), которую возглавляет профессор Эрик Уинфри, работает в масштабе от одного-двух до сотен нанометров, а среди всех биологических носителей информации, как ясно из названия, предпочитает ДНК. Имя самого Эрика Уинфри, изобретателя аналоговой вычислительной машины на основе

Вот так можно мастерить фигурки из ДНК:

- а — выбираем форму;*
- б — рассчитываем, сколько потребуется длинной нити;*
- в — подбираем короткие нити, скрепляющие конструкцию;*
- г — любимея общим видом; заменяем короткие нити более длинными, чтобы конструкция была стабильнее*




Пол Ротмунд

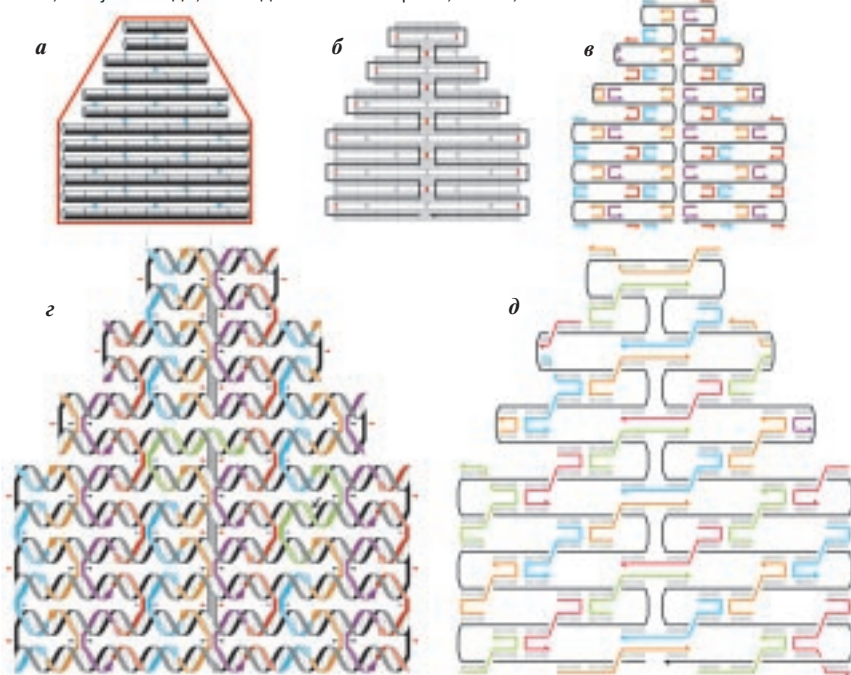
ДНК, знакомо нашим читателям («Химия и жизнь», 2000, № 6). Кстати, там же упоминался и герой этой статьи, Пол Ротмунд, придумавший другой вариант ДНК-компьютера, правда менее знаменитый. Сейчас Ротмунд работает в лаборатории Уинфри; по его собственному признанию, «это замечательное место — нам платят за то, что мы играем с ДНК». Придуманная Ротмундом методика построения двумерных наноструктур, которую он называет «ДНК-оригами», полгода назад была опубликована в журнале «Nature» (2006, т.440, 16 марта). Что примечательно, Пол — единственный автор этой статьи.

Сотрудники лаборатории Уинфри используют два общеизвестных замечательных свойства молекулы ДНК: во-первых, она содержит информацию в своей нуклеотидной последовательности,

а во-вторых, умеет распознавать информацию, записанную в других молекулах, соединяясь с ними по принципу комплементарности (аденин с тиминном, гуанин с цитозином — наверное, в «Химии и жизни» это уже можно не повторять?). В вычислительной машине Эрика Уинфри ДНК была устройством для хранения и обработки информации. Нанотехнология Ротмунда применяет информацию для управления структурой ДНК.

Вообще-то это больше похоже не на оригами, а на украшения из бисера. Оригами — изготовление трехмерных объектов из плоских листов бумаги, а то, что предлагает Ротмунд, — нанизывание на длинную «нитку» коротеньких «бусин», которые одновременно и скрепляют изделие, придавая ему форму, и создают красоту.

 = 10,67 нуклеотида, или один виток спирали, или 3,6 нм





ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

и замкнутую в кольцо (например, смайлик делали как раз из кольцевой ДНК). Ну а если вместо одноцветного «бисера» взять два цвета — навесить на некоторые «скрепки» флуоресцентные метки или, как и было сделано в этом опыте, снабдить их дополнительными «петельками» ДНК, — то фигурки получатся не простые, а узорные, как махровое полотенце. Именно таким способом были сделаны наноскопические рисунки: карта Восточного полушария, снежинки и надпись «DNA» с двойной спиралью.

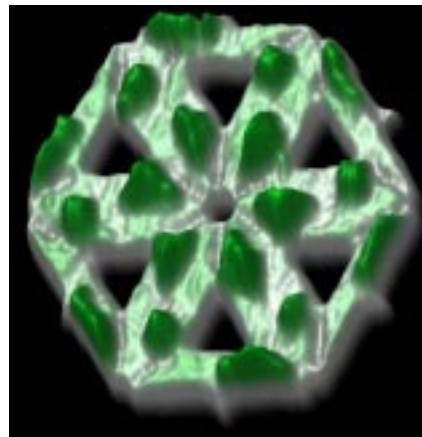
Особенно привлекательна в этом методе его простота. Как показал Ротмунд, для получения нанофигурок из ДНК вовсе не нужно оптимизировать последовательность длинной нити, не нужно тщательно очищать препараты ДНК и смешивать их в строго эквимольном соотношении. Главное — правильно рассчитать нуклеотидные последовательности, а все проблемы, связанные со сборкой наноструктуры, молекулы решат сами. При этом точное попадание одной скрепки на нужное место, по-видимому, облегчает присоединение остальных. Выход готовых структур сильно зависел от выбранной формы: для простого прямоугольника он достигал 90%, а вот аккуратных пятиконечных звезд удалось получить только 11% (возможно, как раз потому, что звезду пришлось делать из незамкнутой ДНК). Препараты смайликов держали до 70% бездефектных структур — следовательно, отверстие в диске стабильности не помеха.

Что касается возможных областей применения — это могут быть и сверхминиатюрные биочипы, наподобие тех, о которых мы писали в предыдущем номере, и наноплаты для наноэлектроники... Кстате, а кто сказал, что ДНК-оригами может быть только двумерной?

Е. Клещенко

Изображения, полученные с помощью АСМ, и компьютерные реконструкции Пола Ротмунда приведены с любезного разрешения автора

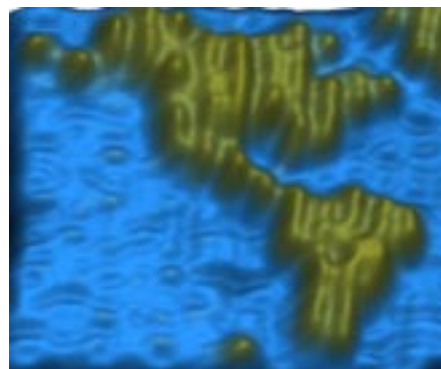
С другими работами лаборатории Эрика Уинфри можно ознакомиться на сайте <http://www.dna.caltech.edu/>



тать короткие нуклеотидные последовательности, которые скрепят в нужных местах зигзаги длинной нити ДНК (рис. в). Без программы тут никак не обойтись, задача не из легких. Вот только один тонкий момент: выбирая эти нужные места, необходимо учитывать изгибы спирали ДНК, иначе скрепки деформируют будущее изделие. При внимательном взгляде на получившуюся схему (рис. г) следующий шаг становится очевидным: много коротких фрагментов нетрудно заменить на меньшее число более длинных, причем ни двойных спиралей, ни кроссинговеров меньше не станет, а все изделие приобретет дополнительную прочность (рис. д).

Собственно, на этом теория кончается. Берем практически любую ДНК подходящей длины (для эксперимента, описанного в «Нэйчур», использовали ДНК вируса M13mp18 — из нее на всякий случай вырезали только одну стабильную шпильку, которая могла помешать сборке), вводим ее последовательность и параметры желаемой конечной структуры в компьютер, через некоторое время получаем рекомендованные последовательности «скрепок». Заказать специалистам синтез коротких нуклеотидов — в наше время не проблема. Раствор, содержащий вирусную ДНК и скрепки в большом избытке, нагреваем до 95°C и в течение двух часов охлаждаем до 20°C. Наноструктуры готовы.

Примечательно, что можно использовать как линейную длинную нить, так

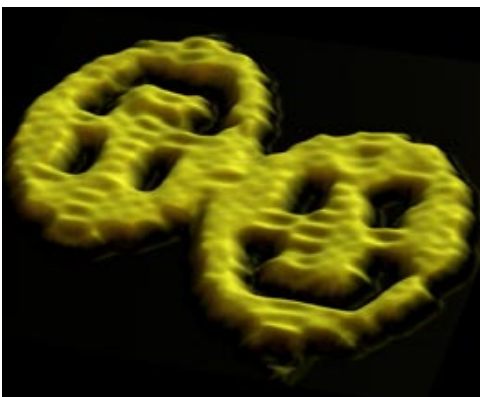


Paul W.K. Rothemund, Nick Papadakis

Итак, сначала рисуем контур желаемой двумерной структуры, размерами от десятков до сотен нанометров, имея в виду, что она будет состоять из «пикселей» два на три нанометра (это ограничение связано со свойствами двойной спирали; рис. а). Структура не обязательно должна быть сплошной: например, нанорожица в научных статьях носит солидное название «диск, имеющий три отверстия». Затем надо мысленно выложить полученную фигуру из зигзагов односторонней ДНК (рис. б).

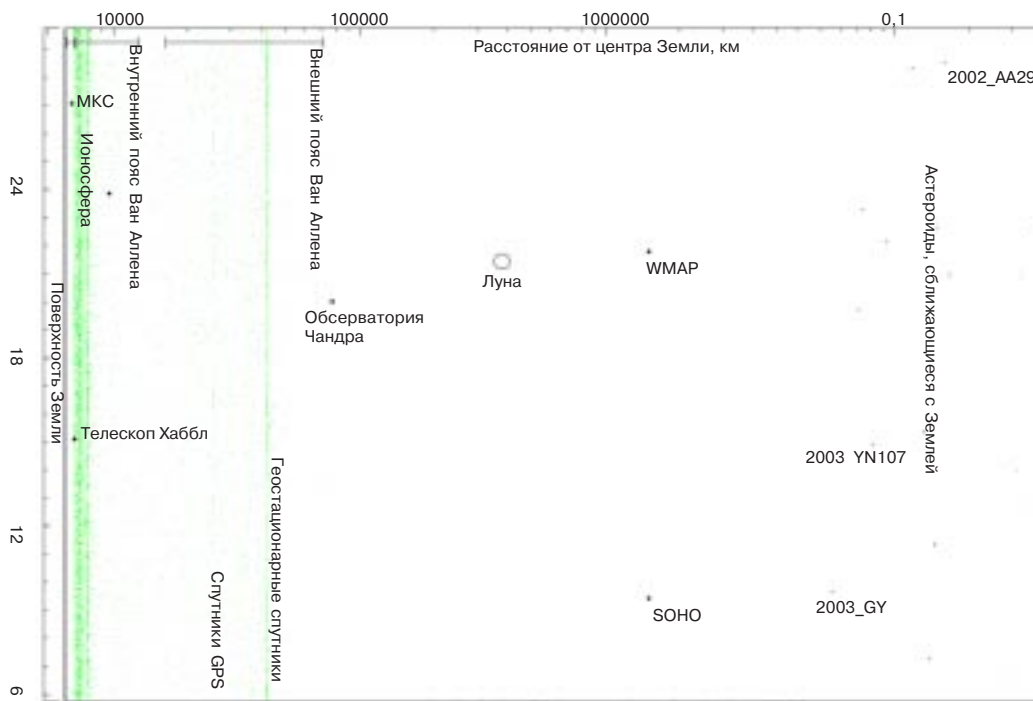
А дальше? Ведь ясно, что односторонняя ДНК сама по себе в двумерную фигуру не уляжется: в лучшем случае, если последовательность позволит, закрутится в виде шпильки. Поэтому Ротмунд придумал скреплять ее системой множественных кроссинговеров. (Напомним, что кроссинговером называется участок ДНК, в котором две двойные спирали соединяются между собой, меняясь нитями. В природе такие структуры возникают при образовании половых клеток, когда парные хромосомы обмениваются фрагментами, повышая число генных комбинаций к выщему преуспеянию вида.) Строить обширные наноструктуры с помощью коротких искусственных кроссинговеров для построения наноструктур первым придумал, по-видимому, Нэдриан Симен из Нью-Йоркского университета, он и научился плести двумерные сети из ДНК (см. ту же статью в «Химии и жизни»).

Специально разработанной компьютерной программе дают задание: расчисли-



Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

Мы продолжаем серию публикаций «Вселенная: материя, пространство, время» об устройстве окружающего мира, начатую в июльском номере. Теперь речь пойдет ни много ни мало, а о том, как можно попытаться изобразить всю Вселенную на нескольких листах бумаги и что получится в результате такой попытки.



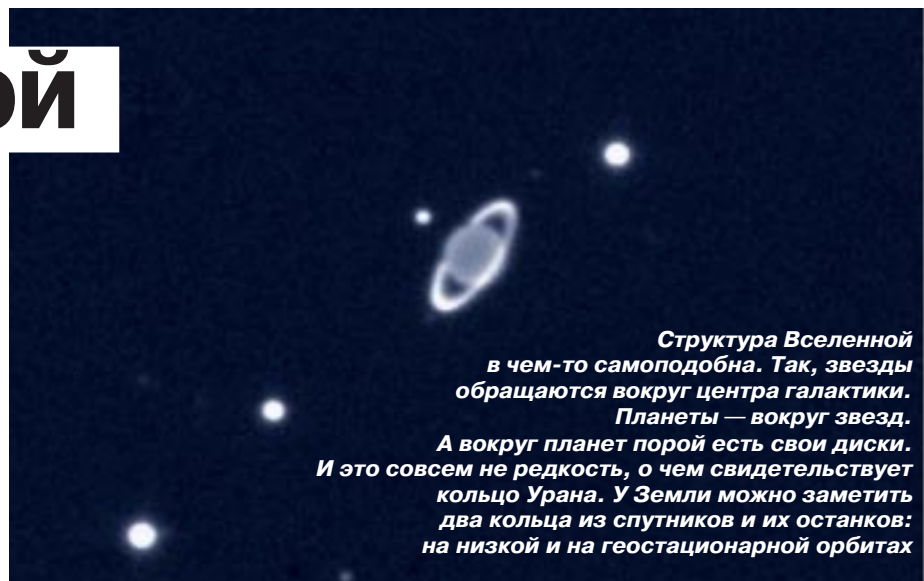
Карта Вселенной

Такая она, Вселенная, все дороги которой ведут в никуда.

Пол Андерсон

Измерения в разлетающемся мире

Нелегко построить карту мира, объекты которого находятся в постоянном движении — одновременно и перемещаются относительно друг друга, и разлетаются в разные стороны. «Не будем забывать, что на межзвездных расстояниях понятие одновременности далеко не очевидно», — писал в одном из своих рассказах про вольных торговцев Пол Андерсон, и это обстоятельство сильно осложняет жизнь исследователям космоса. Вот, например, как определить расстояние до какой-нибудь далекой звезды? До ближайшей не очень сложно: нужно посмотреть, как она смещается на звездном небе при наблюдении с разных точек орбиты Земли. Измерив смещение, или, как называют его астрономы, параллакс, несложно рассчитать расстояние до звезды. Только это будет расстояние, на котором звезда располагалась в тот момент, когда она испустила свет, а не когда его поймал телескоп. События же эти порой разделяют миллионы или миллиарды лет. Собственно, тот самый парсек, которым меряют межзвездные просторы астрофизики и писатели-фантасты, как раз обозначает расстояние, которое приводит к параллаксу в одну секунду дуги небесной сферы. (Астро-



Структура Вселенной в чем-то самоподобна. Так, звезды обращаются вокруг центра галактики. Планеты — вокруг звезд.

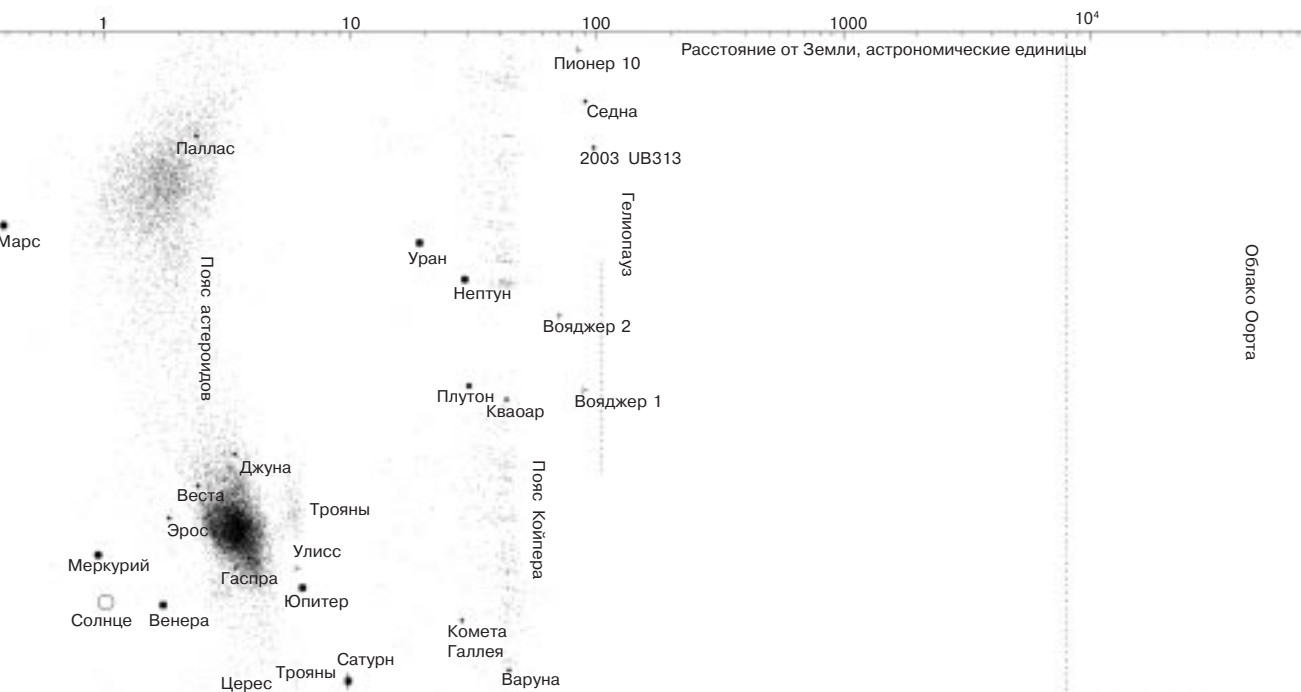
А вокруг планет порой есть свои диски. И это совсем не редкость, о чем свидетельствует кольцо Урана. У Земли можно заметить два кольца из спутников и их останков: на низкой и на геостационарной орбитах

номы пользуются сферической системой координат, в которой положение объекта задано радиусом сферы и двумя углами — долготой и широтой. Древнейший способ использования этих координат — задать положение объекта относительно звезд какого-то созвездия.) В астрономических единицах, то есть радиусах орбиты Земли, длина парсека превышает 206 тысяч а. е.; в СИ парсек обозначают пк. А расстояние до дальних звезд приходится высчитывать с помощью хитрых математических фокусов, причем заранее выбрав модель космологии. Изменится модель — и результат расчета может оказаться иным.

Большинство астрофизиков полагает, что мы живем в так называемой Фридмановской горячей Вселенной, которая расширяется из-за Большого взрыва, случившегося 13 с лишним миллиардов лет назад. Поведение такой Вселенной

описывают уравнения, предложенные советским физиком А.А.Фридманом в начале 20-х годов XX века, когда он исследовал возможность существования нестационарной Вселенной. Некоторое время физики воспринимали расчеты Фридмана как одну из забавных возможностей описать наш мир. И так было до тех пор, пока в 1929 году американский астроном Эдвин Хаббл не обнаружил странную закономерность: чем дальше от нас находится звезда, тем сильнее в красную сторону смещаются линии ее спектра излучения. Именно уравнения Фридмана для расширяющейся Вселенной давали отличное объяснение этого факта.

Дальше в историю космологии мы забираться не станем — этому будет посвящена отдельная статья цикла, а сейчас обратим внимание на знаменитые уравнения. Точнее, на использованную в них систему координат. Чтобы дать опи-



КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

сание странного, летящего и расширяющегося во все стороны мира, ученые придумали так называемые сопутствующие координаты. Хитрость в том, что в такой системе взаимное положение объектов не изменяется, а вот сама система координат расширяется. И это можно описать одним числом — параметром расширения, который зависит от того, сколько времени прошло с момента Большого взрыва.

Следующий математический фокус — связь между параметром расширения и красным смещением объекта. Оказывается, красное смещение какой-либо звезды связано простой формулой с двумя значениями параметра расширения: в тот момент, когда она испустила свет, и в тот момент, когда он долетел до глаза астронома, фотопластинки или ПЗС-матрицы телескопа. Значит, зная это смещение, можно рассчитать, сколь далеко мы заглянули одновременно в пространство и во время: чем больше красное смещение, тем более далекую от нас эпоху мы наблюдаем. Для этого пересчета и нужно задать космологическую модель и узнать параметры Вселенной, например плотность распределения материи, значение космологического члена, он же — плотность темной энергии, и прочие. Одни параметры поддаются измерениям, другие можно добыть только из теоретических расчетов. Вот так формула пересчета красного смещения в реальные координаты и оказывается связанной с теоретической моделью Вселенной.

Впрочем, все эти трудности не останавливают астрофизиков. Вот, например, в майском номере журнала «The Astrophysical Journal» за 2005 год группа американских ученых во главе с одним из пионеров вселенской картографии доктором Ричардом Готтом III из Принстонского университета опубликовала новую редакцию карты Вселенной, ко-

торая и послужила основой для этого рассказа. Ученые озабочены прежде всего тем, чтобы уменьшить искажения, возникающие при проецировании на плоскость разлетающегося трехмерного объекта, и по форме получившихся крупномасштабных структур Вселенной попытаться оценить справедливость той или иной космологической модели. Наша цель проще: показать, как выглядит Вселенная с учетом современного знания.

Масштаб

Изобразить на одном листе бумаги карту со столь большой разницей расстояний очень трудно. Однако в руках человеческих есть мощный инструмент — логарифмический масштаб: каждое новое деление на оси расстояний означает увеличение не на единицу, а на порядок, то есть в десять раз. В результате вдоль оси форма объектов искажается. Например, возникает иллюзия, что центр Млечного Пути сильно сдвинут в направлении от Земли. Но это всего лишь иллюзия, в чем можно убедиться, присмотревшись к значениям расстояний. Обосновывая такой выбор, авторы ссылаются на пример журнала «Нью-Йоркер», на обложке которого 29 мая 1976 года была опубликована картина Саула Стейнберга «Вид на мир с 9-й авеню». На переднем плане картины изображены в полный рост здания, которые стоят на этой улице. Далее расположена река Гудзон. На ее берегу в виде тонкого штриха показан Нью-Джерси. Скалистые горы выглядят небольшими холмами, а ширина Тихого океана не превышает ширины Гудзона. Именно такой геоцентрический вид — изображение все более крупных объектов во все уменьшающемся масштабе по мере удаления от нашей пла-

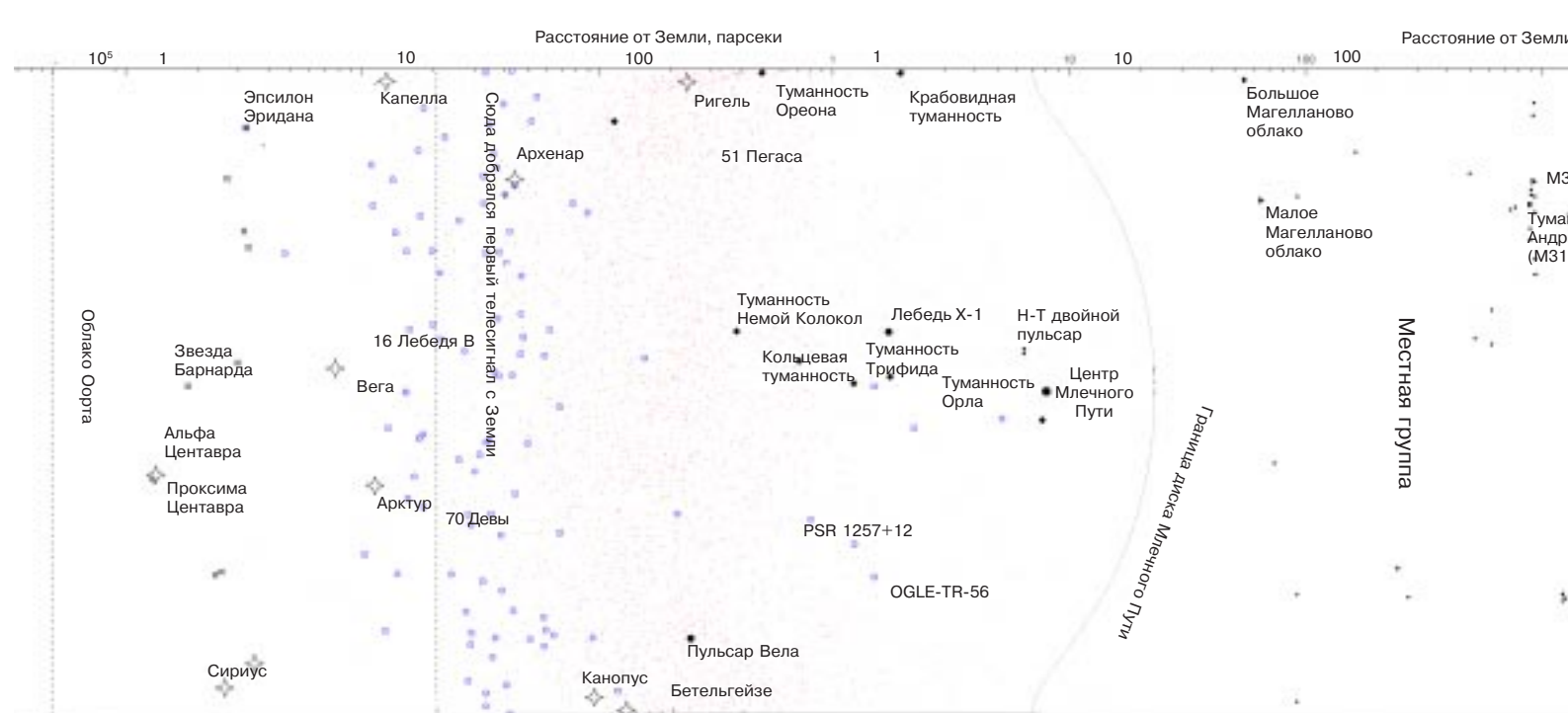
неты — и получается при использовании логарифмической шкалы.

На карте есть и вторая координата — это угол окружности экватора Земли. Его измеряют в часах: они показывают время на той или иной широте в тот момент, для которого построена карта. А третьей координаты нет: иметь дело с плоскими картами гораздо привычнее, чем с объемными. Авторы карты выбрали для проецирования на плоскость область в 2 градуса небесной сферы вверх и вниз от экватора Земли. Впрочем, иногда они отступают от этого правила, показывая некоторые важные объекты, что лежат вне пределов этого слоя. В качестве даты, которой соответствуют изображенные на карте объекты, выбрали ночь полнолуния 12 августа 2003 года, 4 часа 48 минут универсального времени.

Околосветное пространство

Итак, самый ближний к нам внеземной объект — это Международная космическая станция. Фактически она летит в верхних слоях атмосферы, в пределах ионосферы. Чуть повыше расположен космический телескоп Хаббл. Далее под защитой внутреннего радиационного пояса (пояса Ван Аллена), который возникает из-за взаимодействия заряженных частиц солнечного ветра с магнитным полем Земли, находятся многочисленные искусственные спутники и их обломки. Выше — спутники Глобальной системы навигации (GPS). Их количество велико: на карте появляется дзаметная линия.

Следующая линия — спутники связи и шпионские спутники на геостационарной орбите, то есть они вращаются с той же скоростью, что и Земля вокруг своей оси.



Черное облако пыли и газа Барнард 68 (диаметром с облако Оорта) – одно из ближайших к Солнцу; а расстояние до него – 410 световых лет. Температура пыли в облаке достаточно велика, чтобы противостоять гравитации. Остыв, оно схлопнется и породит новую звезду

Всего приземная группировка спутников составляет 8420 объектов, объем же рукотворного космического мусора, по мнению специалистов, может достигать и миллиона кусочков.

Ближний космос

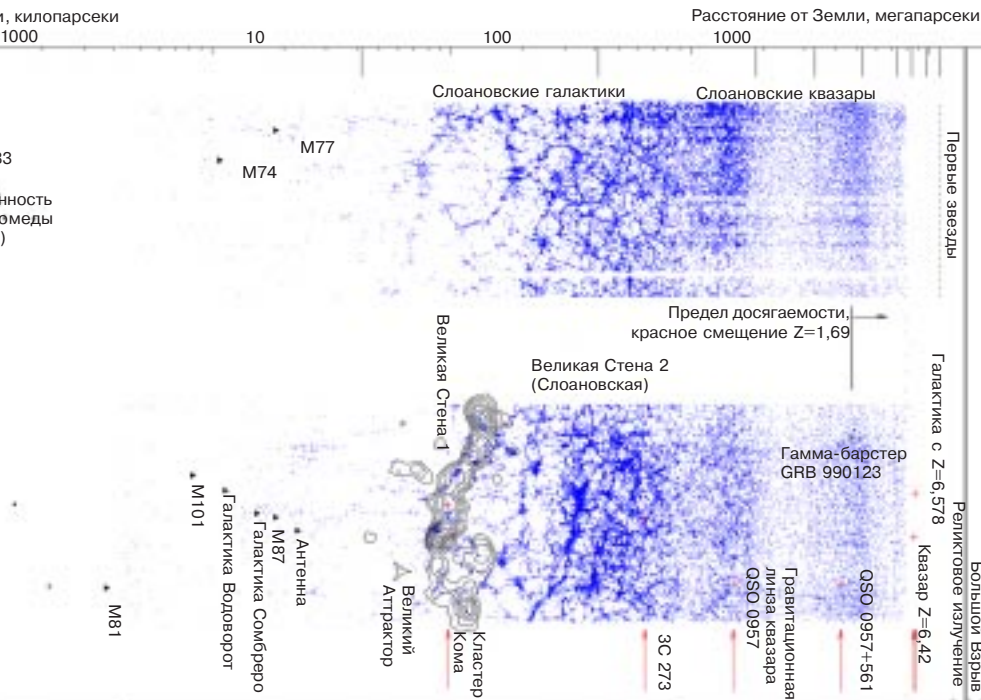
Рукотворные объекты есть и в ближнем космосе. Так, за орбитой Луны в точках

Лагранжа системы Земля—Солнце (в этих точках силы тяготения от обоих небесных тел уравниваются и спутник висит в пространстве, не затрачивая энергию) находятся спутник WMAP, который строит карту реликтового излучения, и солнечная обсерватория SOHO. Среди других знаменитых космических кораблей на карте изображены «Вояджеры» и «Пионер-10», уже вплотную приблизившиеся

к гелиопаузе — месту, где солнечный ветер сталкивается с межзвездным полем. За ней уже лежит открытый космос.

Из природных объектов ближе всего к Земле расположена, естественно, Луна, а также объекты, сближающиеся с Землей. В ту ночь, для которой построена карта, ближе всего подошел астероид 2003GY. Астероид 2003YN107 несколько лет был квазиспутником нашей планеты, но в 2006 году он нас покинул. Марс показан почти на самом ближайшем расстоянии от Земли (этого положения он достиг 27 августа 2003 года).

Большая трудность возникает при изображении пояса астероидов: все 218 с лишним тысяч этих малых космических тел сольются в темную полосу. Поэтому на карте показаны только 14 тысяч, которые лежат в пределах 4 градусов небесной сферы вверх и вниз от экватора Земли. С этим связана и странная форма пояса: в геоцентрической системе координат один его край неизбежно оказывается ближе, чем другой, ведь астероиды вращаются вокруг Солнца, а не Земли. Облака астероидов в районе 24 и 12 часов — тоже оптическая иллюзия: плоскость экватора Земли наклонена под углом 23,5 градуса к плоскости эклиптики (в которой расположен пояс), и обе плоскости пересекаются как раз в этих точках. Настоящие облака астерои-



КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

кометы. Его радиус примерно в сто раз больше радиуса гелиопаузы. А дальше начинаются звезды.

Пространство Млечного Пути

«Тысячелетие за бесчисленными тысячами бежала эта звезда по своему пути, прежде чем оказалась между Бетельгейзе и Ригелем», — писал Пол Андерсон. Впрочем, подобную фразу можно встретить во множестве фантастических произведений, посвященных межзвездным путешествиям. Сириус и Бетельгейзе, Вега, Арктур и Прокцион, тау Кита и эпсилон Эридана — все они воспеты, и не раз, что не случайно: эти звезды расположены в ближайшей к нам окрестности нашей Галактики. Самая же близкая звезда — проксима Центавра. Она вместе с ярчайшей звездой земного неба альфой Центавра и еще одной звездочкой солнечного типа образует тройную звездную систему.

Тело Галактики, точнее, плоскость, в которой сосредоточена основная часть ее звезд, мы видим каждую ясную ночь в форме Млечного Пути. Так и называют нашу Галактику. Скопление пыли и газа в центральной части Млечного Пути мешает наблюдениям: на загалактической части карты Вселенной появляются два белых сектора.

Не прошло еще и десяти лет, как астрономы обнаружили планеты у некоторых звезд; их на карте обозначили кружочками. Первой была нейтронная звезда — пульсар PCR1257+12. Как оказалось позднее, у нее есть целых три планеты земного типа. Из числа звезд с планетными системами 95 принадлежат к тому же типу, что и Солнца. Самые известные из них — 51 Пегаса, 70 Девы и входящая в десятку ближайших звезд эпсилон Эридана. Планеты у них обнаружили по периодическим изменениям скорости вращения звезды. А вот планету размером с Юпитер у звезды OGLE-TR-56 астрономы впервые сумели разглядеть по изменению ее яркости.

Когда мы смотрим телевизор, то не задумываемся о том, что переносящие сигнал радиоволны свободно проходят сквозь ионосферу и потом блуждают по космосу. А что, если обитатели какого-то дальнего мира поймают эти волны и



дов расположены около Юпитера, в его точках Лагранжа. Эти астероиды называются Троянами.

Следующее скопление малых небесных тел — пояс Койпера в районе внешних планет. Именно там находится претендентка на звание десятой планеты нашей системы — Седна. Может показаться, что пояс Койпера состоит из чередования плотных и неплотных областей. Это тоже оптическая иллюзия: в одних направлениях поиск таких объектов был более пристальным, нежели в других.

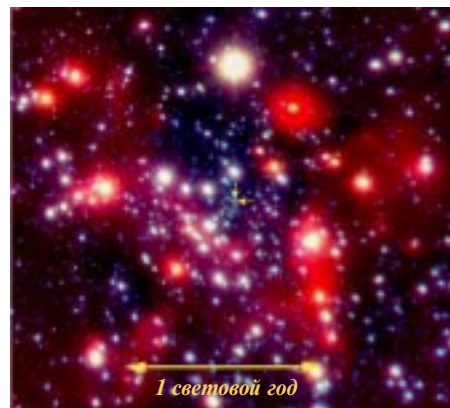
Последняя область, мало-мальски связанная с Солнечной системой, — облако Оорта, то место, откуда к нам прилетают

Крабовидная туманность – остатки сверхновой, взрыв которой люди увидели в 1054 году

Колонны газа и пыли в туманности Орла сформированы потоками ультрафиолета от расположенного неподалеку кластера массивных молодых звезд.

Через несколько миллионов лет эти колонны исчезнут

Стрелочками указан центр нашей Галактики



Сомбреро — спиральная галактика в профиль; NGC1232 — спиральная галактика анфас

сумеют их расшифровать? Что они увидят? Оказывается, визитной карточкой Земли будут лица спортсменов: первая телетрансляция достаточной мощности показывала открытие берлинской Олимпиады 1936 года. Другая сторона той же медали — лидеры Третьего рейха, которые присутствовали на трибунах. Этот радиосигнал уже прошел Вегу и Арктур.

Среди других интересных объектов Млечного Пути на карте обозначены такие, как Плеяды, остаток сверхновой в виде Крабовидной туманности, глобулярный кластер звезд М13 в созвездии Геракла, черная дыра X-1 в созвездии Лебедя, туманности Ориона и Орла. По мнению многих астрофизиков, в центре нашей Галактики расположена черная дыра массой в 2,6 миллиона солнечных масс. А за границей Галактики начинается мир галактических скоплений.

На межгалактических просторах

Удалившись на сотни килопарсеков от Земли, уже нет ни смысла, ни возможности разглядывать отдельные звезды — масштаб карты не позволяет. Поэтому речь пойдет о скоплениях галактик и структурах из них.

Млечный Путь — обычная спиральная галактика, и, как и прочие миллионы таких галактик, он входит в свое скопление. У нас есть две карликовые галактики-спутницы — Большое и Малое Магеллановы облака. Другие ближние галактики, общим числом 52, составляют Местную группу. Для полноты картины авторы поместили их всех на карту, даже если какие-то и не лежат в пределах рассматриваемого слоя в 4 градуса (их обозначили треугольниками). Самая изученная галактика — Туманность Андромеды, М31.

Галактика М81 — ближайшая из тех, что находится за пределами Местной группы, ее можно наблюдать невооруженным глазом в созвездии Большой Медведицы. Самое большое из расположенных неподалеку скоплений — это сверхкластер галактик в созвездии Девы. В его центре лежит галактика Дева А, М87, внутри которой, согласно расчету, должна быть черная дыра массой в три миллиарда солнечных масс. Неподалеку обретаются галактики интересных форм; их очень любят фотографировать астрономы: Водоворот, Сомбреро, Антенна. Этот сверхкластер не стоит на месте, но с заметной скоростью перемещается в направлении так называемого Великого Аттрактора (он расположен значительно выше рассматриваемой экваториальной плоскости, но для полноты также указан на карте).

А дальше находятся 126 тысяч галактик и 31 квазар, зафиксированные во время самого свежего, так называемого,



Слоановского цифрового обзора неба. Этот грандиозный проект начался в мае 1998 года в высокогорной обсерватории Апаче-Пойнт в штате Нью-Мексико (США). Во время обзора впервые без использования фотопластинок было получено изображение всех областей неба в пяти спектральных диапазонах, то есть зарегистрировано более 100 миллионов астрономических объектов. Их изображения передаются в память компьютера с ПЗС-матрицы автоматического 2,5-метрового телескопа. Астрономы же со всего мира придумывают способы и программное обеспечение, которые позволяют из всего массива информации добывать полезные данные.

Полученная при обработке результатов обзора часть карты дает возможность разглядеть крупномасштабные структуры Вселенной. Самые примечательные — это две Великие Стены, протяженные объекты из скоплений галактик, которые тянутся на сотни мегалпарсеков, или сотни миллионов световых лет.

Ближняя к нам структура протяженностью 216 Мпк была открыта во время предыдущего систематического обзора неба, в 1989 году. Для наглядности авторы карты изображали ее в виде линий плотности распределения вещества. В центре этой стены расположено самое большое скопление галактик — Кома, или скопление созвездия Волосы Вероники. Вторая

стена появилась после Слоановского обзора неба. Ее длина в два раза больше.

Интересная структура из двух вытянутых скоплений галактик видна в районе трех часов на расстоянии 200 Мпк; ее называют Пальцы Господни, которые словно указывают на Землю. На самом деле это очередная оптическая иллюзия. Причина в том, что галактики этих скоплений помимо участия в расширении Вселенной еще и довольно быстро движутся друг относительно друга и это движение вносит свой вклад в красное смещение. Результат — ошибка в расчете расстояния. А вот Великие Стены — не иллюзия. Они на самом деле существуют. Более того, похоже образование возникают во время компьютерных экспериментов, когда астрофизики моделируют образование Вселенной. Такое совпадение экспериментальных и теоретических данных говорит, что наши знания о Вселенной не так уж далеки от действительности.

На самом краю карты расположены два наиболее удаленных известных объекта: галактика SDF J132418.3+271455 (красное смещение 6,578) и квазар (красное смещение 6,42). За ними, на расстоянии немногим большем 10 Гпк от Земли, должна быть область, где находятся самые первые звезды Вселенной, но астрономы своими телескопами пока что не смогли пробиться сквозь столь огромную толщу пространства и внимательно рассмотреть, что же там есть. Откуда сейчас могут взяться первые звезды? Не надо забывать, что мы путешествуем не только в пространстве, но и во времени. Значит, объект, ныне расположенный на расстоянии в десяток гигапарсеков от Земли, испустил тот свет, который мы ловим сейчас, много миллиардов лет



Порой галактики собираются группами по четыре или по восемь штук в относительно малой области пространства. Рассматривая их, астрономы изучают особенности взаимодействия галактик. В верхнем правом углу — галактика M87



КАРТИНА МИРА: ФИЗИКА

тому назад. А в то время звезды как раз и начали формироваться. Значит, если мы когда-нибудь увидим такой дальний свет, его источником будут первые звезды, больше, кажется, быть нечему.

Горизонт Вселенной

Пока мощности телескопов не хватает для того, чтобы заглянуть дальше нескольких гигапарсеков. Однако мы имеем представление о том, что там расположено: это граница той части Вселенной, которую можно наблюдать. Понять, где находится такой предел, можно следующим образом. Значение красного смещения для реликтового излучения — 1089, и это предельное значение. Реликтовое излучение, или, как его еще называют, микроволновой фон, возникло (в рамках модели горячей Вселенной) в ту пору, когда электроны, протоны и нейтроны остыли настолько, что сумели слип-

нуться в первые атомы. В результате вещество отделилось от излучения и Вселенная стала для последнего прозрачной. Красному смещению 1089 соответствует сфера радиусом 14 Гпк: в этой области пространства древний фотон в последний раз сталкивался с каким-либо веществом. Мы же вследствие расширения летим с такой скоростью, что он смог догнать Землю (которой в момент вылета фотона еще и в помине не было), лишь потратив 13 с лишним миллиардов лет. Это и есть граница видимой Вселенной; за ней лежит область еще более ранней Вселенной, где излучение просто не способно свободно распространяться. Она занимает 283 Мпк и ограничена сферой Большого взрыва. 14 Гпк гораздо больше, чем те 13,7 миллиарда световых лет, которые свет может путешествовать во Вселенной. Как же так? Разгадка проста: это то расстояние в сопутствующих координатах, на котором

от нас будет располагаться самая далекая испускающая свет частица, когда ее возраст станет таким же, как у нас сейчас.

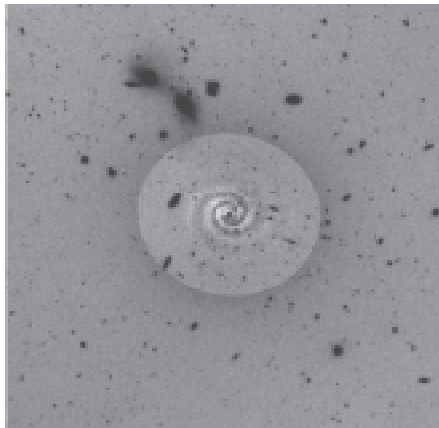
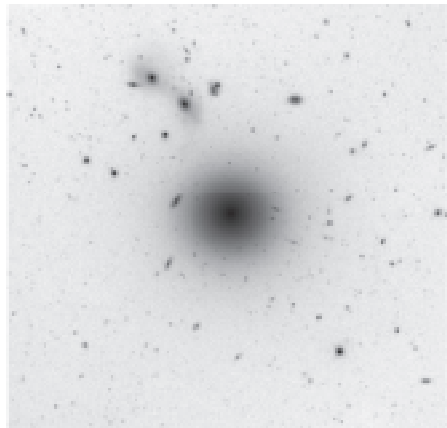
Есть еще один интересный парадокс. Казалось бы, если мы будем ждать бесконечно долго, то удастся поймать свет, который пришел от звезды, расположенной на бесконечно большом расстоянии. Ан нет, в расширяющейся Вселенной есть звезды, свет которых мы не увидим никогда: наш горизонт зрения ограничен радиусом 19 Гпк. С другой стороны, многие звезды убегают от нас так быстро, что сигнал, который мы пошлем сейчас, никогда не сможет их догнать. Эти звезды находятся за пределами сферы радиусом 4,74 Гпк или с красным смещением более 1,69. А их свет мы видим, потому что они его излучали очень давно, когда еще не улетели от нас слишком далеко.

Вот так выглядела наша Вселенная 12 августа 2003 года.

«Впервые я заинтересовался астрономией, когда мне было восемь лет, — говорит Ричард Готт. — Как же не похожи тогдашние карты на современную! На них не было ни искусственных спутников Земли, ни объектов пояса Койпера, ни звезд с планетными системами, ни коричневых карликов, ни черных дыр, ни внесолнечных источников рентгеновских лучей, ни гамма-барстеров, ни квазаров, ни великих аттракторов или гравитационных линз. Ни конечно же Великих Стен. Теперь все эти объекты нам известны». А сколько еще новых, невиданных ранее объектов предстоит открыть исследователям дальних миров, про это не знает никто.

На первый взгляд (слева) эта карликовая галактика (то есть содержащая миллионы, а не миллиарды звезд) кажется эллиптической.

Однако тщательная обработка изображения (справа) помогает выявить четкую спиральную структуру. Вот так астроному и приходится постоянно блуждать среди разного рода оптических иллюзий



По материалам статьи J. Richard Gott III, Mario Juri, David Schlegel, Fiona Hoyle, Michael Vogeley, Max Tegmark, Neta Bahcall, and Jon Brinkmann, «The Astrophysical Journal», 2005, т. 624, стр. 463 — 484, <http://www.astro.princeton.edu/~tjuric/universe/>

Карта опубликована с любезного разрешения авторов

Фотографии Южной европейской обсерватории, www.eso.org



Охота на CO₂

Кандидат химических наук
В.В.Благутина

Улавливание и хранение CO₂ может сыграть важную роль в борьбе с потеплением климата. К такому выводу пришла Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в специальном докладе, который составляли 100 экспертов из более чем 30 стран мира. И хотя существует диаметрально противоположная оценка полезности и реальности этих проектов, ученые продолжают работать над новыми технологиями.

Естественно, эксперты не думают, что это — основной путь решения проблемы потепления. (В этот раз мы не будем обсуждать, теплеет на Земле или холодает, а просто примем, что огромные количества углекислого газа, которые человечество выбрасывает в атмосферу, там совершенно лишние.) Все равно нужно будет повысить эффективность преобразования энергии, переходить на менее углеродоемкие виды топлива (природный газ вместо угля), атомную энергию, возобновляемые источники энергии, а также совершенствовать поглотители и сокращать выбросы и других парниковых газов. Но все же улавливание и хранение CO₂ (эти технологии называются УХУ) — хорошее дополнение к тем усилиям, что предпринимаются в данной области. Подсчитано, что они могут уменьшить последствия от изменения климата в ближайшие 100 лет на тридцать или даже больше процентов.

Где и как ловить

В большинстве сценариев ученые прогнозируют существенное увеличение выбросов CO₂ в XXI веке. Для того чтобы его концентрация в атмосфере стабилизировалась на безопасном уровне, нужно будет предотвратить выбросы в сотни или даже тысячи гига-

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) была учреждена в 1988 году совместно Всемирной метеорологической организацией и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде. Круг полномочий МГЭИК включает оценку имеющейся информации об изменении климата и его последствиях, вариантах смягчения последствий изменения климата и адаптации к нему, научные, технические и социально-экономические консультации.

Таблица 1
Крупные стационарные источники CO₂

Процесс	Количество источников	Выбросы (Мт CO ₂ · год ⁻¹)
Энергетика	4 942	10 539
Производство цемента	1 175	932
Нефтеочистительные заводы	638	798
Сталелитейная промышленность	269	646
Нефтехимическая промышленность	470	379
Переработка нефти и газа	Данные отсутствуют	50
Другие источники	90	33
Биоэтанол и биоэнергетика	303	91
Итого	7 887	13 468

тонн CO₂. Пока ни у кого не вызывает сомнений, что первичную энергию по меньшей мере до середины нынешнего века люди по-прежнему будут получать в основном из ископаемого топлива: сейчас его доля — 80%. Между тем сжигание и добыча ископаемого топлива — основные источники CO₂ (табл. 1).

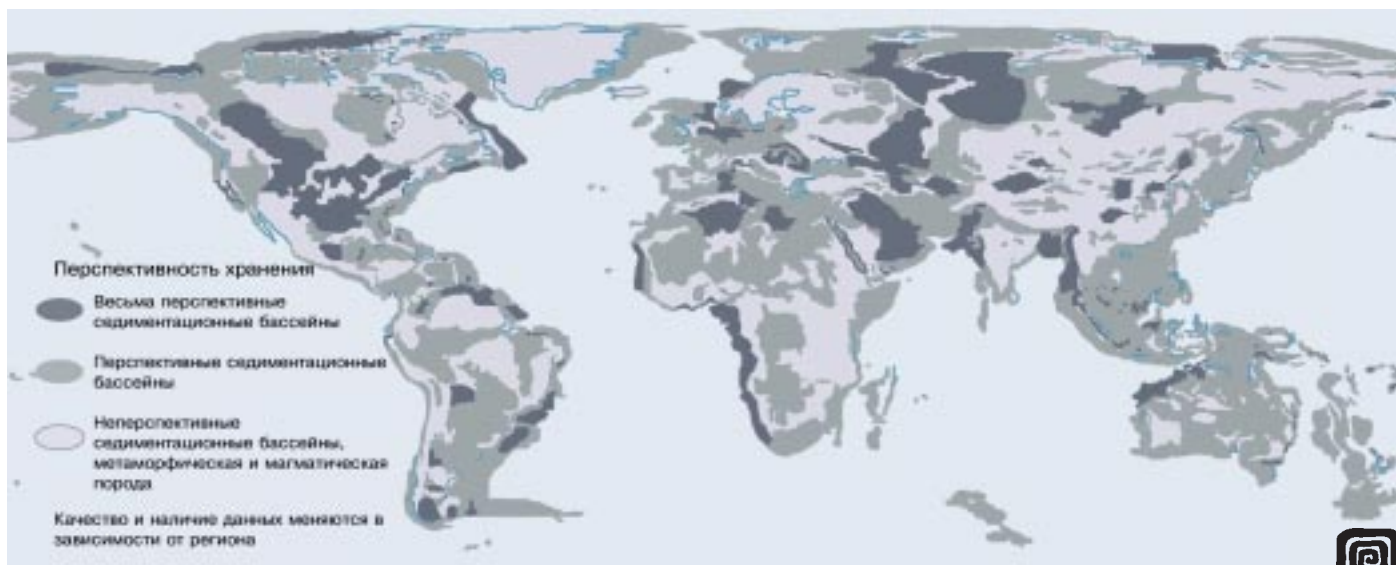
Улавливание и хранение углекислого газа планируют применять не везде, а в крупных точечных источниках его выброса. Например, в 2000 году из-за сжигания топлива в атмосферу попало 23,5 Гт CO₂, и почти 60% этого количества пришлось на долю крупных стационарных источников. На Земле они сконцентрированы в основном в Северной Америке, Европе, Восточной и Южной Азии. Однако не на любом крупном предприятии можно улавливать углекислый газ, поскольку большинство из них выбрасывают смесь, в которой его концентрация менее 15%. Технология же рентабельна, если CO₂ в потоке много — ближе к 100%. По этим критериям подходят некоторые предприятия энергосектора, производства аммиака, водорода и предприятия по переработке биомассы (их пока в расчеты не включали, но

потенциально они подходящие кандидаты). Учитывая, что производство топлива будущего — водорода дает как раз нужный по концентрации поток CO₂, то перспективы у УХУ могут быть больше, чем кажется сейчас.

Но вопрос не только в том, что надо найти крупный источник выброса углекислого газа, желательно также, чтобы он находился близко к месту будущего хранения (рис. 1). По подсчетам крупные выбросы и потенциальные хранилища могут оказаться на вполне разумных расстояниях — не больше 300 км. Правда, потенциальные бассейны, указанные на карте, еще не изучены подробно. Чтобы сказать точно, можно ли в них хранить CO₂, потребуется специальный геологический анализ.

Сколько углекислого газа можно поймать и увести из атмосферы? Если улавливать только там, где сжигают ископаемое топливо, то, по расчетам, к 2020 году объемы улавливания могут быть 2,6–4,9 ГтCO₂ т/год (это 9–12% всех выбросов CO₂ к тому времени), а к 2050 году больше 30 Гт CO₂/год (до 45% всех выбросов к тому времени).

Как любой технологический процесс, УХУ имеет несколько стадий: улавливание, концентрирование, транспортировку и хранение. Все составляющие этой технологии находятся на разных уровнях технической проработки (табл. 2). Настолько разных, что некоторые из них уже широко применяются (главным образом



1
Потенциальные места хранения CO₂

Таблица 2
Нынешнее состояние компонентов системы УХУ

Компонент УХУ	Технология УХУ	Исследовательский этап	Демонстрационный этап	Экономически осуществимый при определенных условиях	Развитый рынок
Улавливание	После сжигания До сжигания Сжигание обогащенного кислородом топлива Промышленная сепарация (переработка природного газа, производство аммиака)		X	X X	X
Транспортировка	Трубопровод Перевозка судами			X	X
Геологическое хранение	Повышенное извлечение нефти (ПИН) Газовые или нефтяные месторождения Соленосные формации Повышенное извлечение угольного метана (ПИУМ)		X	X X	X
Хранение в океане	Прямое закачивание (по типу растворения) Прямое закачивание (по типу озера)	X X			
Карбонизация минералов	Природные силикатные минералы Материалы отходов	X	X		
Промышленные виды использования CO ₂					X

углекислый газ при этом выбрасывают в атмосферу. Есть три основные концепции улавливания CO₂ на производствах по сжиганию природных топлив: улавливание после сжигания, улавливание до сжигания и сжигание топлива с обогащением кислородом.

Первый способ применяется в современной энергоустановке, работающей на угольной пыли или с комбинированным циклом природного газа. Из названия понятно, что CO₂ отделяют от дымовых газов после сжигания топлива, для чего, как правило, используют органический растворитель. В системах улавливания до сжигания первичный поток топлива обрабатывают насыщенным воздухом или кислородом (получается синтез-газ), после чего смесь доокисляют и только потом CO₂ выделяют из потока. Этот способ — более сложный и дорогой по сравнению с первым, но зато образуется смесь с высокой концентрацией CO₂. Третий способ еще дороже, поскольку предполагает обогащение топлива кислородом вместо воздуха. Появляется еще одна стадия — получение кислорода из воздуха, но и концентрации CO₂ в потоке получаются самые высокие. Эта технология находится на демонстрационном этапе.

Во всех трех методах нужно отделять CO₂ от основного газового потока, и это делают с помощью растворителей, мембран, твердых сорбентов или криогенного разделения. Современные системы первого или второго типа могут улавливать до 85–95% CO₂. В принципе возможно и больше, но тогда сепараторы становятся слишком большими, энергоемкими и дорогостоящими.

в нефтегазовой промышленности), а другие до сих пор остаются на стадии исследований, разработки или демонстрации.

Как обстоит дело с улавливанием? В целом это как раз более-менее от-

ложено. Сегодня подобные устройства уже работают на производствах по переработке природного газа и синтезу аммиака. Правда, их задача состоит в том, чтобы очистить от CO₂ нужные промышленные газы, а сам

Таблица 3

Места, где уже осуществляется хранение CO₂ или планируется в будущем

Название проекта	Страна	Начало закачивания (год)	Приблизительный среднесуточный показатель закачивания (тCO ₂ /сутки)	Планируемый объем хранения (тCO ₂)	Тип резервуара для хранения
Уэйберн	Канада	2000	3000–5000	20 000 000	ПИН
Ин-Салах	Алжир	2004	3000–4000	17 000 000	Газовое месторождение
Слейпнер	Норвегия	1996	3000	20 000 000	Соленосная формация
K12В	Нидерланды	2004	100 (на 2006 планируется 1000)	8 000 000	Повышенное извлечение газа
Фрио	США	2004	177	1600	Соленосная формация
Фенн Биг Веллей	Канада	1998	50	200	ПИУМ
Бассейн Циньшуй	Китай	2003	30	150	ПИУМ
Юбари	Япония	2004	10	200	ПИУМ
Рекопол	Польша	2003	1	10	ПИУМ
Горгон (планируется)	Австралия	~2009	10 000	Неизвестен	Соленосная формация
Снохвит (планируется)	Норвегия	2006	2000	Неизвестен	Соленосная формация

лярные силы, которые удержат диоксид углерода в пористой породе. Кроме того, со временем начнет работать геохимическая ловушка, то есть CO₂ вступит в реакцию с жидкостями и вмещающей породой. В первую очередь углекислый газ растворится в воде, и как только это произойдет (за сотню–тысячу лет), насыщенная CO₂ вода станет более плотной и погрузится на дно формации. Затем в результате химических реакций между растворенным диоксидом углерода и минералами породы образуются твердые карбонатные минералы (правда, на это потребуются миллионы лет). Кроме того, возможен еще один тип улавливания, когда CO₂ избирательно адсорбируется на угле или сланцах с большим содержанием органического вещества. Тогда CO₂ останется в ловушке до тех пор, пока будут сохраняться давление и температура.

Конечно, все оценки того, сколько же углекислого газа удастся захоронить, скорее всего, не очень точны, поскольку основаны на анализе литературы и общих подсчетах. По прикидкам в нефтяные и газовые месторождения удастся закачать 600–900 ГтCO₂, в угольные 15–200, а с соленосными вообще не очень понятно. Хранить CO₂ придется довольно долго, а за это время возможны локальные и глобальные утечки, о которых надо думать и которые придется контролировать. Поэтому в стоимость технологий входит также постоянный мониторинг.

Тем не менее уже сейчас реализуются три проекта промышленного масштаба, благодаря которым около 1 Мт CO₂/год или больше не попадают в атмосферу: проект Слейпнера в Северном море, Уэйберна в Канаде и Ин-Салаха в Алжире. Суммарно в этих трех проектах ежегодно исче-

зуют под землей 3–4 МтCO₂. Есть и некоторые другие планы, которые скоро будут реализованы (табл. 3).

Помимо трех уже работающих проектов УХУ, ежегодно для повышенного извлечения нефти с закачиванием CO₂ расходуется 30 Мт CO₂ (главным образом в Техасе). Большую часть этого CO₂ получают из его естественных залежей, обнаруженных в западных регионах США, а часть добывают вместе с нефтью, отделяют и затем вновь закачивают под землю. Так что нельзя сегодня сказать, что на эти количества облегчили нашу атмосферу.

В общем, элементы УХУ потихоньку отлаживаются, совершенствуются, а также провоцируют развитие смежных отраслей, таких, как бурение скважин, технологии закачивания, компьютерная имитация резервуаров хранения и методов мониторинга.

Под водой

Теперь о втором способе — хранении в океане, то есть о закачивании CO₂ под воду на глубину более 1000 м. Это можно осуществить, транспортируя углекислый газ по трубопроводам или на кораблях. Хотя этой разработкой занимаются около 25 лет, выполнить ее на практике еще никто не пробовал, пока она находится на этапе лабораторных исследований и моделирования.

Вообще-то диоксид углерода растворяется в воде, поэтому между атмосферой и поверхностью океана и без захоронения постоянно происходит естественный обмен CO₂. Когда в атмосфере повышается концентрация CO₂, он постепенно поглощается океаном, и этот процесс продолжается до достижения равновесия. Таким образом, океаны уже вобрали в себя около трети (500 Гт CO₂) от общего количества антропогенных выбросов (1300 Гт CO₂),



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

попавших в атмосферу за последние 200 лет. В результате деятельности человека океанам сегодня приходится поглощать около 7 Гт CO₂ /год.

Большая часть диоксида углерода остается сейчас в верхних слоях океана, из-за чего pH там уменьшился на 0,1. На океанских глубинах почти никаких изменений кислотности пока не отмечается. Физического предела объему углекислого газа, который может храниться в океане, нет, но в то же время его объем будет зависеть от равновесия между океаном и атмосферой. Так, если атмосферные концентрации CO₂ стабилизируются в пределах 350–1000 ppmv (ppmv — это объем газообразного загрязнителя на миллион объемов воздуха при н.у.), то это означает, что 2000 — 12 000 ГтCO₂ будут оставаться в океане (без дополнительного закачивания CO₂). Собственно, считается, что это и есть предел емкости.

Есть идеи, как увеличить сохраняемую долю углекислого газа в океане, спровоцировав образование твердых гидратов CO₂ и/или жидких озер на морском дне. Кроме того, предлагают растворять в океанской воде щелочные минералы (известняк) для нейтрализации кислотного CO₂. Природные карбонаты практически нерастворимы, поэтому сроки хранения тогда могут увеличиться до 10 000 лет, при этом сведутся к минимуму изменения pH океанской воды. Но в этом случае понадобится много известняка и энергии (величины такого же порядка, как те,

Таблица 4

Стоимость компонентов УХУ в ценах 2002 года в зависимости от типа энергоустановки или промышленного источника.

Все цифры посчитаны при ценах на природный газ 2,8–4,4 долл.США/ГДж и ценах на уголь 1–1,5 долл. США/ГДж

Компоненты системы УХУ	Диапазон стоимости	Замечания
Улавливание из энергоустановки на угле или газе	5–55 долл. США/ чистая захваченная тСО ₂	Стоимость захваченного СО ₂ по сравнению с такой же установкой без улавливания
Улавливание из других промышленных источников	25–115 долл. США/ чистая захваченная тСО ₂	Применяется к источникам высокой чистоты, где нужно просто высушить и сжать СО ₂
Транспортировка	1–8 долл. США/ транспортируемая тСО ₂	На 250 км трубопровода или перевозкой судами для массового расхода в 5 — 40 МтСО ₂ /год
Геологическое хранение*	0,5–8 долл. США/ чистая закачанная тСО ₂	Исключая потенциальные прибыли от ПИН или ПИУМ
Геологическое хранение: мониторинг и проверка	0,1–0,3 долл. США/ закачанная тСО ₂	Включает мониторинг до закачивания, в процессе и после. Зависит от нормативных требований
Хранение в океане	5–30 долл. США/ чистая закачанная тСО ₂	Включая морскую транспортировку на расстояние в 100–500 км, без учета мониторинга и проверки
Карбонизация минералов	50–100 долл. США/ чистая минерализованная тСО ₂	Диапазон для наиболее показательного изученного случая. Включает использование дополнительной энергии для карбонизации

* Через какое-то время могут появиться дополнительные расходы, связанные с восстановительными мерами

что требуются для карбонизации тонны СО₂, — см. ниже).

Вообще, даже те, кто занимается этой проблемой, похоже, не очень уверены в целесообразности дополнительного складирования углекислого газа в океане. Уже совершенно очевидно, что даже несколько Гт СО₂ приведут к закислению океана в районе закачивания. А при большой кислотности перестают размножаться и погибают флора и фауна.

В промышленности

Наконец, третий способ складирования углекислого газа — карбонизация минералов и использование его в промышленности. Первое — это когда берут силикатные породы естественного происхождения, такие, как серпентин и оливин, содержащие оксид магния (MgO) и оксид кальция (CaO), и проводят реакцию с СО₂. Получаются карбонат магния (MgCO₃) и карбонат кальция (CaCO₃ — известняк). Уже сейчас понятно, что оксидов металлов, которые можно добыть в природе, совершенно недостаточно для фиксации всего СО₂, который полу-

чается после сжигания всех запасов ископаемого топлива. Немного этих оксидов можно найти в промышленных отходах. Другой вопрос — куда девать полученные карбонаты. Карбонаты и кремнезем очень стабильны, их можно сваливать в силикатные шахты или повторно использовать для строительных целей. Впрочем, очевидно, что их будет гораздо больше, чем нужно для повторного использования.

Карбонизация минералов («выветривание») происходит и в природе, только очень медленно. Как его ускорить, чтобы процесс можно было использовать в промышленных масштабах, — это и есть предмет исследования. Пока технология карбонизации минералов с применением природных силикатов находится в стадии эксперимента, однако кое-что уже даже на демонстрационном этапе.

Ясно, что это путь дорогой. Надо будет плюс к получению концентрированного потока СО₂ из улавливающей установки добывать, дробить и обогащать руды, а также доставлять их к месту переработки. В результате карбонизация минералов потребует на 60–180% больше энергии в расчете на киловатт-час.

Еще один способ — использовать СО₂ в промышленности, казалось бы, самый простой и естественный. Ведь его можно применять как реагент в химических и биологических процессах — производстве мочевины и метанола, а также в садоводстве, холодильном оборудовании, при упаковке пищевых продуктов, сварке, в напитках и огнетушителях. Все это забирает примерно 120 Мт СО₂ в год (исключая технологии повышенного извлечения нефти).

Часть углекислого газа для этих целей добывают из природных скважин, а часть берут из производств, в которых улавливают СО₂, — например, из производств аммиака и водорода. Чтобы этот способ был хорош, должны соблюдаться некоторые условия: срок хранения СО₂ должен быть значительным, а количества «уводимого» газа должны быть большими. Между тем срок хранения большей части СО₂, который утилизируют таким образом, составляет от нескольких дней до месяцев, поскольку потом полученные из него вещества снова окисляются и СО₂ снова попадает в атмосферу. Кроме того, общая цифра промышленного использования, 120 Мт СО₂/год, мизерна по сравнению с выбросами из основных антропогенных источников (табл. 1). Чтобы оценить, может ли этот способ сократить выбросы СО₂, надо провести подробный анализ его цикла жизни, а сделать это довольно трудно из-за отсутствия данных. В теории результаты иногда получаются даже со знаком минус, то есть углекислого газа в атмосфере становится даже больше в результате его использования в промышленности.

Финансовый и другие вопросы

Немаловажный вопрос — сколько же стоят эти технологии (табл. 4). Ведь чтобы реализовать их, надо потратить энергию, а значит, сначала ее надо получить, сжигая полезные ископаемые, что приведет к еще большему выбросу СО₂... И еще один нюанс. Если оценки делали вчера, то в расчет брали вчерашнюю стоимость нефти, а завтра могут получиться совсем другие цифры.

Оценить, насколько рентабельны современные технологии, довольно трудно, поскольку никто не изучал как следует, сколько будет стоить модернизация энергоустановок, если их переоборудовать системами улавливания СО₂. Те немногие исследования, которые все-таки были сделаны, говорят о том, что нужно сочетать повышение эффективности и производительности самой энер-

гоустановки (реконструируя бойлер и турбину) с системой улавливания углекислого газа. Подсчеты также осложнены тем, что CO_2 из разных процессов отличается показателями давления и концентрации. В результате стоимость улавливания, например, на цементных, сталелитейных предприятиях и нефтеочистительных заводах имеет большой разброс — 25–115 долл./т CO_2 (к чистому захваченному CO_2). Правда, там, где получается относительно чистый поток CO_2 (переработка природного газа, производство водорода и производство аммиака), стоимость захваченного газа колеблется в пределах 2–56 долл./т CO_2 .

Непонятно, как быстро будут дешеветь установки для этих технологий, но все-таки вполне возможно, что их стоимость сократится на 20–30% в ближайшие 10 лет.

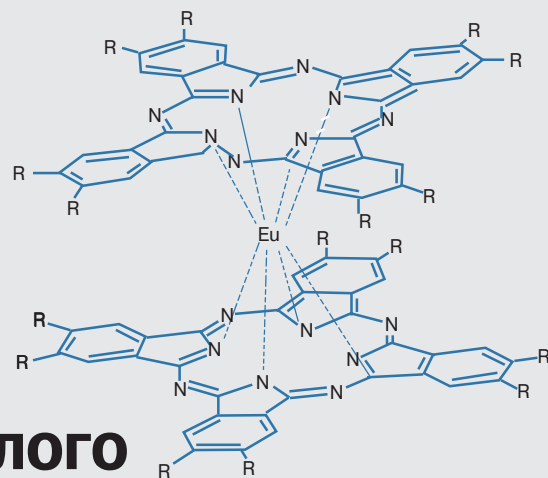
Похоже, если не появится четко сформулированной политики по ограничению выбросов парниковых газов в атмосферу, то системы УХУ вряд ли будут применяться в широких масштабах. И второе, от чего будет зависеть внедрение технологий, — их стоимость. Если будут установлены пределы выбросов парниковых газов, то можно наверняка утверждать, что с этого момента в течение нескольких десятилетий будут внедрены системы складирования CO_2 .

Если не будет жестких мер по ограничению выбросов CO_2 , то современный промышленный опыт показывает, что технологии по улавливанию будут внедрены только там, где есть благоприятные предпосылки: поток CO_2 с высокой чистотой и низкой стоимостью, близко расположенные места для захоронения газа (менее 50 км) и его применения для повышенного извлечения нефти. Потенциал таких благоприятных вариантов составляет около 360 Мт CO_2 в год. Поскольку системы УХУ совершенствуются, то все же, по мнению экспертов, есть шанс, что рано или поздно они смогут конкурировать с другими вариантами крупномасштабного смягчения антропогенных воздействий, такими, как атомная энергия и технологии возобновляемой энергии. Скорее всего, это произойдет не раньше второй половины этого столетия.

**По материалам доклада
МГЭИК**

Полимер из углекислого газа

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА



На химфаке МГУ группа под руководством доктора химических наук Л.Г.Томиловой разработала технологию непрерывного превращения CO_2 в полимеры. Такая технология только кажется невозможной, но ведь растениям легко удается перерабатывать гигантские количества углекислого газа, а ученые постепенно постигают природные хитрости.

Исследования идут по нескольким направлениям — речь идет не только об улавливании CO_2 , но и о связывании оксидов азота и серы. Поймать углекислый газ не слишком трудно, труднее превратить его во что-нибудь полезное, вместо того чтобы закачивать под землю.

Новая технология подразумевает получение в непрерывном режиме из углекислого газа экологически безопасных поликарбонатов. Если ее введут в практику, то без преувеличения можно утверждать, что это будет уникальный способ выведения двуоксида углерода из оборота.

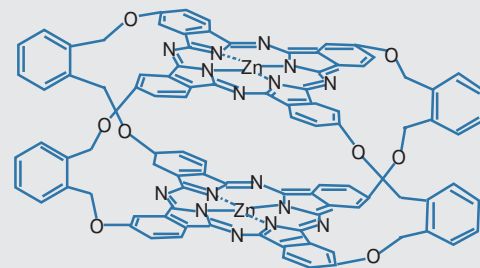
Ключевую роль в технологии играют фталоцианиновые комплексы металлов, поэтому значительная часть работы группы посвящена их синтезу и детальному исследованию. Фталоцианины — синтетические аналоги природных порфиринов, играющих ключевую роль в фотосинтезе, — в последнее время стали весьма популярным объектом исследований. Ведь они имеют уникальные спектральные характеристики и полупроводниковые свойства. В частности, эти соединения, как и природные порфирины, способны поглощать квант света в видимой области и потом запускать целую цепь невозможных до того реакций.

Неудивительно, что фталоцианины оказались избирательными катализаторами превращения экологически вредных газообразных оксидов в полезные материалы. Чтобы отработать условия протекания этих реакций, пришлось потрудиться. Фталоцианиновых комплексов очень много, и надо было найти самые активные, а кроме того, оказалось, что плохо изученные двойные комплексы, имеющие сэндвичевую структуру (диф-

талоцианины, в которых одно металлическое ядро соединено с двумя большими органическими молекулами), проявляют еще большую активность, чем хорошо известные (рис. наверху).

Поэтому первой важной задачей был направленный синтез новых потенциальных катализаторов, изучение их свойств и установление связи «структура — свойство». Попутно исследователи разработали новые способы направленного синтеза фталоцианиновых комплексов определенного строения, с использованием микроволнового облучения. Это упростило синтез, сократило его время до нескольких минут и позволило впервые синтезировать фталоцианины сэндвичевого строения высокой степени чистоты.

Известно, что в биологических системах работают не индивидуальные порфирины, а их молекулярные ансамбли. Предполагая, что большие сложные структуры будут иметь более высокую каталитическую активность, химики синтезировали биядерные фталоцианины различного строения. Биядерные — значит, в одну объединены две большие молекулы, каждая из которых имеет свое металлическое ядро (рис. внизу).



Оказалось, что новые комплексы очень хорошо катализируют превращение в полезные материалы не только оксида углерода, но и оксидов азота и серы.

Технология каталитического непрерывного способа превращения диоксида углерода в пропиленкарбонат готова к практическому использованию. Интересно, что сама реакция также происходит в сверхкритическом жидком CO_2 .

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

ПЕЧАЛЬНАЯ СУДЬБА РОБОТОВ

Британцы плохо покупают механических роботов.

Пресс-секретарь
Peter Dunn,
p.j.dunn@warwick.ac.uk

По данным Британской ассоциации автоматизации и робототехники, в 2005 году компании этой страны купили 1085 промышленных роботов. Больше всего роботов понадобилось фармацевтам: туда попало 69 штук, или 7% общего объема продаж. Строителям достались 43 штуки, а 22 робота построились в аэрокосмической промышленности. Пищевики купили 51 робота, но это несколько меньше, чем в прошлом году, хотя эксперты ожидали существенного роста.

«У нас очень плохо покупают роботов, — говорит председатель ассоциации доктор Кен Янг из Уорвикского университета. — Вот в США рост за год составил 30%, причем большая его часть приходится на малые компании. В Великобритании спрос на роботов почти не растет, а мелкие компании их совсем не используют. Это странно, ведь цены снижаются: нового робота можно приобрести за 30 тыс. фунтов, а поддержанного — менее чем за 10 тыс. Похоже, что британцы предпочитают трудиться не ради больших денег; они, видимо, получают удовольствие, когда осознают, что была проделана большая работа. К сожалению, отнюдь не все в мире живут по таким правилам».

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

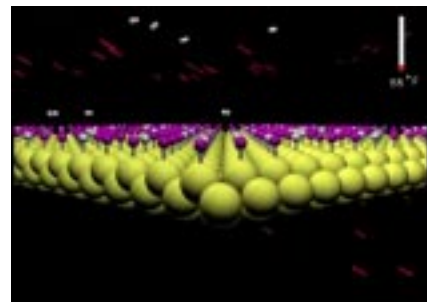
ЛАЗЕР СДУВАЕТ ВОДОРОД

Американские ученые научились чистить кремниевые подложки, не нагревая их.

Phil Cohen,
cohen@ece.umn.edu

Технология микроэлектроники сложна и порой запутанна. Вот, например, кремниевые подложки, на которых выращивают микросхемы: для защиты от кислорода их поверхности покрывают водородом. А потом в установке для напыления от водорода надо избавиться. Для этого их нагревают до высокой температуры, что неизбежно приводит к появлению в подложках дефектов. Ученые из Миннесотского университета сумели счистить весь водород при нагреве всего до 100°C. В этом им помог лазер на свободных электронах, который стоит в Университете Вандербильта.

Такой лазер, в отличие от многих других, может легко менять частоту излучения. Ученые направили на поверхность подложки свет такой частоты, которая вызывает поляризацию и сильные колебания связей кремний-водород, те легко разрываются, и водород улетает. Метод оказался очень тонким: при желании можно подобрать такую частоту, чтобы улетали только атомы водорода, атомы дейтерия же оставались на месте. «Подобная избирательность позволит создавать небывалые наноструктуры, — говорит руководитель работы профессор Фил Коэн. — Например, очистив от водорода только самый кончик нанопроволочки, мы сумеем задавать направление ее роста, а сейчас этим процессом управляют силы случайности».



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

БАКТЕРИЯ ДОБЫВАЕТ ВОДОРОД ИЗ САХАРА

Британские биологи нашли способ превратить отходы пищевой промышленности в чистую энергию.

Пресс-секретарь
Kate Chapple,
k.h.chapple@bham.ac.uk

Бактерии любят сахар, причем некоторые из них способны превращать его в водород, углекислый газ и органические кислоты. Другие бактерии любят эти кислоты и тоже отщепляют от них водород. Бактериальной страстью к сладкому воспользовались ученые из Бирмингемского университета, которые при поддержке британского Совета по инженерным и физическим наукам создали технологию утилизации отходов пищевой промышленности. А их партнером в этом проекте стала компания «Кэтберри Швепс», завод которой как раз и расположен в Бирмингеме.

После изготовления конфет и газировки на этом заводе получается немало жидких отходов, которые содержат нугу и карамель. Сейчас их отправляют в отстойники. Ученые же взяли эти отходы, налили в пятилитровый чан и сначала поселили в нем специально модифицированную кишечную палочку. Она провела первую стадию реакции — разложила сахар. На втором этапе в чан добавили природных бактерий *Rhodobacter sphaeroides*, которые разобрались с кислотами. Водород, полученный на обоих этапах, собрали и заправили им топливный элемент, а остатки биомассы высушили и покрыли палладием: получился неплохой катализатор для очистки воды от полихлордифенилов.

«Мы показали, что такой бактериальной технологией производства водорода и переработки отходов вполне можно будет воспользоваться в промышленных масштабах», — говорит руководитель проекта Линн Макаски.

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

ИСПАНЦЫ ИЩУТ ПРЕКРАСНУЮ СОСНУ

Лесоводы из Малаги озаботились поиском лучшего генотипа сосны.

Francisco Canovas Ramos,
canovasf@uma.es

Ученые из Малагского университета (Испания) решили выяснить, какие гены отвечают за формирование волокон в древесине сосны, и вывести такие сорта этого дерева, которые лучше всего удовлетворяют требованиям переработчиков древесины.

Для этого на первом этапе работы они предполагают найти лучшие сосны, как из сохранившихся лесов, так и из тех, что выросли на местах вырубок, и определить наиболее удачные генотипы деревьев. Понимание того, какие гены способствуют быстрому росту сосен, поможет создать молекулярные маркеры и посадить их на соответствующие биочипы. А уж потом с их помощью отбирать хорошие саженцы — причем на самых ранних этапах их выращивания, ведь современная биотехнология позволяет проводить такого рода исследования с малыми количествами материала.

«Побочным результатом работы станет определение генов и белков, которые способны влиять на развитие и дифференцировку тканей хвойных растений, — говорит руководитель работы профессор Франсиско Кановас. — Кроме того, проект внесет свою лепту в восстановление лесов и их адаптацию к изменениям климата. А разработанную технологию можно будет использовать для изучения других видов растений».

ЖВАЧКА ОТ РАКА

Финские биологи сделали жвачку, которая может защитить пьяниц и курильщиков от рака гортани.

Mikko Salaspuro,
mikko.salaspuro@hus.fi

Лет десять назад ученые Хельсинкского университета во главе с профессором Микко Саласпуо высказали гипотезу, что бактерии, которые живут во рту человека, умеют превращать алкоголь в ацетальдегид, а тот вызывает рак гортани. Японские ученые нашли косвенное подтверждение гипотезе: согласно их исследованиям, те, кто злоупотребляют алкоголем и одновременно обладают распространенной среди людей монголоидной расы мутацией, при которой организм не вырабатывает фермент, расщепляющий ацетальдегид, гораздо чаще заболевают раком гортани. А в их слюне после приема алкоголя концентрация ацетальдегида оказывается в два-три раза выше, чем у обычных людей.

Такие данные позволили авторам гипотезы предложить способ борьбы с болезнью. Аминокислота L-цистеин хорошо связывается с молекулой ацетальдегида и блокирует его разрушительное действие. Эту аминокислоту добавили в жевательную резинку, которую, надо полагать, рекомендуется жевать во время выпивки, а равно и после выкуренной сигаретки. «Вместе со слюной ацетальдегид проходит по пищеводу и попадает в желудок. Значит, жевательная резинка способна защитить не только гортань, но и эти органы, столь подверженные раку. Хотя мы доказали, что с ее помощью удастся полностью избавиться от ацетальдегида в слюне, нужно провести долгосрочные клинические испытания, чтобы убедиться в способности резинки с цистеином предотвращать рак», — говорит Микко Саласпуо.

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

101-Й СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ПОКРЫШЕК

Ученые из США решили с помощью старых автомобильных покрышек облегчить пути пешеходов.

Robert C. Amme,
Robert.Amme@nsm.du.edu

Идея сделать из старых покрышек наполнитель для асфальта, казалось бы, не нова. А вот материалологи из Денверского университета в очередной раз занялись этим, придумали новый материал и получили на него патент. Шины им понадобились не для укрепления асфальта, а для того, чтобы сделать пути пешехода легкими и приятными, то есть обеспечить упругость асфальтовой дорожке.

«Дорожки с упругим покрытием уже есть, однако в их состав входят дорогие вещества — полиуретан или латекс. Поэтому из таких материалов делают теннисные корты или короткие дорожки. Использование же старых шин вместо латекса позволяет получить материал ненамного дороже обычного асфальта», — говорит автор разработки профессор Роберт Амме.

Чтобы изготовить упругую дорожку, асфальт сначала смешивают с мелко нарубленными шинами и получают связующее. Затем в нем размещают крупно намолотые шины и добавляют модификатор, который облегчает связь кусочков резины с асфальтом. Испытания показали, что трещины в полученном материале образуются плохо, и он может служить по десять лет даже в районах с суровыми зимами. Кроме того, в дождь дорожка из нового материала не станет скользкой.

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

ВИБРАЦИЯ ПИТАЕТ ДАТЧИК

Ученые из США сделали датчик на водород, который получает энергию от вибрации.

Jenshan Lin,
jenshan@ufl.edu

«Водород очень взрывоопасен, однако у него нет ни цвета, ни запаха. Поэтому обнаружить его утечку можно только с помощью датчиков, потребность в которых по мере развития водородной энергетики будет возрастать. И тогда возникнет проблема батареек для этих датчиков: очень утомительно их время от времени менять в десятках приборов. Мы сумели создать датчик, который работает без батареек», — говорит доцент Лин Еншан из Флоридского университета.

Чувствительный элемент датчика сделан из нанопроволочек — вискеро́в оксида цинка, через которые протекает чрезвычайно маленький электрический ток. Проводимость этих проволочек тем выше, чем больше в окружающем воздухе водорода. Микроконтроллер преобразует информацию о проводимости вискеро́в в данные о концентрации газа и посылает радиосигнал на центральный процессор системы. А тот уже отслеживает ситуацию. Источником энергии для датчика служит пьезокристалл, который преобразует в электричество вибрацию того механизма, на поверхность которого приклеен датчик, например, насоса или детали двигателя. Испытания показали, что датчик очень чувствительный, он способен обнаружить даже 10 молекул водорода среди миллиона молекул воздуха, а информацию передает на расстояние в 20 метров.



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

АВСТРАЛИЙЦЫ ИЩУТ УРОДЛИВУЮ ОВЦУ

Генетики из Аделаиды собирают банк данных о связи овечьих мутаций с качеством их шерсти.

Пресс-секретарь
Grace Taylor,
taylor.grace@saugov.sa.gov.au

Ученые из Института исследований и разработок Южной Австралии и Аделаидского университета начали операцию по поиску самой уродливой овцы континента. Цель — определить набор генов, которые ответственны за синтез хорошей шерсти. «Изучение необычных овец позволит резко повысить качество шерсти и сделать ее более конкурентоспособной по сравнению с искусственными волокнами», — говорит университетский профессор Фил Хунд.

Обычно ягнят, которые резко отличаются от своих собратьев, например неровной шерстью, проплешинами, необычной курчавостью, излишним блеском шерсти или полным отсутствием оной, да еще морщинами на теле, в общем уродцев, с точки зрения овцевода, быстро отправляют на приготовление барбекю. А для генетиков такие уродцы — кладезь полезной информации. Ведь установив, какая мутация ответственна за то или иное отличие ягненка от нормы, можно досконально разобратся в работе овечьих генов. «Представьте, что вы блуждаете в мире из генов и вдруг видите взметнувшийся яркий флаг, который указывает на участок, ответственный за формирование и рост шерстинки», — приводит сравнение профессор Хунд. В этом году в Австралии, по оценкам ученых, должна народиться сотня ягнят с необычными мутациями. Если их удастся сохранить, генетики получат много информации к размышлениям и, возможно, разгадают тайну роста шерсти мериноса.



художник С. Дергачев

Совместная биология

В конце прошлого года российское Федеральное агентство по науке и инновациям (Роснаука) и американский Фонд гражданских исследований и развития (АФГИР/CRDF) выделили совместные гранты на финансирование работ, в которых участвуют ученых обеих стран. Каждый отобранный проект должен получить в 2005—2006 годах до 1,6 млн. рублей со стороны Роснауки; финансирование АФГИР в размере до 30 тысяч долларов продлится до 2007 года. Цель программы — дать возможность российским ученым заниматься научными изысканиями в родной стране. Часть средств, которые предоставляет АФГИР, также обеспечит участие

американских исследовательских организаций. В рамках некоторых проектов запланированы поездки российских исследователей в американские лаборатории-партнеры.

Гранты получили проекты по физике, климатологии, безопасности химического производства. И конечно, в самых разных направлениях биологии, начиная от понимания общих закономерностей функционирования живых существ, до поиска конкретных методов борьбы с болезнями. Об одной работе, в которой ученые ищут средства от рака, мы писали в феврале 2006 года. Сегодня мы расскажем о некоторых других исследованиях.



На подходе к фотосинтезу

Когда-то, давным-давно, солнечный свет вода и углекислый газ сделали возможным появление той углеводородно-азотной формы жизни, которая каждый день радует глаз человека и насыщает его желудок. В основе преобразования света, H_2O и CO_2 в органическое вещество лежит фотосинтез. Нет-нет, мы не забыли про биоценозы черных курильщиков, где нет света, но вряд ли можно сказать, что эта жизнь доступна каждому для ежедневного наблюдения. И микроорганизмов, обитающих в темноте пещер, глубинах земли или нашего кишечника тоже не забыли. Однако, при всем уважении к ним, продукты фотосинтеза — какое-нибудь яблоко или свежеподжаренная булочка с молоком (как ни крути, а молоко — тоже продукт фотосинтеза, только переработанный коровой) — человеку кажутся много милее. Не случайно тайна фотосинтеза столетиями привлекает ученых, а люди, склонные к действиям практически, хотя, разгадав эту загадку, воспроизвести процесс искусственно.

Результаты работы российско-американской команды биохимиков из пушинского Института фундаментальной биологии РАН во главе с профессором В.В.Климовым и Принстонского университета во главе с доктором Чарльзом Дисмукесом, изучающих механизм фотосинтеза, вряд ли помогут построить прибор для получения сахара из солнечного света, зато наверняка знания, полученные ими, войдут в будущие учебники биологии.

В общих чертах реакция образования углеводов из углекислого газа в растениях, сопровождающаяся выделением в атмосферу свободного кислорода, знакома каждому школьнику: из CO_2 плюс H_2O получается глюкоза плюс O_2 . Но эта простота — кажущаяся. На бытовом уровне все как будто понятно — человек использует кислород и выдыхает CO_2 , а растения, наоборот, усваивают из воздуха CO_2 , а обратно в атмосферу выделяют кислород. Если же попытаться понять механизм процесса на молекулярном уровне, все оказывается куда как сложно, а местами вообще непонятно даже для специалистов.

Сравнительно недавно ученые из Пушина выяснили, что CO_2 — не только строительный материал для синтеза углеводов. У него, оказывается, есть еще одна, чрезвычайно важная роль — участие в процессе окисления воды, том самом, благодаря которому и получается свободный кислород. Без CO_2 встроенный во внутреннюю мембрану хлоропластов сложный комплекс белков и пигментов, так называемый водоокисляющий комплекс фотосистемы-2, работает плохо — не окисляет воду, а значит, и не выделяет кислород. Правда, участвует здесь, строго говоря, не сам углекислый газ, а бикарбонат-ион, который получается при растворении CO_2 в воде.

Несмотря на усилия многих научно-исследовательских лабораторий, механизм фотосинтетического окисления воды не до конца выяснен. Основная цель сотрудничества ученых из Пушина и Принстона — выяснить в деталях, как ионы бикарбоната участвуют в функционировании водоокисляющего комплекса фотосистемы-2.

«Взаимная выгода, которую мы ожидаем от сотрудничества, основана на комплементарности подходов, используемых в обеих группах. Иначе говоря, они удачно дополняют друг друга, — говорит В.В.Климов. — У принстонской группы большой опыт в неорганическом синтезе, в использовании физико-химических методов. В частности, у них есть ЭПР-спектрометр с огромными, ранее недостижимыми возможностями. А в нашей группе накоплен огромный опыт биохимической работы по выделению, очистке и изучению препаратов фотосистемы-2».

Ну а результаты такого сотрудничества нужны нам всем — в смысле, человечеству в целом. Не только для понимания молекулярного механизма фундаментального процесса, имеющего большое значение для биосферы, но и для того, чтобы найти причины устойчивости растений к неблагоприятным факторам, таким, как экстремальные температуры, ультрафиолетовое и ионизирующее излучение, детергенты: ведь система окисления воды — наиболее уязвимое звено фотосинтетического аппарата.

Знание — это сила, точнее, новые возможности. Вдруг мы все же научимся делать углеводы прямо из воздуха, ничем при этом окружающую среду не травмируя? Так и проблемы с бензином можно будет решить, и голодающих накормить. Фантазии? Или пусть не очень близкая, но реальность?

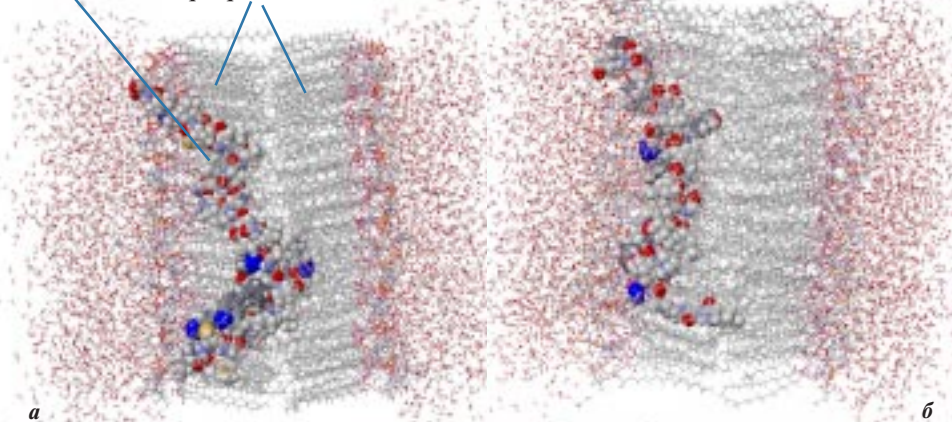
Загадки природы разгадывают математики

Совсем недавно главными орудиями биохимика были твердофазный пептидный синтезатор и аминокислотный анализатор. А ныне эти химические принадлежности потеснил компьютер: специалисты по биоинформатике создали настолько мощные программы для моделирования химических процессов и поведения сложных молекул, что большую часть реакций теперь можно проводить путем расчета. К реальному же эксперименту приступают тогда, когда все тупиковые направления отсеяны и перед глазами исследователя открывается прямой путь к заветной цели. Более того, благодаря фантастически выросшей за последние пятнадцать лет мощности компьютеров картинка на экране очень часто оказывается именно такой, какую ученый увидел бы, если б мог напрямую разглядывать реагирующие молекулы.

Именно такой подход применили ученые с биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и из Канзасского университета. Они хотят снять «молекулярное» кино и увидеть своими глазами, как молекула лекарства встречается с мишенью в организме человека или, например, с вредоносной бактерией.

Проблема, которую исследуют биологи, физики и математики под руководством доктора физико-математических наук К.В.Шайтана и доктора Пола Эдварда Смита, действительно очень интересна. Почему и каким образом различные молекулы, в том числе и заряженные, попадают внутрь живой клетки, если этому противоречит, казалось бы, сама природа этих молекул? Как взаимодействуют биологически активные вещества, в том числе и лекарства, с окружающей

Пептид
Мембрана из слоев
фосфолипидов



а

б

В зависимости от последовательности аминокислот, пептиды по-разному погружаются в мембрану. Хотя на все атомы пептида (а) сила действовала равномерно, в мембрану вдавилась лишь его центральная часть: мешают заряженные головки второго слоя липидов. Дальше он пройти не сможет. Пептид (б) погружается почти равномерно и подобным же образом выходит из мембраны. Маленькие молекулы на рисунках — это вода, которая образует водное окружение мембраны

клетку мембраной? Будет ли проявлять активность, причем нужную, то или иное вещество?

Разумеется, в рамках одного проекта невозможно разработать молекулярные модели для всех лекарств и всех клеточных мембран. Поэтому авторы сознательно ограничили свой выбор. Из почти бесконечного разнообразия биологически активных соединений ученые остановились на сравнительно коротких, длиной до нескольких десятков аминокислотных остатков, пептидах, а в качестве модели клеточной мембраны использовали фосфолипидный бислой — потому что мембраны клеток состоят как раз из подобных структур.

«Взаимодействие пептидов с липидными мембранами проявляется во многих биологических процессах, — поясняет К.В.Шайтан. — Например, противомикробные пептиды (обычно электрически заряженные) присоединяются к мембранам микроорганизмов, повышают их проницаемость и тем самым убивают клетку. Другие пептиды уменьшают стабильность мембран, провоцируя их слияние. Третьи вообще малопонятным образом проникают внутрь клеток, преодолевая мембранный барьер. Таким образом экспериментально факт воздействия пептидов на мембраны клеток доказан, а вот механизм этого явления до сих пор окончательно не установлен».

Очевидно, что система пептид—вода—мембрана чрезвычайно сложна. Общий план действия коллектива ученых таков: сначала разработать модель липидного бислоя в водном окружении, затем изучить взаимодействие пептида и пептидных комплексов с поверхностью этой мембраны,

а потом выяснить, каким образом и под действием каких сил пептид может проникнуть внутрь. В результате авторы надеются научиться предсказывать, каким образом проникающая способность пептидов в липидные бислои зависит от аминокислотной последовательности и распределения зарядов вдоль нее.

Разумеется, критерием правильности модели будет практика — то есть физические величины, полученные для подобных систем уже не в компьютерном, а в лабораторном эксперименте. Оформить результаты авторы собираются в виде, конечно, таблиц, графиков (это уж как водится у ученых), но кроме того — в виде компьютерных фильмов.

Только персонажи этих фильмов — молекулы липидов, воды и пептида двигаться будут не по приказу режиссера-ученого, а сами по себе, в строгом соответствии с теми законами природы, знание которых использовали ученые при создании модели. И это их движение, будем надеяться, поможет понять механизмы взаимодействия различных веществ с клеточными мембранами, разгадать многие секреты в жизни клетки и создавать новые лекарства направленного действия. И не тратить время и силы на синтез десятков и сотен тысяч кандидатов в лекарства, из которых эффективными будут лишь единицы.

Химеры на компьютере

Другой метод из арсенала биоинформатики решили применить ученые из НИИ биомедицинской химии РАН им. В.Н.Ореховича во главе с кандидатом биологических наук А.В.Лиси-

цей и их коллеги из университета Вандербильда во главе с доктором Ларисой Подуст. Их цель — создание химерных белков семейства цитохромов P450.

Эти вещества есть в каждой клетке любого организма, и выполняют они чрезвычайно важную роль: именно при их участии происходит окисление поступающих в клетку веществ. Где окисление, там и избавление от ненужных, порой чужеродных, соединений. Такой работой как раз и заняты цитохромы семейства P450, которые расположены в мембране клетки. Например, у кролика они находятся в клетках печени и разлагают многие опасные вещества. А вот у возбудителя туберкулеза, палочки Коха, аналогичный цитохром разлагает только стероидные гормоны. Считается, что именно он был предком всего этого семейства ферментов, но при переходе в процессе эволюции от одноклеточных к многоклеточным организмам его строение усложнилось, а спектр действия — расширился.

С одной стороны, это хорошо, а с другой — не очень. Ведь биотехнологу гораздо приятнее иметь дело с одноклеточными бактериями, чем с многоклеточными кроликами: и размножаются бактерии быстро, и кормить их надо меньше, и защитники прав животных не одолевают. Поэтому возникает мысль: а вот бы создать белок, чтобы работал он так же, как у кролика, а синтезировать его могла бы трансгенная кишечная палочка. Тогда бы удалось получать много белка и использовать его, например, для испытаний новых лекарств: ведь это тоже чужеродные для организма соединения, и от того, быстро ли они разрушаются, во многом зависит эффект лечения. Прямо заставить микроб синтезировать фермент млекопитающего не удастся, поэтому ученые идут на хитрость: меняют в белке бактерии некоторые фрагменты на похожие фрагменты белка того же кролика и получают так называемый химерный белок. И главный вопрос: что на что надо менять?

«Примерно три года назад мы выдвинули гипотезу о том, что ведущую роль в структуре и организации цитохромов и их взаимодействии с вредными веществами играют мотивы, то есть определенные пространственные конфигурации отдельных фрагментов длинной молекулы, — говорит А.В.Лисица. — Именно их мы будем определять на первом этапе работы. Затем с помощью компьютера станем заменять одни мотивы на другие, и расчет трехмерных структур позволит отобрать такие химерные белки, которые примут нужную форму, а не останут-

ся после синтеза длинными, никому не нужными цепочками. Дальше к работе приступит нейрокомпьютер».

Это модное слово обозначает программу, построенную по принципу мозга человека, то есть состоящую из сети виртуальных нейронов. Такая сеть способна накапливать информацию и обучаться. На примере известных реакций цитохромов палочки Коха и клетки кролика сеть обучат, как надо связывать молекулу исходного фермента с различными веществами. А потом ей дадут задание найти вещества, с которыми лучше всего свяжется химерный белок. Работа будет считаться успешной, если удастся найти такие белки на основе цитохрома палочки Коха, которые станут вести себя так же, как фермент кролика. И уж затем начнется работа с живым материалом.

«Современные методы генетики позволяют достаточно легко создать трансгенный организм, который станет синтезировать белок нужного строения, — говорит А.В.Лисица. — Необходимые препараты сделают и передадут нам американские коллеги, а мы в России будем клонировать микроорганизмы, очищать выработанные ими белки и с помощью американских реагентов проверять их активность. Если все сложится удачно, химерные белки будут отправлены в университет Вандербильда, где их закристаллизуют, а затем проведут исследование структуры. В этих опытах будет участвовать один из наших студентов, который поедет в США для обучения методам белковой кристаллографии. Разработанную же в ходе работы статистическую модель можно будет использовать и для рационального построения других белков с новыми или улучшенными свойствами».

Охота на белок Каицо

Работать с химерным белком предполагают и ученые из Центра «Биоинженерия» РАН и университета Йешива. Цель у них иная — подобраться к терапии рака кишечника. Химерным же они хотят сделать один из ключевых белков, который отвечает за злокачественное перерождение клетки. Этот белок называется Каицо; он связывается с определенным метилированным участком ДНК и подавляет работу генов, которые должны сдерживать развитие рака.

Биохимики во главе с кандидатом биологических наук А.Г.Прохорчук и доктором Ари Мелником измерили уровень экспрессии гена белка Каицо в клетках опухолей кишечника у лабораторных мышей и таких же опухолей у людей. Он оказался в десятки раз

выше, чем в здоровых органах и тканях. Затем они получили мышей, у которых путем генетических манипуляций удалили ген, кодирующий белок Каицо (их назвали «Каицо-нулевыми» мышами). Внешне эти мыши не отличались от обычных, но исследование показало, что они устойчивы к раку. Такую же устойчивость к раку приобретали мыши, у которых другими методами подавляли метилирование ДНК.

Далее ученые скрестили Каицо-нулевых мышей с мышами, которые склонны к образованию полипов в кишечнике и поэтому служат моделью этого заболевания. Оказалось, что у потомства срок жизни в отсутствие гена Каицо увеличивается из-за замедления роста полипов в кишечнике. В дальнейшем биологи собираются работать на генетических линиях мышей, которые представляют собой модели разных типов рака. Скрестив с этими линиями Каицо-нулевых мышей, они будут оценивать устойчивость к раку и продолжительность жизни потомства.

Поскольку содержание белка Каицо в клетках большинства опухолей человека гораздо выше, чем в здоровых тканях, то его, возможно, удастся использовать для ранней диагностики рака. Современные молекулярные методы позволяют проанализировать экспрессию десятков генов в подозрительной ткани и сравнить полученную картину с генным портретом нормальных клеток. Конечно же

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ген Каицо не единственный, который можно использовать для таких диагностикомов. Опухоль представляет собой очень неоднородную и весьма динамическую систему, и для ее характеристики требуется знание тысяч генов, входящих в генный портрет живого существа. Однако ген Каицо наряду с другими ключевыми генами (в составе минимального набора из десяти, быть может, тридцати генов) может послужить маркером и указать на характеристики опухоли. Это сэкономит и средства, и время, избавив от необходимости анализировать весь геном пациента.

Химерный же белок Каицо должен играть в клетках опухоли роль, прямо противоположную той, что играет обычный, то есть не подавлять, а усиливать работу генов-супрессоров рака. «Хотя здесь, — объясняет А.Г.Прохорчук, — скрываются подводные камни. Нужно заставить химерный Каицо действовать только во благо, то есть активировать только гены-супрессоры рака, но не остальные метилированные последовательности ДНК. Над этим мы сейчас и работаем в Центре «Биоинженерия» совместно с американскими коллегами». Международные контакты позволяют получить модельных «раковых» животных из американской лаборатории.

Справка

Американский Фонд гражданских исследований и развития (АФГИР/CRDF) был основан правительством США 11 августа 1995 года как частная благотворительная организация для поддержки ученых и инженеров в государствах бывшего СССР. Фонд ставит своей задачей привлечение исследователей из бывшего Советского Союза к участию в совместных с американскими коллегами проектах, а финансируют его деятельность как правительственные, так и частные источники.

Федеральное агентство по науке и инновациям (Роснаука) основано 16 июня 2004 года и занимается реализацией государственной политики в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности. В частности, агентство в установленном порядке проводит конкурсы и заключает государственные контракты, организует разработку прогнозов развития научной, научно-технической и инновационной сферы, рынков наукоемкой продукции и услуг, экспертизу и подготовку заключений по проектам федеральных целевых программ, ведет единый реестр результатов открытых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета.





Чуть больше года назад («Химия и жизнь», 2005, №6) мы публиковали рассуждение о том, что искусственный интеллект уже создан. Это — всемирная компьютерная Сеть. Вот два рассуждения, которые продолжают эту тему. На сей раз речь идет о совместной эволюции человека и Сети. Кстати, один раз об изменениях в строении человека в связи с компьютерными технологиями мы тоже писали (см. «Химия и жизнь», 2005, №7).

Компьютерная коэволюция

С. В. Соловьев,

Тулузский университет

Если черпать информацию из новостей, вирусы могут показаться одной из центральных, а главное, самостоятельных проблем в области компьютерных сетей и сетевых информационных технологий. В действительности, однако, это часть гораздо более серьезной проблемы — взаимодействия человечества с им самим созданным искусственным окружением. Сделав такой кивок в сторону глобально-философской постановки проблемы, ограничимся все же более конкретной ее формой — проблемой взаимодействия человека с его созданиями — с компьютерно-информационными сетями.

В околонульном фольклоре бытует не лишнее остроумное замечание, что в области искусственного интеллекта самым высоким достижением служит создание компьютерных вирусов, и, следовательно, от искусственного интеллекта нас отделяет не меньшая дистанция, чем от вируса до разумного существа. Как и

многие другие иронические высказывания, оно содержит лишь долю истины.

Аналогия между компьютерными вирусами и вирусами в биологии — отнюдь не пустой звук. И те и другие функционируют как паразиты гораздо более сложно устроенных систем. И те и другие не могут самостоятельно размножаться, нуждаясь в посредничестве системы-хозяина. Наконец, компьютерные вирусы, подобно вирусам, паразитирующим на живых организмах, не способны к самостоятельной эволюции, но участвуют в коэволюции — их изменения главным образом вызваны взаимодействием с системой-хозяином, в том числе развитием средств защиты. В свой черед меняющиеся вирусы влияют на эволюцию «хозяина». Верно и то, что создание компьютерных вирусов ознаменовало некоторый этап на очень длинной дороге — пути к созданию искусственной жизни, и помогло лучше понять кое-какие биологические механизмы.

Принципиальное отличие заключается в том, что у компьютерных вирусов есть Творец — человек, который создал как

самих вирусов, так и среду их обитания: компьютерные сети и другие информационные системы, например сети мобильных телефонов. Ныне эти информационные сети теснейшим образом связаны с функционированием самого общества и влияют на основные направления его развития.

Жизнь в Сети

Нет необходимости далеко ходить за примерами. Мой сын играет в коллективную компьютерную игру. Его партнеры разбросаны по всем часовым поясам — от Японии, Новой Зеландии и Австралии до Гавайских островов. Каждый из них, может быть, и не прочь поменьше конфликтовать с родителями и играть в более или менее разумное время — скажем, вечером, с восьми до одиннадцати. Но в силу компьютерной глобализации оно для всех разное! Его новозеландский партнер отправляет космический флот в восемь вечера — у нас утро. Американец садится за компьютер — у нас два или три ночи. Фактически глобальность Сети уже влияет на распределение времени и интересы участников, а через это на все остальные аспекты их социальной жизни.

Яркий пример социальной коэволюции демонстрируют программисты. Огромная разбросанная по всему миру, но близкая по интересам и связанная тесными контактами толпа хакеров придумывает ком-



РАЗМЫШЛЕНИЯ

пьютерные вирусы и занимается другими видами атак на защищенные системы. Толпа специалистов (некоторые из них продолжают активно «хаковать») создает антивирусы и обеспечивает компьютерную безопасность. Интересы, жизненные задачи, распределение времени и тех и других в значительной мере зависят друг от друга, а воедино они связаны компьютерной сетью, которая тоже эволюционирует в результате их работы.

Интересен, но малоизучен вопрос о гибридных человеко-машинных системах, возникающих благодаря развитию Интернета. Имеющиеся данные носят до смешного локальный характер: в основном они касаются целенаправленно создаваемых систем подобного рода — скажем, различных видов компьютеризированных профессиональных рабочих мест, помощи инвалидам. Но есть системы, которые развиваются спонтанно. Это интернет-аукционы, группы по интересам, например вокруг интернетовских азартных игр, тематических дискуссионных страниц или обмена музыкальными файлами. Возможно, требуется некоторая аргументация в пользу того, что эти сообщества можно назвать гибридными. Несомненно следующее. Во-первых, глобальная Сеть создала условия для их возникновения. Во-вторых, ни сетевая, ни социальная составляющая подобной системы не может длительное время существовать независимо. Сетевая постепенно (или сразу) угаснет, а социальная

просто перестанет быть организованной группой, лишившись связи с Интернетом. В-третьих, система в целом демонстрирует инстинкт самосохранения, притягивая людские усилия по своему поддержанию. Особенно это бросается в глаза, если система требует денежных вложений со стороны участников, а прекращение ее существования грозит безвозвратной их потерей, например в случае интернетовских банков или биржи. Виртуальные деньги, имеющие хождение в некоторых компьютерных играх, конвертируются в настоящие! Но зачастую достаточно и бескорыстного игрового азарта.

В область компьютерной козволюции попадают, таким образом, не только отдельные люди, но и экономика, и социальная жизнь. Разумеется, требования «человеческой составляющей» сильнейшим образом влияют на приоритетные разработки в компьютерной области. Скажем, популярность цифровой фотографии или обмена музыкальными файлами порождает гонку по наращиванию пропускной способности каналов связи. Нет нужды развивать здесь эту аргументацию дальше. Главное — понять, насколько слабо исследованы многие важные аспекты этой проблематики.

Ограничения виртуала

Наконец, развитие компьютерных технологий все чаще приводит к вторжению в опасную область биологической эволюции. Обычно при этом говорят о расширении человеческих возможностей, или восстановлении утраченного, например помощи инвалидам. На деле ситуация сложнее. Нередко для успеха новой технологии требуется скорее ограничение человеческих возможностей.

Сколько написано об удивительных «виртуальных мирах», в которых путешествуют (или, во всяком случае, скоро будут путешествовать) интернавты! Для более быстрой человеко-машинной коммуникации сетевые сигналы им станут передавать прямо в мозг, через вживленные в организм специальные разъемы. Виртуальная реальность станет чувственно неотличима от обычной, а своим невероятным разнообразием с легкостью превзойдет ее.

Однако есть простые, но весьма фундаментальные ограничения, мешающие создать компьютерную виртуальную реальность, качество которой приближается к «качеству» реальности обыкновенной. Дело в том, что обыкновенная реальность в некотором смысле сама вычисляет себя в каждой точке, в то время как виртуальную реальность компьютеры должны обеспечивать своей бесперебойной работой.

При всей банальности этого замечания у него есть много интересных следствий. В частности, всякая «степень свободы» пользователя оказывается чрез-

вычайно дорогостоящей для вычислительных возможностей компьютеров. Например, изменение направления взгляда или глубины фокусировки зрения не требует от обыкновенной реальности никаких новых расчетов — все, что происходит, связано лишь с небольшими движениями глаз, все остальные компоненты — предметы, атмосфера, источники света, световые лучи — продолжают «вычислять себя» как раньше. В виртуальной реальности потребуются полный пересчет передаваемого пользователю изображения как функции все тех же незначительных движений глаз.

Если пользователь в виртуальной реальности закричал, находясь, скажем, в виртуальных горах, компьютер должен создать сигнал, имитирующий правдоподобное эхо. Если он решил принять виртуальный яд, необходимо симитировать действие яда — а оно вообще-то очень индивидуально, некоторая свобода ведь существует и на клеточном уровне. С еще большими трудностями сталкивается правдоподобная имитация движения и эффектов меняющегося ускорения (крайний случай, вообще не поддающийся имитации при нормальном состоянии нервной системы, — невесомость).

Простейший способ борьбы со всеми этими трудностями — ограничение свободы. Интернавт не должен как попало крутить головой и вертеть глазами. Пусть лучше носит специальный шлем или маску. Виртуальные миры кишат коридорами (направляющими движение), транспортными средствами, которые тоже перемещаются отнюдь не в произвольных направлениях: в крайнем случае там есть разветвления или двери (дабы ограничить небольшим списком вариантов выбор направления).

Вживляемые чипы, которые якобы разрабатываются для помощи больным и инвалидам, открывают почти неограниченные возможности для манипуляции, поскольку в большинстве случаев их можно контролировать извне, а лечебные воздействия на организм заменять какими-нибудь другими. (Недавно в Интернете прошла информация о японских разработках, позволяющих влиять на направление движения людей за счет воздействия на их органы равновесия.)

Разрабатываются «биологические чипы», где молекулы ДНК или РНК, носители клеточной информации, отдельные клетки или целые культуры клеток работают в сочетании с электронными схемами. Когда подобные исследования подойдут к этапу создания возможных применений в медицине, может оказаться, что для вживления таких био-электронных устройств понадобится подавление каких-то форм иммунитета. То есть мы опять подошли вплотную к «играм» на грани биологической эволюции.

Автор вовсе не присоединяется здесь к параноидальным теориям мирового за-

говора — как «черное», так и «белое» мифотворчество вредит пониманию, а мы ни в чем другом так не нуждаемся, как в понимании происходящего вокруг нас и с нами самими. Хочется добавить — в понимании научном: наука, пожалуй, единственная область познавательной деятельности, где еще иногда встречается стремление к истине, не замутненное посторонними мотивами.

Понять, кто мы будем

Взаимодействие человечества с им самим созданным окружением влияло на социальную, а также биологическую эволюцию и раньше. Просто с развитием компьютерных сетей эта коэволюция стала быстрее, гибче и, пожалуй, причудливее.

Очевидно, что развитие сельского хозяйства — возделывание съедобных растений, одомашнивание животных — сказывалось на природном окружении (см. «Химию и жизнь», 2001, №2), приводило к возникновению определенных социальных структур, способствовало распространению носителей одних и исчезновению носителей других наследственных признаков, например связанных с функционированием пищеварительного тракта. Развитие медицины, которая занимает важнейшее место в нашей повседневной жизни, повлияло на детскую смертность, возрастной профиль общества и на возможность передачи тех или иных наследственных признаков потомству.

Возникновение устойчивых взаимосвязей между человеком и его окружением, позволяющих всерьез говорить о коэволюции, требовало, однако, немало времени. Компьютерные сети отличаются куда большей «отзывчивостью». Благодаря постоянному взаимодействию с пользователями сетевые структуры испытывают давление отбора. Идет соревнование между поисковыми системами, такими, как Google или Yahoo. Интернет-аукционы, системы интернет-торговли борются за клиентов и против хакеров. Иногда в результате отбора из этих исчезающих, возникающих, эволюционирующих интернет-структур выделяются наиболее жизнеспособные, и тогда уже пользователи начинают остро чувствовать давление отбора, потому что их профессиональная пригодность, место в обществе, даже привлекательность как партнеров попадают в зависимость от умения пользоваться Интернетом в ключевых его проявлениях.

Завязывается один, другой, третий узелок, и начинают тянуться нити коэволюции. Легко наблюдаемые, видимые проявления питаются невидимыми, с трудом поддающимися изучению, подобно тому, как плодовое тело гриба вырастает из скрытой в земле грибницы.

Виртуальные грабли WWW

Ю.С.Хохлачев

На наших глазах в развитии внешнего генома, то есть той части наследственной информации, которая хранится не в ДНК, а в оперативной памяти и на различного рода носителях: от книг до самых современных электронных устройств (см. «Химию и жизнь», 2006, №2), произошел качественный скачок, сравнимый по значимости с появлением у *Homo sapiens* речи, письменности, а также средств массовой информации. Такой вывод следует из очевидного многократного ускорения обмена единицами информации в сообщениях, связанных с Интернетом. Наличие в этой системе неконтролируемых обратных связей еще более приблизило свойства возникающих в Сети виртуальных сообществ к свойствам естественных.

Исследователи Интернета часто обращают внимание на убогость значительной части циркулирующего контента, а также на низкий культурный уровень участников большинства чатов и форумов. Кроме того, новая среда позволила массово проявиться таким качествам *Homo sapiens*, которые в обычных сообществах более или менее эффективно подавляются как безнравственные: сам факт существования вирусов, червей, троянов и прочей нечисти в количестве около 200 000 разновидностей наглядно свидетельствует о величине и потенциале вредоносной энергии *Homo computerius*. Развлечение одной из разновидностей этого подвида, *Homo gamius* — уничтожение виртуальных врагов в количествах, которые можно оценить, только используя приставку «мега», — выглядят безобиднее забав хакеров с вирусами. Выходя в Сеть, одни геймеры продолжает любимое занятие в сетевых играх, другие — выискивая и уничтожая более реальных противников. И это естественно; это их среда, их любимое занятие, здесь они специалисты и профессионалы. Речь идет не только о развитии массового киберспорта, но и об успешном создании киберспорта профессионального, позволяющего таким способом зарабатывать на существование. Какая обнадеживающая перспектива — создание професси-

ональной армии кибербоевиков (большинство игр в киберспорте — «стрелялки») с соответствующим психологическим настроем!

Однако тот же вирусписатель в обычной жизни — если не добропорядочный, то, по крайней мере, достаточно законопослушный гражданин, что и позволяет ему сидеть за компьютером, а не за решеткой. Что же заставляет неглупых в большинстве людей тратить невероятное количество энергии на разрушение среды, которая для многих из них — источник заработка, информации, развлечения? Психологи говорят о патологической самореализации, о геростратовом комплексе, о склонности к актам вандализма или хулиганству. Попробуем взглянуть на ситуацию с точки зрения закономерностей развития внешнего генома как активной среды.

Программирование — весьма сложная область человеческой деятельности. Она требует серьезных интеллектуальных усилий. Программы, которыми пользуются обладатели компьютеров, представляют собой труд сотен и тысяч программистов. Труд, вызывающий чувство уважения, а иногда — искреннего восхищения. Развитие способностей в этой области происходит разными путями. Один из них — компьютерные игры. Ничего плохого, разумеется, в этом нет. Наоборот: учиться, играя, — это наиболее эффективный метод. Неприятности начинаются с момента, когда игра, становясь самоцелью, препятствует восприятию других частей внешнего генома: общекультурной и практической. Нарушение этого баланса приводит к появлению малокультурных и часто беспомощных в реальной жизни индивидов, имеющих в то же время большой опыт решения всякого рода головоломок, частный случай которых — компьютерные коды.

Понятно, что все вредоносные действия, проявляющиеся в Сети, никак нельзя считать только следствием немотивированной агрессивности. Причина совершения достаточно многих вредоносных действий — осознанное желание получить ту или иную выгоду. Это спам — дитя коммерции, промышленный или обычный шпионаж, а также банальное воровство, но через Сеть. Всё это свидетельствует о том, что интернет-общества во многом походят на обычные.



Однако новая WWW-среда, позволяет сегодня массово проявиться таким «ценностям», с которыми в обычном сообществе борются с помощью правоохранительных органов.

Дело — во все тех же граблях, на этот раз — виртуальных, на которые любознательное человечество обречено, видимо, наступать снова и снова, нарушая основные законы собственного развития. Из биологии известно, что в любой среде выживают наиболее к ней приспособленные. Впервые в истории человечества появилась среда, где явное преимущество имеют люди с повышенным интеллектом. Однако итоговый неутешительный результат — яркое свидетельство того, что без социальных регуляторов один высокий интеллект не может обеспечить нормальное существование сообществ.

В статье «Между мозгом и сознанием» (см. «Химию и жизнь», 2006, №4) член-корреспондент РАН С.В.Медведев пришел к выводу, что истинной причиной распада СССР был «антибиологический курс» руководства страны, при котором «идеология шла вразрез с основными биологическими инстинктами среднего человека».

В одной из книг известного специалиста в области психологии В.Леви описан интереснейший эксперимент. Испытуемым в состоянии гипноза давали задание представить квадратный круг. Те и представляли, о чем докладывали экспериментатору. Далее следовало задание нарисовать представленную фигуру, после чего наблюдалась реакция, аналогичная «зависанию» компьютера. Значительная часть предпринятых до настоящего времени усилий по регулированию общественного устройства на всех уровнях очень похожа на создание «квадратного круга» с последующим «зависанием» преимущественно с драматическим исходом. Чтобы прекратить это созидание «квадратных кругов», нужно в конце концов признать, что закономерности развития сообществ, открытые Кантом, так же невозможно безнаказанно проигнорировать, как и законы физики.

Процессы образования и развития иерархических структур в сообществах и животных и людей исследованы достаточно подробно. Известно, что в тех сообществах, которые находятся на ранней стадии развития, для успешного продвижения к вершине иерархической пирами-

ды особь должна быть агрессивной. Ответная агрессивность служит как средством сохранения достигнутого положения, так и средством защиты. Развитие механизмов гражданского общежития постепенно уменьшает роль агрессивности. Совсем иная ситуация возникает при революционном изменении сложившегося социального порядка: здесь значение фактора агрессивности растет в явной зависимости от степени разрушения действовавших социальных структур. Причем нелинейно. Именно по такому сценарию происходили основные трагические события XX века. Факты свидетельствуют, что в аутогеноциде, происходившем в России, Китае и Камбодже кроме репрессивных структур участвовало также огромное количество добровольцев, в результате чего этот аутогеноцид в значительной мере и был возможен.

Но вернемся к WWW. Всемирная сеть сделала возможным образование самых разных сообществ под хорошо знакомым лозунгом «Свобода, равенство, братство», но в виртуальном, разумеется, смысле. Причем сама возможность контроля и регулирования деятельности этих сообществ исключалась как недопустимое посягательство на частную жизнь. Грабли же — в «антибиологичности» этой структуры. Объединение особей одного вида в некую новую систему невозможно без использования социальных регуляторов, которые задают начальное условие, а именно стремление к созданию иерархических структур. И только длительное развитие этих структур в человеческих сообществах порождает более совершенные механизмы регулирования общественных отношений.

Сеть FIDONET, созданная в 1984 году и здравствующая поныне, с самого начала строилась с учетом этого фактора (то есть на основе иерархической структуры) с обязательной регистрацией и идентификацией новых членов. Результат — миниатюризация в этой сети всякой вредоносной деятельности. Структура FIDONET делает такие попытки весьма затруднительными, а ее идеология — по меньшей мере неэтичными. WWW по понятным причинам в принципе невозможно построить по иерархической схеме, подобной FIDONET. Тем не менее решение для данного случая известно давно. Более того — это решение эволюционно неизбежно. Создание

развитых виртуальных сообществ сделало неотвратимым появление виртуального гражданского общежития с виртуальной властью и виртуальным же правосудием, а также со всеми присущими этому общежитию недостатками. В качестве виртуальной тюрьмы здесь будет выступать простое исключение из сообщества (если, конечно, не нанесен материальный ущерб). Первые шаги в этом направлении уже предпринимаются: например, запрет на получение почты от замеченных в спаме серверов. Главная же мера: обязательная регистрация и идентификация членов виртуальных сообществ. Шаг весьма непопулярный, но альтернатива — предсказываемый специалистами «аутогеноцид» WWW.

После идентификации участников виртуальные сообщества станут частью обычных сообществ с уже установившейся структурой, что должно пресечь большую часть вредоносной деятельности. Именно это и произошло в системе сотовой связи, где с исчезновением анонимности практически исчезло и телефонное хулиганство.

С точки зрения информационно-эволюционного подхода WWW — зеркало и полигон цивилизации. Виртуальность WWW позволяет в значительной мере преодолеть инерционность, присущую процессам социального развития обычных сообществ, а также усилить обратные связи между внешним геномом и сообществами. Глобальность WWW делает ее идеальной средой для ускоренного развития внешнего генома и, через обратные связи, — сообществ, что не может не повлиять на процессы развития цивилизации. WWW — практически идеальный социологический индикатор. Именно в этой невероятно быстро развивающейся среде наглядно проявляются закономерности развития внешнего генома, а также последствия нарушения закономерностей развития сообществ.

Имеющий глаза — да увидит!



Бессмертие под газом

Инженер-исследователь
П.В.Щербаков,
доктор медицинских наук
В.И.Тельпухов,
Московская медицинская
академия им. И.М.Сеченова

В 1701 году голландский ученый-самоучка А. ван Левенгук случайно обнаружил, что микроскопические черви — красные коловратки способны возвращаться к активной жизнедеятельности после высушивания. С тех пор вот уже свыше 300 лет научный мир спорит, возможно ли перевести человека в состояние скрытой жизни и обратно. Борьба шла с переменным успехом, побеждала то одна, то другая точка зрения.

В 1766 году англичанин Дж. Хантер выдвинул странную идею: «Если бы человек захотел посвятить последние десять лет своей жизни чередованию сна и активности, то его жизнь могла бы продлиться до тысячи лет — при размораживании через каждые сто лет на один год он мог бы узнавать, что произошло за то время, когда он был безжизненной ледяной сосулькой». С современной биохимической точки зрения эта идея не так уж нелепа. При охлаждении скорость почти всех химических реакций резко снижается (примерно в два-три раза на каждые 10°C), уменьшается также интенсивность обмена веществ. А при замораживании организма метаболизм стремится к полной остановке. Если нет химических и биохимических реакций, можно ожидать, что не будет и распада молекул, клеток, тканей, всего организма — биологическое время приостановится, и старость отступит. Так Хантер, сам того не ведая, задал основное направление консервации живых объектов — их замораживание. Именно оно, а не высушивание через много лет после его смерти стало главным в работе биологов и врачей.

Однако на пути к вечности стоит известный еще со школьной скамьи фазовый переход «вода-лед». Всеми живому он несет разрушение и смерть. Организмы в основе своей состоят из воды, а она, замерзая, увеличивается в объеме почти на 10%. При этом образуются и растут кристаллы обычного льда. Их острые края врезаются в клеточные структуры, необратимо их повреждая. Кроме того, при замерзании воды концентрируется внутриклеточное содержимое, в том числе и соли. По этой при-

чине изменяется физико-химическое окружение макромолекул, в том числе белков, и они денатурируют — это второй по значимости повреждающий фактор после механического.

И все же эта преграда не абсолютна. В природе многие растения и животные, вмерзающие в ил или в лед, остаются живы. Способность выживать после охлаждения до ледяного состояния — это выработанный в ходе эволюции механизм, позволяющий сохранять жизнь в неблагоприятных сезонных условиях.

В 1891 году немецкий ученый В.Прейер предложил называть обратимую остановку жизни термином «анабиоз» (от греческого *ана* — обратно и *биос* — жизнь, то есть возвращение к жизни, оживление). Это понятие охватывает следующие состояния: анабиоз при высушивании (с ним тесно связан осмотический анабиоз) и при замерзании (криоанабиоз, от греческого *кρυος* — холод). В 2003 году был признан также химический анабиоз, открытый В.Д.Розвадовским и его соавторами.

Сбудется ли пророчество Хантера?

В 1897 году русский физик-экспериментатор П.И.Бахметьев, заинтересовшись скрытой жизнью, выступил с грандиозными планами во что бы то ни стало добиться анабиотического состояния у человека. И уже в 1912 году он начал работать с млекопитающими. Бахметьев провел успешные опыты с летучими мышами: охлаждал их до - 4°C, потом согревал и убеждался, что зверьки оставались живы. К сожалению, в 1913 году он скончался. Тогда же, в 1912 году, русский ботаник Н.А.Максимов впервые в мире открыл криозащитное действие глицерина на растительные ткани. Как жаль, что не пересеклись многообещающие научные пути этих двух замечательных ученых!

Вещества, предохраняющие клетки от разрушения льдом, называются криопротекторами. Сотни таких соединений найдены в природе или синтезированы химиками. Стало ясно, что

все живое, без вреда для себя вмерзающее в лед, спасается благодаря тому, что перед наступлением холодов накапливает криопротекторы. Эти вещества не исключают внутриклеточное образование льда, но они, связывая воду, делают рост кристаллов льда безопасным и сводят повреждение к минимуму.

В 1937 году на криозащитные свойства глицерина обратили внимание А.Д.Бернштейн и В.И.Петропавловский, применив его для замораживания до - 21°C спермы сельскохозяйственных животных. Дж.Ростан в 1946 году также обнаружил криопротекторное действие глицерина на клетки животных, продемонстрировав возможность хранения спермы лягушки при - 4-6°C в среде, содержащей 10-20% глицерина. В 1947 году советский исследователь И.И.Соколовская впервые в мире получила потомство от крольчихи после оплодотворения глубокозамороженной спермой.

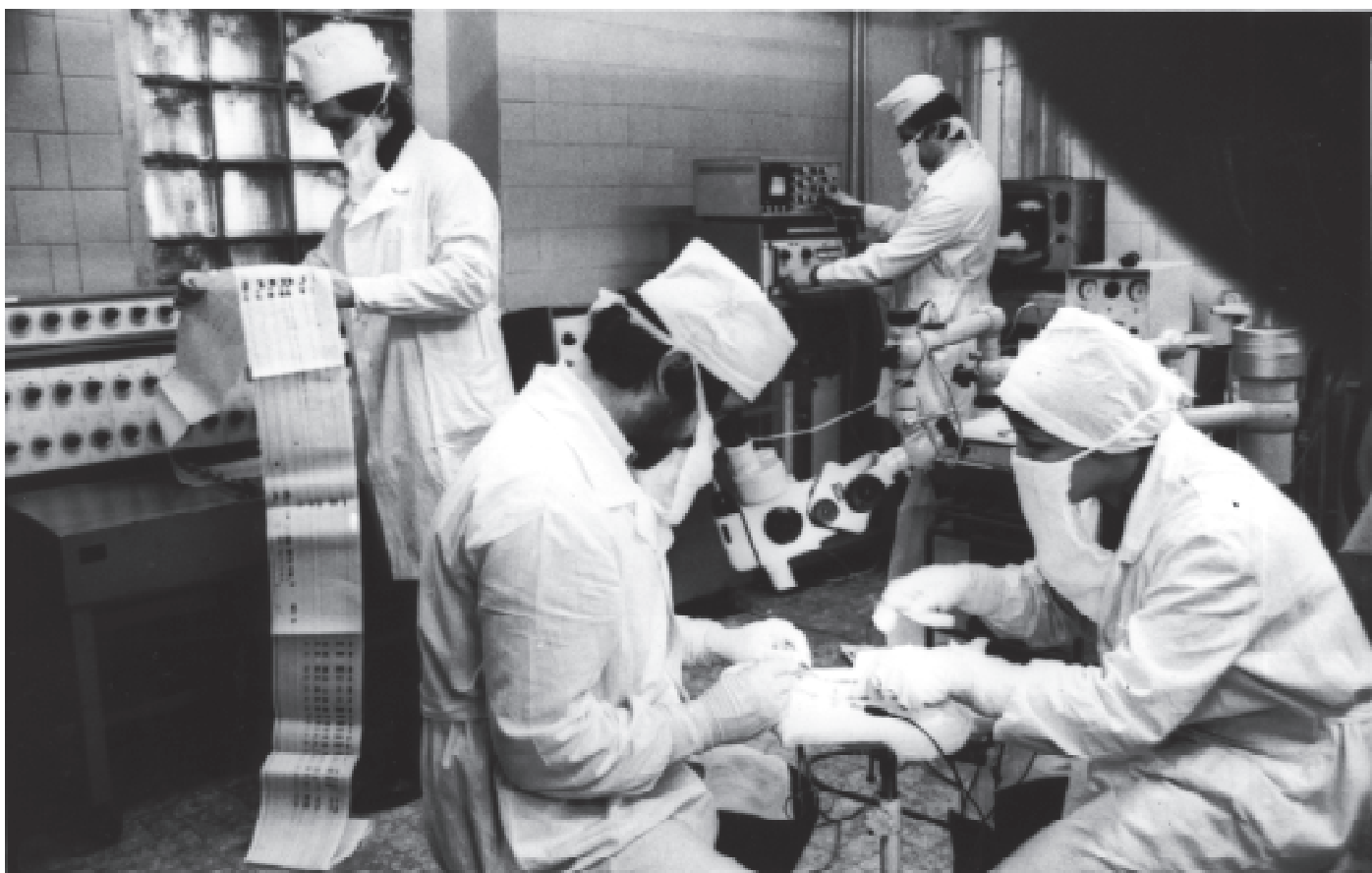
Но все эти сенсационные результаты остались незамеченными мировой наукой, и только удачные опыты по глубокому замораживанию спермиев петуха, проведенные и широко разрекламированные англичанами К.Полджем и О.Смитом в 1949 году, привлекли внимание ученых всего мира.

Эти и другие изыскания способов защиты биологических объектов от холодовых повреждений в конце концов сформировали новый раздел биологии — криобиологию, то есть науку о жизни при охлаждении.

Постепенно энтузиасты этой науки уверовали в окончательную победу над смертью. Появились даже проекты, развивающие идею Хантера, — как на основе замораживания организма сделать скачок к бессмертию.

Ледяная машина времени?

С 1964 года во всем мире обсуждается революционная идея — криоконсервация в жидком азоте тел умерших людей. Ее предложил американский физик Р.Эттингер. Изначально он ориентировался скорее на то, чтобы произвести сенсацию. Со временем его идея потеряла значительную



Группа академика АМН В.В.Кованова во время эксперимента (слева направо): И.А.Башилов, П.В.Щербakov, С.О.Тренин, Н.И.Иванова



часть сторонников, но их поредевшая армия по-прежнему настойчиво предлагает сохранять покойников с помощью холода — чтобы в будущем их оживили наши всемогущие потомки. Неисправимые оптимисты считают, что бурно развивающаяся цивилизация достигнет к тому времени такого высокого уровня, что подобная фантастическая манипуляция станет реальностью.

Свой вклад в это начинание внес известный писатель-фантаст А.Кларк. Будучи приверженцем идей Эттинджера, он предложил сохранять тела людей более дешевым способом — в бескрайних ледяных просторах Антарктиды.

Однако все такие проекты оказались обычной авантюрой: как станет ясно чуть ниже, они не имеют под собой ни теоретической, ни практической основы. К сожалению, и в том, и в другом случае — это всего лишь очень дорогая, весьма экзотическая похоронная услуга!

Утраченные надежды

В криобиологической практике объекты переводят в анабиоз, сохраняют их в нем и возвращают к активной жизнедеятельности при помощи двух основных методов.

Во-первых, это сверхбыстрое охлаждение для превращения внутриклеточной воды в стеклообразный, аморфный

лед, неопасный для клеточных структур. (Такой процесс называют витрификацией.) Для расконсервации объект очень быстро согревают, чтобы перевести воду из твердого аморфного состояния сразу в жидкое, не давая ей кристаллизоваться. Этот метод годится только тогда, когда объем образцов чрезвычайно мал (например, при введении очень мелких капель клеточной суспензии непосредственно в жидкий азот), а потому он не получил широкого распространения.

Во-вторых, применение жидких криозащитных сред, включающих водные растворы криопротекторов (глицерина, диметилсульфоксида, этиленгликоля, пропиленгликоля и других). Эти среды обеспечивают так называемую мелкоструктурную кристаллизацию воды, при которой образуются мельчайшие, неопасные для клеток кристаллы льда обычного типа, переходящие в аморфное состояние при еще более низких температурах. Метод уже отработан для суспензий клеток.

Такую криоконсервацию замораживанием (обычно до температур жидкого азота) применяют повсеместно, в разных лабораториях и клиниках мира для эритроцитов, клеток кост-

ного мозга, сперматозоидов, эмбрионов и даже мелких фрагментов щитовидной и поджелудочной желез.

Но, несмотря на эти успехи, до сих пор никому не удается создать эффективную методику криоконсервации относительно крупных объектов (например, цельных органов животных и человека), при которой они оставались бы жизнеспособными. Что же тогда говорить о сохранении в замороженном состоянии целостного организма млекопитающего? Открытие все новых и новых жидких криопротекторов так и не привело к успеху, но исследования в этом направлении продолжают с упорством, достойным сожаления.

В чем причина неудач? В том, что криопротекторы неравномерно распределяются в объеме любого крупного биологического объекта и поэтому плохо защищают от повреждения его клетки при замораживании-оттаивании. Кроме того, в объекте создаются большие перепады температуры и давления, а наступающая кристаллизация воды распространяется от поверхности к центру неравномерно, что ведет к растрескиванию ранее заморозивших слоев и другим нарушениям.

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Разрешим ли назревший в криобиологии кризис? Есть ли у людей шанс когда-нибудь увидеть своих далеких потомков? Попытаемся ответить на эти вопросы.

Антарктический криостаз

Считается, что при замораживании свободная вода клеток иммобилизуется в виде обычного или стеклообразного льда, после чего она не может участвовать в биохимических взаимодействиях.

В научном мире утвердилось мнение, что долго хранить замороженные биологические объекты в жизнеспособном состоянии, то есть при полном анабиозе, возможно только при температуре не выше -196°C . Тогда практически вся вода в клетках переходит в твердое состояние, прекращаются ферментативная активность и процессы рекристаллизации.

Однако в окружающей природе не все подчинено этой доктрине. Так, в толще антарктических ледников и в погребенных почвах вечной мерзлоты найдены жизнеспособные микроорганизмы, несколько миллионов лет пребывавшие при температурах всего -55°C и выше. Эти факты нельзя объяснить с позиций общепринятых представлений об анабиозе. Не подходит и другое объяснение — что бактерии перешли к анабиозу в результате сочетания их высушивания и замораживания, когда воздушные потоки несли их в Антарктику. Потеряв воду на больших высотах в разреженной атмосфере Земли, при снижении они должны были снова накопить ее благодаря адсорбции из воздуха — у снежной поверхности ледового континента всегда есть достаточное для этого количество влаги. При последующей консервации микроорганизмов в условиях недостаточно низких температур она должна была приводить к распаду веществ в клетках. Но этого не происходит, поскольку действует еще один неучтенный фактор.

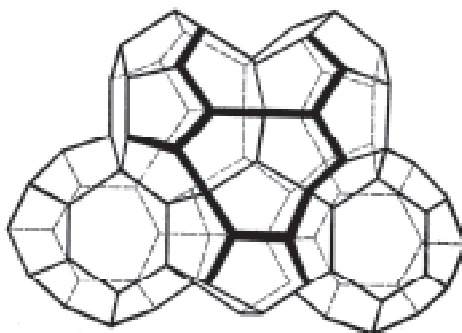
Вместо льда — гидраты газов

Группа академика АМН СССР В.В.Кованова при Всесоюзном научном центре хирургии (Москва) еще в конце 1980-х годов обнаружила и теоретически обосновала неизвестную ранее закономерность. Суть ее в том, что биологические объекты, насыщенные тяжелыми инертными газами — постоянными составляющими атмосферы (аргоном, криптоном, ксеноном) — в условиях низких температур и повышенного давления переходят к анабиозу. При этом вообще не нужны ника-

кие криозащитные среды. А в январе нынешнего года способ криоконсервации органов и тканей, основанный на этой находке, был зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ.

Явление, лежащее в основе данной закономерности, известно давно. Еще в 1896 году французский физик Р.Вайяр получил кристаллическое соединение аргона с водой состава $\text{Ar}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, напоминающее спрессованный снег. А в 1925 году Р.Фаркрану удалось синтезировать аналогичные соединения криптона и ксенона таким же способом — при контакте этих газов со льдом под давлением.

Многие газы, например азот и кислород, и жидкости могут образовывать гидраты. Они имеют кристаллическую структуру, соответственно I или II. В первом случае на 46 молекул воды имеется 6 полостей диаметром 0,59 нм и 2 полости диаметром 0,52 нм (рис. 1). Для структуры II на 136



1
Модель ячейки газового гидрата

молекул воды приходится 8 больших полостей диаметром 0,69 нм и 16 малых полостей диаметром 0,48 нм. Низкая температура и повышенное давление удерживают молекулы-гости внутри этих полостей. Эти вещества представляют собой так называемые клатратные соединения (от латинского *clatratus* — огороженный, замкнутый). Наиболее легкие газы (водород, гелий, неон), если они находятся в смеси с другими гидратообразующими газами, тоже могут занимать некоторое количество полостей в этих гидратах.

Гидраты $\text{Ar}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Kr}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Xe}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ образуются уже при действии соответствующих сжатых газов на охлажденную воду, и чем выше их молекулярные веса, тем они устойчивее.

В образовании гидратов может участвовать и клеточная вода, которая таким образом выводится из метаболизма.

Впервые к изучению клатратов инертных газов еще в 1936 году приступил советский химик Б.А.Никитин. В 1941 году другой наш ученый,

Н.В.Лазарев, предсказал наркотические свойства криптона и ксенона и показал, что при небольших давлениях в среде инертных газов задерживаются скисание молока и гниение мяса. А знаменитый американский ученый Л.Полинг в 1961 году разработал новую молекулярную теорию наркоза, предположив, что образующиеся в водной среде организма микрокристаллогидраты инертных газов тормозят не только биоэлектрическую активность, но и клеточный метаболизм. Эти наработки привлекли внимание биологов и врачей всего мира, в том числе и академика В.И.Шумакова. Возможность использовать инертные газы под давлением для консервации органов и тканей животных и человека при положительных температурах (для их последующей трансплантации) представлялась весьма заманчивой.

Микрофрагменты твердой фазы в виде клатратов газов, появляющиеся по всему объему консервируемого объекта, оказались неопасными для клеточных структур — по всей видимости, из-за того, что они более рыхлые, чем обычный лед, содержат сравнительно большие пустоты и легко вписываются во внутриклеточную архитектуру. К сожалению, добиться надежной и продолжительной консервации таким образом не удалось, поскольку клеточный метаболизм при температурах выше 0°C снижался недостаточно.

Как ни странно, до нас никто не проводил подобные исследования в диапазоне низких температур (от 0 до -196°C): вероятно, ученые опасались повреждения клеток. При этом было известно, что гидраты инертных газов стабильны только при двух условиях: отрицательных температурах и повышенном давлении.

Клатратный анабиоз

Как уже отмечалось, чтобы добиться настоящего, полного анабиоза с помощью холода, необходимо замораживание биологического объекта до температуры жидкого азота. Наш научный коллектив опроверг эту установку.

Теория клатратов позволяет объяснить, как микроорганизмы сохраняются в леднике Антарктиды и в вечной мерзлоте на протяжении многих миллионов лет при температуре -55°C и выше. Мы заметили, что распределение бактерий по горизонтам ледника, описанное С.С.Абызовым и его коллегами из Института микробиологии РАН в начале 1980-х годов, соответствует другому распределению — гидратов постоянных газовых компонен-



тов атмосферного воздуха. Так, С.Л.Миллер из Калифорнийского университета первым обнаружил во льду Антарктиды залежи гидратов газов и предложил для них термин «клатратный лед». Мы, в свою очередь, предположили, что составляющие воздуха (азот, кислород, аргон, криптон, ксенон) образуют микрокристаллогидраты и в бактериях. Они служат зародышами, инициирующими кристаллизацию значительной части клеточной воды, в обычных условиях не замерзающей при таких недостаточно низких температурах.

Эти наблюдения позволили нам сделать вывод, что клатратный анабиоз существует в природе и может проявляться при температурах значительно выше -196°C , в том числе и во льдах планеты. Идея Эттинджера становится вполне выполнимой, если использовать инертные газы. Стоит только восхищаться прозорливостью Артура Кларка, предложившего для криоконсервации ледяные поля Антарктиды! Открытие группы академика Кованова могло бы объединить эти два предложения и придать им необходимый импульс.

Теорией клатратов легко объясняются и другие, до сих пор малопонятные факты: наркотическое действие азота на организм человека при повышенном давлении (например, у водолазов) и длительные сроки надежного сохранения биологических объектов в условиях пониженных температур (несколько выше 0°C) в кислородной среде под давлением. Важно отметить, что все газовые гидраты имеют одинаковую кристаллическую решетку и, следовательно, физико-химические процессы в биологических объектах развиваются, по всей видимости, одинаково.

Обоснование бессмертия

Если животному вместе с вдыхаемым воздухом подавать инертные газы, то они с током крови легко достигают самых удаленных клеток организма, а благодаря хорошей диффузии легко проникают через их мембраны. Там инертные газы не подвергаются никакой биотрансформации, а когда надо, быстро выводятся из тела в неизменном виде через легкие. Организм остается насыщенным инертными газами до тех пор, пока они поступают в него.

Физиологически индифферентные инертные газы, как мы уже писали, обладают консервирующим действием под давлением уже при положительной температуре. Это объясняется образованием микрокристаллогидратов указанных газов, понижающих

клеточный метаболизм. При снятии давления газа в тканях организма сразу происходит диссоциация кристаллогидратов.

Образование кристаллогидратов инертных газов в биологическом объекте во многом сходно с процессами, наблюдаемыми в нем при замораживании, но микрофрагменты твердой фазы появляются одновременно по всему объему. Мы предполагаем, что от этих первоначально возникших мельчайших зародышей кристаллизация при дальнейшем охлаждении распространяется на остальную массу раствора.

А уже при низких температурах молекулы основных компонентов атмосферного воздуха (азота, кислорода, аргона, криптона, ксенона) образуют стабильное клатратное соединение, когда давление превышает некоторую критическую величину. Так, для получения при 0°C гидрата ксенона достаточно приложить давление 1,5 атм, для гидрата криптона – 14,5 атм, для гидрата аргона – 105 атм. Но уже при $-3,4^{\circ}\text{C}$ для кристаллогидрата ксенона, при $-27,8^{\circ}\text{C}$ для кристаллогидрата криптона, при $-42,8^{\circ}\text{C}$ для кристаллогидрата аргона давление диссоциации соответствует нормальному атмосферному. К сожалению, при отрицательных температурах и повышенном давлении системы, состоящие из воды, а также из трех и более газовых компонент (например, смеси из тяжелых инертных газов), физикохимиками не изучены.

Так, при очень низких температурах аргон, криптон, ксенон существуют в виде самостоятельных молекулярных кристаллов, по всей видимости неопасных для клеточных структур. Например, аргон замерзает при -189°C , образуя плотноупакованную кристаллическую структуру. Температура плавления криптона равна $-156,6^{\circ}\text{C}$, ксенона $-111,5^{\circ}\text{C}$. Из этого следует, что биологические объекты можно сохранять даже в открытом космосе. Известно, что клатраты различных газов могут существовать и там (в шапках Марса, кольце Сатурна, кометах и т. д.). При низких температурах инертные газы образуют и совместные

кристаллы. Кроме того, при температуре -160°C возникает стеклообразный лед, также неопасный для клеток.

Благодаря вышеперечисленным процессам в биологическом объекте происходит неупорядоченное кристаллообразование. По всей видимости, оно мешает правильному росту кристаллов обычного льда. И это, как показывает многолетняя криобиологическая практика, благотворно сказывается на жизнеспособности замораживаемых объектов.

При нагревании кристаллы аргона, криптона, ксенона распадаются, а при взаимодействии молекул тяжелых инертных газов со льдом образуются гидраты состава $\text{Ar}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Kr}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Xe}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, которые, в свою очередь, разлагаются при температуре выше критической для соответствующего соединения.

Кроме инертных газов для целей криоконсервации, по нашему мнению, представляют интерес и другие постоянные составляющие атмосферного воздуха, также способные к образованию клатратов, — кислород и азот. Но для образования стабильных клатратов этих газов необходимы значительно более высокие давления (наибольшее — для азота).

Особенно перспективен кислород. Заклучив его в клатраты под высоким давлением (сотни атмосфер) и при низких температурах (десятки градусов), затем можно снизить давление до нормального и хранить получившиеся кристаллы без всяких мер предосторожности при температуре около нуля. Экспериментально было доказано, что сотни атмосфер выдерживают многие животные и растения. А это значит, что перед криобиологией открываются широкие возможности — хранить биоматериалы, «обработанные» низкой температурой и высоким давлением, даже в леднике или в обычном бытовом холодильнике.

Мы считаем, что к перечисленным газам будет полезно добавить пропан и углекислый газ. Они также способны к клатратообразованию, к тому же достаточно опробованы на организме млекопитающего.

Преддверие анабиоза

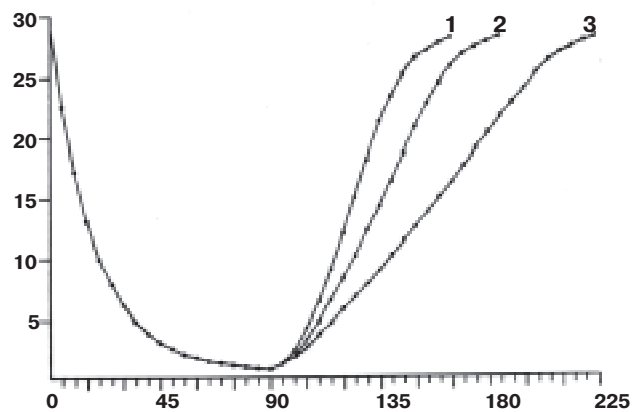
Однако на пути к криоанабиозу высоко-развитого организма лежит не менее сложный этап, чем само замораживание, — это гипотермия (от греческого гипо — под, низкое и термос — тепло, теплота), или охлаждение. Гипотермией принято называть охлаждение любого биологического объекта в положительных областях температур вплоть до 0°C. И хотя лед в клетках образуется при более низких температурах, именно 0°C — предел стремлений всех экспериментаторов, и не случайно. Например, крысы, охлажденные без термоблокаторов всего лишь до 15°C, не выживают. Сами термоблокаторы служат для подавления терморегуляции организма с основной целью — сохранить энергетические ресурсы, так необходимые для последующей реанимации млекопитающего.

Наш научный коллектив довел до нижнего предела гипотермии (0°C) высших млекопитающих (крыс) с останковкой всех жизненных функций, причём без всяких термоблокаторов. После этого все подопытные животные были оживлены — для этого подобрали оптимальную скорость согревания. Температурную кривую охлаждения-согревания животных со 100-процентным выживанием мы назвали «гипотермической ямой». Нам удалось повторить ее до самого дна (рис. 2).

Мы сумели привести крыс в состояние клинической смерти в условиях глубокой гипотермии (до 0°C), а через 95 минут оживить и обеспечить восстановление их жизненных функций. После отогревания они сперва начинали двигать головой и шеей, потом конечностями; у них появлялась дрожь, а еще чуть погодя они пытались передвигаться. У всех животных полностью восстанавливались зрачковый рефлекс и болевая реакция конечностей. Спустя 1–3 часа крысы принимали нормальную позу, а через 5–12 часов самостоятельно передвигались. Не утратили они и выработанные рефлексы. Через 2–3 месяца крысы давали здоровое потомство.

Эти опыты стали основой для работ по охлаждению животного уже до -196°C под защитой клатратов инертных газов.

Кроме главного своего назначения как «преддверия анабиоза», обратимая гипотермия целостного организма высшего млекопитающего до 0°C вместе с известными наркотическими свойствами инертных газов дает надежду наконец-то индуцировать на длительное время состояние искусственного гипобиоза, то есть снижение жизнедеятельности. Этот термин предложил в 1934 году итальянский исследователь Б.Монтероссо. А изве-



2
Температурные кривые
охлаждения — согревания
животных.
Линия 2 оптимальна
для выживания

стный специалист Н.Н.Тимофеев писал, что искусственный гипобиоз дает возможность значительно снизить интенсивность метаболизма млекопитающих (прежде всего в тканях головного мозга) — это поможет решить многие медико-биологические задачи.

Оазис бессмертия

Мы пробовали нырнуть и в анабиотическую яму: на глубину -196°C (кстати, ее дно приходится на абсолютный ноль, то есть на 0К, или -273°C), но уже под защитой клатратов.

Как следует из вышесказанного, кристаллогидраты инертных газов наиболее эффективны для консервации биологических объектов именно при температурах ниже 0°C, когда они наиболее устойчивы. А сами объекты в этих условиях, как показали наши эксперименты, остаются в жизнеспособном состоянии, то есть переходят в анабиоз.

Криоконсервацию биологических объектов в составе целого организма мы осуществляли в барокамере, сконструированной специально под размеры лабораторной крысы (рис. 3). Сначала зверька целиком охлаждали до 0°C по приведенной выше методике проточной ледяной водой, но одновременно вместе с вдыхаемым воздухом подавали и инертные газы, так что они насыщали организм и, конечно, все его составляющие: клетки, ткани, органы. Затем в барокамеру нагнетали эти же инертные газы под давлением и ступенчато охлаждали ее через поверхность жидким азотом до -196°C. Хранили замороженную крысу здесь же, в этом сосуде, целиком погруженном в жидкий азот. После отогрева животного выделенный из него объект помещали в естественные условия, и он возвращался к нормальному функционированию. Например, если сердце этой крысы пересаживали крысе-реципиенту, его сократительная активность быстро восстанавливалась.

Для криоконсервации органов таким способом не обязательно заморажи-

вать целый организм. Предварительно выделенные из него клетки, ткани, органы можно поместить в специально разработанную для этого малую барокамеру-капсулу (рис. 4) и хранить ее в сосуде Дьюара при -196°C или в морозильнике обычного холодильника при умеренно низких температурах.

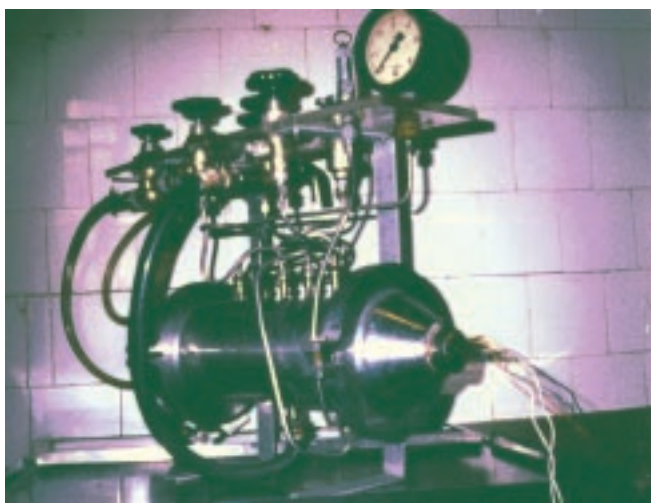
Мы согревали капсулу медленно (при комнатной температуре) или быстро (в горячем воздухе или воде). Аппарат первоначально предназначался для того, чтобы проверить саму идею: можно ли, не разрушая, замораживать биологические объекты, если помещать их при давлении в тяжелые инертные газы. В барокамере-капсуле успешно замораживали и клетки (сперматозоиды), и ткань (кровь), и органы (сердце). Эти опыты стали технической основой для разработки и изготовления барокамеры для целого животного — крысы.

Скачок через миллиум

Научное значение обнаруженной закономерности заключается в том, что удалось обосновать принципиальную возможность перевода абсолютно любого по сложности и размерам биологического объекта (пусть не покажется шуткой, даже слона — теоретически и это возможно) в криоанабиоз ранее неизвестным в биологии способом. Причем как при умеренно низких температурах, так и при ультранизких. Это коренным образом меняет сложившиеся представления о методах и средствах криозащиты биологических объектов.

Следующий этап исследований мы планируем посвятить реанимации крысы, перенесшей замораживание до -196°C. Главная проблема здесь — это закупорка сосудов животного пузырьками газов. По-видимому, придется подбирать такие условия, при которых газ будет успевать выделяться через легкие, а не образовывать пузырьки в крови.

Не слишком ли амбициозные планы? Вовсе нет. Криоанабиоз млеко-



3
Барокамера, в которой проводили опыты с криоконсервацией органов крысы инертными газами

питающего, по нашему мнению, можно осуществить уже сегодня!

Так ли это на самом деле, конечно, еще предстоит доказать. Безусловно, о наличии анабиоза у животного, замороженного по данной методике, можно будет судить только после возвращения к нормальной жизнедеятельности всего организма, а не отдельных его частей. Но тем не менее выборочное и поочередное тестирование на жизнеспособность клеток, тканей, органов, взятых уже после согревания до 0°C всей крысы, позволяет с оптимизмом отнестись к поставленному вопросу.

А что произойдет с мозгом млекопитающего при размораживании? Не будет ли он необратимо поврежден, как предсказывают нам некоторые теоретики анабиоза? Давайте разберемся и с этим. Как уже отмечалось, многие высокоразвитые животные (рыбы, земноводные) выживают в природе после охлаждения до ледяного состояния и не утрачивают рефлексы — это выработанный эволюцией механизм для сохранения этих организмов в холодное время года. Известный специалист в этой области А.М.Голдовский утверждал, что «способность к анабиозу представля-

ет собой неотъемлемое свойство первичной жизнеспособной структуры и достаточно лишь применить соответствующую технику, с помощью которой можно искусственно снять влияние возникших в ходе эволюции «надстроек», усложнений структуры, чтобы дать возможность проявиться этому свойству и использовать его» (1986). Таким образом, мы уверены, что здесь нет никакой опасности для высшей нервной деятельности млекопитающего, она просто надуманна.

Средство от проблем

Как представляется, открытие клатратного анабиоза позволяет решить несколько проблем и ответить на еще не ответченные вопросы.

Во-первых, изменить сложившиеся в криобиологии представления о криопротекторах. Указанные выше клатратные соединения азота, кислорода, аргона, криптона, ксенона (а также некоторые клатраты смешанного типа) по аналогии с обычными жидкими криопротекторами следовало бы отнести к новому классу защитных веществ — газовым клатратным криопротекторам. Они более эффективны, чем обычные жидкие, и позволяют работать с лю-

быми биологическими объектами, даже крупными, не только в диапазоне низких температур, но и при ультранизких температурах.

Во-вторых, объяснить многочисленные на сегодня гипотезы первичного заселения Земли из космоса. Коль скоро живые организмы могут сохранять жизнеспособность в космических условиях, предположение, что наша планета была осеменена формами жизни, занесенными из других миров Вселенной, не кажется таким уж невероятным.

В-третьих, оно может стать перспективной основой для новейшего научно-практического направления — крионики, рассматривающей возможности радикального продления человеческой жизни.

Хотелось бы верить, что кризис в криобиологии миновал, и клатратный анабиоз поможет решить накопившиеся в ней проблемы. Быть может, подобно антарктическим микроорганизмам, человеческие индивиды совершат скачок через миллениум, преодолеют эту необозримую для человеческого восприятия вечность.

Что еще можно прочитать об анабиозе и гипобиозе

Шмидт П.Ю. Анабиоз. М.: Изд-во АН СССР, 1948.

Голдовский А.М. Анабиоз и его практическое значение. Л.: Наука, 1986.

Ушатиная Р.С. Скрытая жизнь и анабиоз. М.: Наука, 1990.

Тимофеев Н.Н. Искусственный гипобиоз. М.: Медицина, 1983.

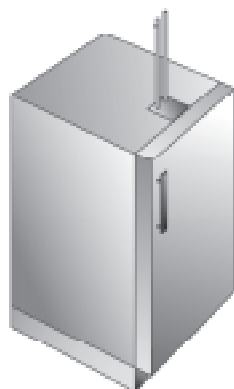
Цель — химический анабиоз, или Вторая жизнь формалина. Наука и жизнь, 1985, № 7.

Адрес для переписки:

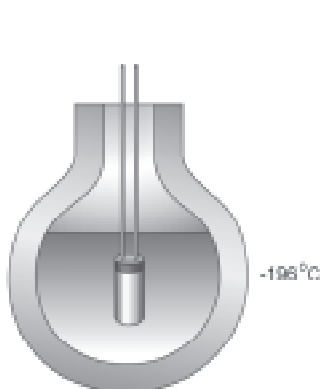
telpuhov@mail.ru,
Тельпухову Владимиру
Ивановичу



В морозильном шкафу



В сосуде Дьюара

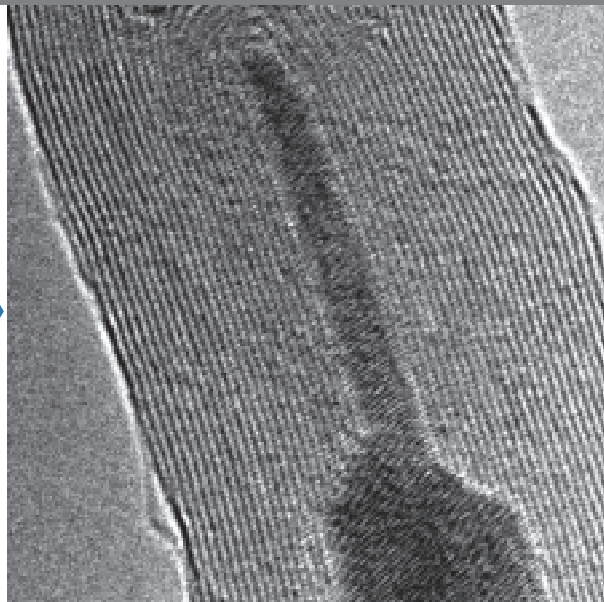
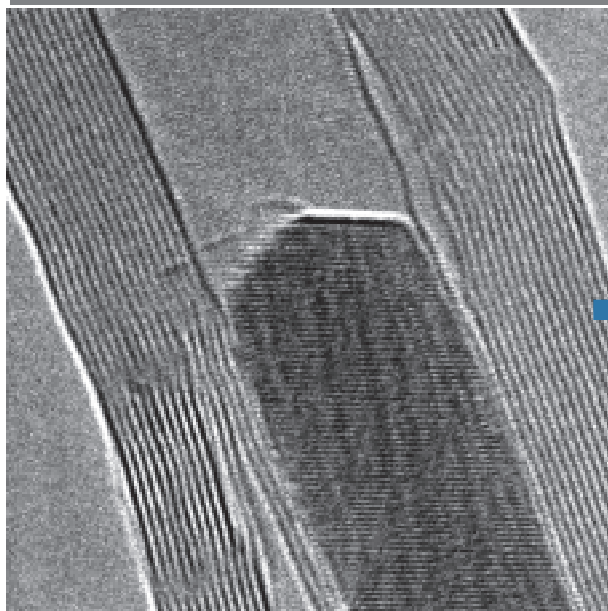


4

Барокамера-капсула, предназначенная для криоконсервации небольших объектов



НаноИнструментарий



*Нанотрубка
постепенно
обжимает
стержень
из карбида
железа*



Станок из нанотрубки

тобы сделать проволоку, металлический пруток нагревают и протаскивают несколько раз через разного диаметра отверстия, проделанные в оснастке. Диаметр прутка тоже становится меньше, а длина — больше. С нанопроволочкой так до недавнего времени не получалось: ее приходилось выращивать. Ученым из Ренселлаеровского университета (США), Университета имени Иоганна Гуттенберга (ФРГ), Института научных и технологических исследований (Мексика) и Хельсинкского университета, кажется, удалось сделать станок, на котором нанопроволоку получают примерно так же, как в макромире (агентство «NewsWise», 25 мая 2006). Причем не только из пластичных, но и из самых что ни на есть твердых (а потому хрупких) материалов.

Все началось с опытов по сжиманию многослойных фуллеренов. Оказалось, что, если подвергнуть этот углеродный мячик бомбардировке быстрыми электронами, из его верхних слоев станут вылетать отдельные атомы углерода. В результате возникнут огромные напряжения, и внутренние слои превратятся в алмаз. Потом исследователи перешли к многослойным нанотрубкам. Расчет показывает: электронная бомбардировка позволяет добиться очень большого давления — 40 гигапаскалей, что всего в десять раз меньше давления в центре Земли.

«Мы наполняли углеродные нанотрубки двумя веществами — железом и карбидом железа, а затем бомбардировали

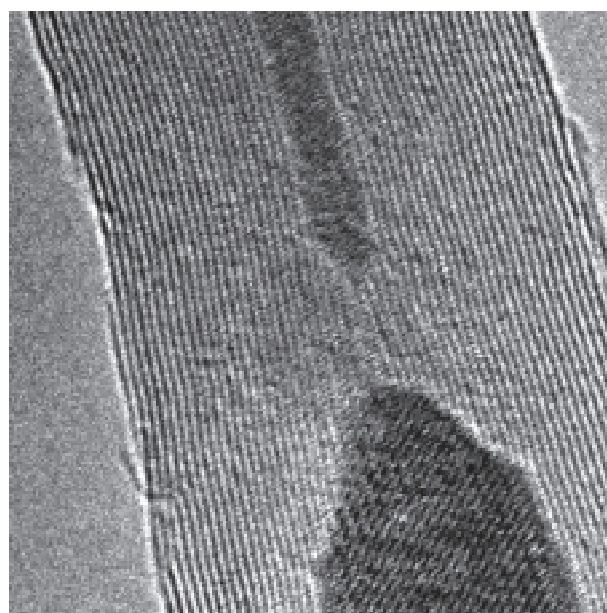


Фото Johannes Gutenberg University/Banhart

ли их. При этом материал перемещался внутри сжимающейся трубки как зубная паста в тюбике. В конце концов диаметр проволочки из карбида уменьшился с девяти до двух нм. Этот процесс удалось наблюдать непосредственно благодаря прекрасному микроскопу Университета имени Иоганна Гуттенберга, — рассказывает руководитель работы Пуликель Аджаян из Ренселлаеровского университета. — Конечно, это не прикладное исследование, однако не исключено, что такой метод обработки материалов станет одним из рабочих инструментов у нанотехнологов будущего».

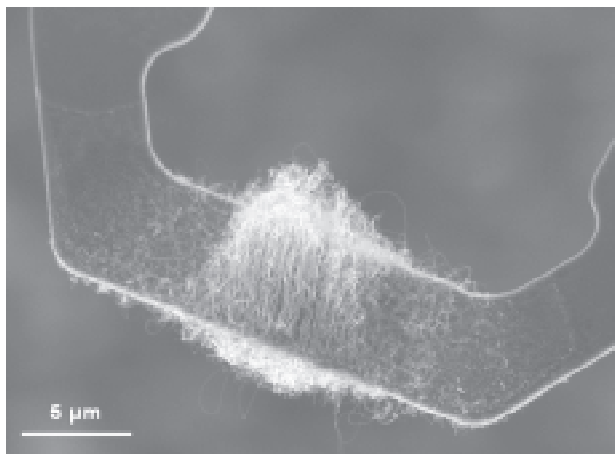
Точная работа нагревателем

Другую хитрость при работе с нанотрубками применили ученые из Технологического института Джорджии (США). Они научились напрямую следить за процессом синтеза нанотрубки, в чем им помог зондовый микроскоп, точнее, его главнейшая деталь – кантиливер, щуп микронной толщины. Он висит на специальном подвесе, который способен отловить мельчайшие отклонения кончика кантиливера. Соответственно такой подвес умеет фиксировать и его собственные колебания. А их частота зависит от того, не налипло ли что-нибудь на щуп. Этим и воспользовались американские физики под руководством доцента Уильяма Кинга (агентство «NewsWise», 6 июня 2006).

Они прикрепили микроскопический нагреватель к кончику кантиливера и нанесли на его поверхность островки железного катализатора толщиной в десять нанометров. Затем устройство поместили в кварцевую трубку, выдули оттуда аргоном всяческие примеси и нагрели этот кончик до 800°C. Затем в трубку подали смесь метана, водорода и ацетилена. В горячей зоне молекулы этих газов тоже нагревались, между ними шла реакция, и из образовавшегося углерода росли нанотрубки. При этом частота собственных колебаний кантиливера уменьшилась со 119,10 кГц до 118,23 кГц. А когда полученный

Так выглядят четыре пикограмма нанотрубок, выросших на микроскопическом нагревателе

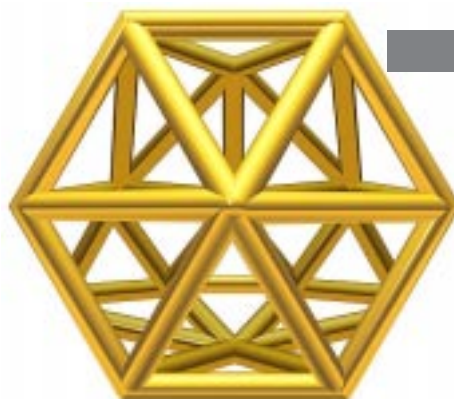
Фото Erik O. Sunden



образец поместили в сканирующий микроскоп, выяснилось, что на кончике щупа (который только и был нагрет) действительно выросли нанотрубки диаметром от 10 до 30 нм и длиной 5–10 мкм. Если судить по изменению частоты колебаний, их общий вес составил четыре пикограмма. «Такой метод позволяет нам непрерывно следить за ростом материала, — говорит Уильям Кинг. — Используя сотни и тысячи кантиливеров, нагретых до разной температуры и помещенных в среду с разными химическими составами, можно будет за день определить оптимальные параметры выращивания того или иного соединения. При обработке в обычной печи на это уходят месяцы, а то и годы труда».



ФОТОИНФОРМАЦИЯ



Пустотелый кластер из шестнадцати атомов золота

Если нанотрубки химики делают не только из углерода, но и из всевозможных оксидов металлов, то пустотелые замкнутые тела до сих пор оставались прерогативой шестого элемента Периодической системы Д.И. Менделеева. Неужели нет ни одного

кластера из атомов какого-то другого элемента, в котором была бы внутренняя полость? Этот вопрос не раз задавали себе любознательные химики. Похоже, что ответ нашли ученые Ван Лайшен из национальной лаборатории северо-западного побережья Минэнерго США и Дэн Сяочен из Вашингтонского университета (агентство «NewsWise», 16 мая 2006). Они изучали спектры кластеров золота, а потом с помощью расчетов расшифровывали пространственное расположение атомов.

Предварительное моделирование свидетельствовало: полость должна быть у кластера, в котором менее 32 атомов. Однако эксперимент этого предположения не подтвердил. Тогда ученые взяли интервал 14–19 атомов. Как известно, вплоть до 13 атомов кластер золота плоский, а при 20 атомах представляет собой заполненную пирамиду. И действительно, расшифровка спектров показала, что у кластеров с 16, 17 и 18 атомами есть внутренние полости. Изображение самого маленького полого кластера золота можно получить, отрезав угловые атомы у пирамиды из 20 атомов и раздвинув оставшиеся.

Все эти кластеры сохраняют свою форму, будучи в состоянии свободного парения: при соприкосновении с поверхностью атомы золота перестраиваются. Однако ученые считают, что, загнав внутрь полого кластера подходящий атом, форму удастся сделать более устойчивой.

Подготовил **С.Анофелес**



Счастье как несбыточная мечта

*И наконец, увидишь ты,
Что счастья и не надо было,
Что сей несбыточной мечты
И на полжизни не хватило (...)*

*И только с нежною улыбкой
Пороку будешь вспоминать
О детской той мечте, о зыбкой,
Что счастием привыкли звать!*

А.Блок

От эпиграфа из Серебряного века русской поэзии перейдем к сказке из золотого века. Всем с детства памятно возмутительное поведение старухи, которая сначала просила у золотой рыбки новое корыто, а получив его, требовала избу. Затем ей понадобилось стать столбовою дворянкой, царицей и, наконец, владычицей морскою. Бессовестная старуха была справедливо наказана.

Но в сущности, ее поведение только слегка утрирует собственное поведение читателя — не важно, юного или взрослого. Сначала он был счастлив, получив трехколесный велосипед, затем ему понадобился двухколесный, далее мотоцикл, потом хотя бы простенький автомобиль...

Все нормальные люди таковы, и дело тут не в «порочности» человеческой природы. Вспомните: когда хотят похвалить человека, часто говорят, что ему несвойственно останавливаться на достигнутом. Значит, в самом по себе стремлении к большему, лучшему ничего плохого нет.

Это были примеры очень важного способа достижения удовольствий, в пределе — счастья. Улучшение материального, общественного или какого-нибудь другого (служебного, куль-

турного, интеллектуального, нравственного) положения — несомненно, один из самых важных способов. Таким путем обеспечивается технический и гуманитарный прогресс человечества.

Но есть и более простой, более распространенный и поэтому, вероятно, имеющий большее значение вариант: удовлетворение физиологических потребностей (в еде, сне, сексе, уюте, заботе о потомстве). В отличие от предыдущего, здесь все происходит не с возрастом, а циклически. Снова обращаемся к Пушкину: «Чредой слетает сон, чредой находит голод». Таким путем обеспечивается сохранение и продолжение человеческого рода, и в этом мы сходимся с животными.

В обоих рассмотренных случаях ощущение радости, счастья возникает



Доктор химических наук
Н.С.Имянитов



ЗДОРОВЬЕ

Преодолим ли этот барьер и какую цену нужно заплатить за постоянное всеобщее счастье? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим психологические и биохимические механизмы, формирующие наше настроение и мироощущение.

Психология счастья

Международная организация «World Values Survey» (см. http://en.wikipedia.org/wiki/World_Values_Survey и <http://www.worldvaluessurvey.org>) каждые четыре года исследует удовлетворенность жизнью граждан более чем пятидесяти стран мира. В 2003 году она опубликовала в журнале «New Scientist» данные последнего опроса, согласно которым самые счастливые люди живут в Нигерии, за ней следуют Мексика, Венесуэла, Сальвадор и Пуэрто-Рико. Соединенные Штаты стоят в этом списке на 16-м месте, Австралия — на 20-м, Великобритания — на 24-м. Жители России, а также Армении и Румынии замыкают список. В целом граждане Латинской Америки, Западной Европы и Северной Америки чувствуют себя гораздо счастливее тех, кто живет в Восточной Европе и на территории бывшего СССР. Эти данные особенно потрясают, когда выясняется, что в Нигерии 33% безработных и процветает взяточничество. Поистине, счастье в характере!

Опрос показал также, что рост благосостояния человека совсем не гарантирует счастье: за последние полвека мало изменилось число довольных жизнью в благополучных промышленных странах, хотя доходы их граждан значительно выросли. Важно отметить, что так происходит только в богатых странах: материальные блага играют существенную роль, когда их мало, потом — все меньшую. Более того, стремление к материальным благам мешает людям чувствовать себя счастливыми. В обеспеченных странах не слишком большую роль играют и уровень образования, и даже крупные выигрыши в лотереях. Чаще всего источниками счастья называют благополучный брак, хороших друзей. Важно также, чтобы работа соответствовала интересам и возможностям человека,

а отдых был хорошо организованным и интересным. Здесь уже нет ничего особенно нового!

Но кроме того, представления о счастье определяются культурными традициями, историей. Рецепты счастливой жизни у разных народов неодинаковы. Так, если американцу для счастья нужен высокий уровень самоуважения, складывающийся из личной успешности и степени самореализации, то японцу гораздо важнее соответствовать ожиданиям общества и ближайшего окружения. Счастье японца — в выполнении обязанностей перед семьей и социальной группой, а следовательно, в уровне самодисциплины и готовности к сотрудничеству. Не в этом ли секрет «японского экономического чуда»?

Нельзя забывать и об изменении представлений о счастье и несчастье в зависимости от обстоятельств. На войне — это вопросы жизни и смерти. В мирное время на отдыхе — это изменения погоды, красоты природы и архитектуры и тому подобное.

Наконец, способность быть счастливым во многом индивидуальна (см. также мою статью «Семь советов Господу Богу», «Химия и жизнь», 2001, № 5). Как показали исследования, счастливые люди любят себя, верят в себя, считают себя умными, здоровыми и социально благополучными. Они несклонны драматизировать ситуацию, когда случается что-либо плохое, и полагают, что сами управляют своей жизнью. Очень полезной для счастья чертой характера оказалась и общительность.

Делает ли религиозность людей более счастливыми? При коммунистической власти считалось, что религия — опиум для народа, теперь на это место прочно встало телевидение. Исследования установили, что религиозные люди счастливее неверующих. Вера наполняет их жизнь глубоким смыслом, они легче переносят невзгоды, менее опасны для окружающих. Для убежденных атеистов эквивалентное религии, но более современное и более адекватное мироощущение может дать вера в то, что человечеству предстоит защищать жизнь на Земле от космических катастроф, в богоподобную роль человечества в обустройстве Вселенной.

ет как награда за успехи. Вероятно, это результат естественного отбора: выжили, победили в конкурентной борьбе те особи, у которых возникла и развилась такая внутренняя реакция — полезное было и приятным.

Однако жизненный опыт показывает всем нам, что счастье кратковременно. Много веков человечество мечтает о постоянном счастье, вечном блаженстве. Это находит отражение во всех религиях, да и в обыденной жизни без желаний счастья не обходится ни свадьба, ни день рождения. В то же время попытки вызвать и продлить «минуты счастья» искусственным путем всегда приводили к, мягко выражаясь, плачевным результатам. Наркоманы расплачиваются за непродолжительное удовольствие годами мучений, потерей человеческого облика и скорой смертью.

Опросы показали, что хорошее настроение полезно не только для его обладателя: оно обеспечивает повышение творческой активности, эффективность принимаемых решений, отзывчивость, благожелательность.

Биохимия счастья

Сегодня известно, что ощущения удовольствия, радости, счастья обеспечивают три класса веществ, если они появляются в определенных отделах мозга и в достаточной концентрации.

1. Энкефалины и эндорфины — это полипептиды, то есть короткие цепочки, состоящие из аминокислотных остатков. В живых организмах эти соединения образуются отщеплением фрагментов от намного более крупных белков-предшественников.

Энкефалины содержат всего пять аминокислотных остатков, например H_2N — тирозин — глицин — глицин — фенилаланин — лейцин — $COOH$.

Длина эндорфинов — от 16 до 31 аминокислотного остатка, при этом конец цепочки обычно «совпадает» с энкефалином.

Энкефалины и эндорфины — действующие начала в наиболее древней системе регуляции. Эта система сформировалась одновременно с гормональной, в те времена, когда о нервной системе природа и не помышляла. Действительно, упомянутые полипептиды найдены у плоского червя планарии, пиявки, дождевого червя, некоторых моллюсков (улитки), ракообразных (крабы) и насекомых (тараканы). Возможность проведения исследований на этих простых моделях облегчает работу ученых.

Энкефалино-эндорфиновая система была открыта сравнительно недавно: в 70-х годах XX века. Установлено, что одна из функций этих полипептидов состоит во включении системы «внутреннего вознаграждения» — приятных

ощущений при достижении успеха, во время сексуального удовлетворения или еды.

2. Производные арахидоновой кислоты: анандамид и 2-глицерид (рис.1). Арахидоновая кислота относится к незаменимым жирным кислотам и играет важную роль в биохимии животных. Анандамид и 2-глицерид арахидоновой кислоты обеспечивают восстановление после стресса как на клеточном, так и на эмоциональном уровне. Они приносят расслабление, отдых, избавление от неприятных воспоминаний, вызывают аппетит и усиливают удовольствие от еды. Эта роль производных арахидоновой кислоты была установлена еще позднее, в 90-х годах XX века.

Есть основания считать, что вещества классов 1 и 2 осуществляют регуляцию «второго уровня» — контролируют другие регуляторные системы организма, в том числе и рассмотренную ниже.

3. Серотонин, дофамин, норадреналин



лин (рис. 2). Эти вещества биохимики и медики называют «моноаминами» — неточно, зато кратко. Серотонин вызывает живость, позитивный эмоциональный настрой и общительность. Высокий уровень серотонина в мозгу характерен для людей и животных с высоким социальным статусом. У агрессивных мышей замечен пониженный уровень содержания серотонина, а его введение угнетает агрессивность животного. Но при избытке серотонина появляются признаки мании. Серотонин вырабатывается в нескольких мозговых центрах, которые стимулируются гипоталамусом.

Повышение концентрации дофамина (по-английски dopamine) наблюдается во время еды, полового акта, при рабо-

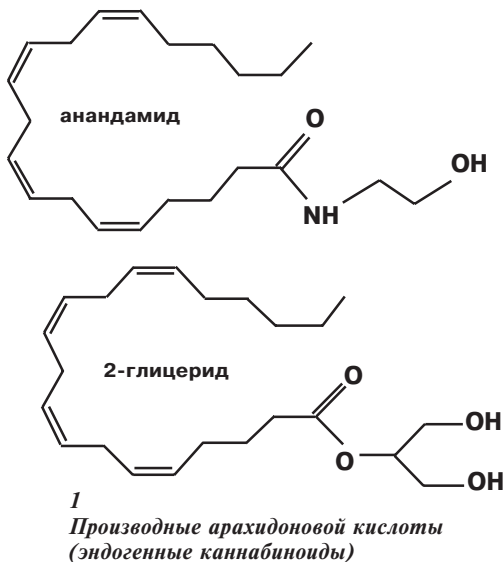
те за вознаграждение. У страдающих депрессией его уровень низок. При обследовании мозга больных, покончивших с собой в состоянии депрессии, было установлено пониженное содержание серотонина и норадреналина. Дефицит серотонина проявлялся депрессией тревоги, норадреналина — депрессией тоски. Показано, что электрошоковая терапия, устраняющая депрессию, вызывает ускорение синтеза и рост концентрации норадреналина. Вещества, улучшающие настроение (например, антидепрессанты), повышают уровень серотонина, норадреналина и дофамина в мозгу.

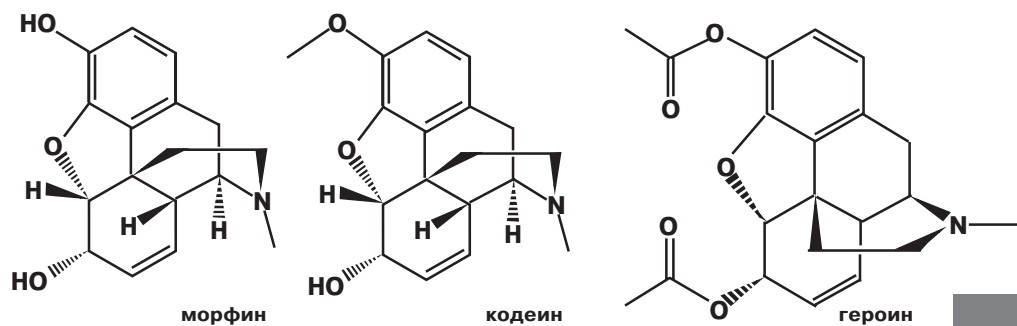
Если кто-нибудь, не дочитав эту статью и предвкушая счастливую жизнь, побегит в аптеку покупать какое-либо из перечисленных выше веществ, то ему там объяснят, что энкефалинов, эндорфинов и производных арахидоновой кислоты в продаже не бывает, серотонин применяется в медицине как средство против кровоточивости, дофамин — для улучшения кровотока в почках и других внутренних органах, а норадреналин — для повышения артериального давления и усиления сердечных сокращений. Будучи введены через рот, внутривенно, внутримышечно или другими принятыми в медицине способами, все эти вещества не попадают в мозг и воздействовать на него, вызывая радость, не могут. Мозг надежно защищен от внешних произвольных влияний. Но эту защиту можно взломать.

Подделки под счастье

Природой установлено, что ощущение удовольствия должно вознаграждать живое существо за деятельность, обеспечивающую сохранение и продолжение рода. Однако человечество всю мощь своего интеллекта и незаурядную энергию направляет на то, чтобы получить удовольствие просто так, не утруждая себя. Рассмотренные выше вещества были открыты современной наукой, но имитирующие их (или влияющие на их концентрацию) соединения известны с древних времен. Если вещества классов 1–3 уподобить ключам, то получается, что отмычки были найдены раньше, чем ключи и замки!

Например, опиаты (морфин, кодеин, героин, см. рис. 3) — это «подделки» под энкефалины и эндорфины, они действуют на те же рецепторы нервных клеток. Даже свои названия: «опиоидные пептиды», «эндогенные (то есть внутренние) опиоиды» — энкефалины и эндорфины получили по имени своих смертоносных, но зато издавна известных заменителей. Само слово «эндорфин» — производное от слов «эндогенный» и «морфин».





3

Опиаты: морфин, кодеин, героин. С первого взгляда не понятно, почему энкефалин и морфин реагируют с одними и теми же рецепторами: их формулы сильно различаются. Однако рентгеноструктурный анализ кристалла энкефалина показал, что его молекула изгибается, образуя две водородные связи. При этом группы, взаимодействующие с рецептором (в частности, NH_2 и карбоксильная группа пептида, $=N-$ и гидроксил морфина) совпадают по расположению в пространстве

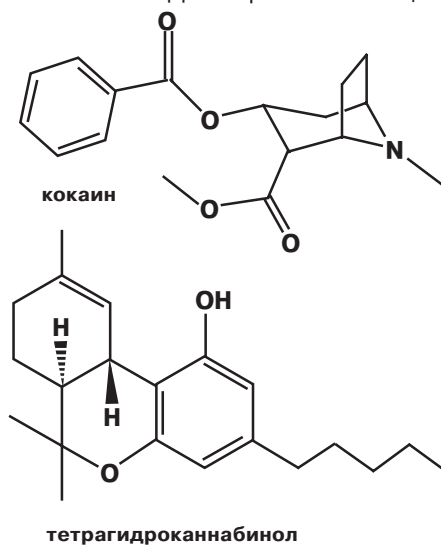
Семена мака найдены при раскопках жилищ первобытных людей. Именно из некоторых сортов мака добывают опий – высохший сок, содержащий набор опиатов. Первые письменные упоминания о маке найдены в шумерских табличках, датированных 3000 годом до нашей эры. В Древнем Египте мак применяли как успокаивающее и снотворное средство, в Древней Греции — как успокаивающее и обезболивающее, об этом говорится в мифах и в «Одиссее». Бога сна (его называли Гипнос в Греции и Морфей в Риме) изображали со стеблями мака в руках. Сведения о применении смеси опиатов в концентрированном виде, опиума, имеются в египетских рукописях VII века до нашей эры. Из Средиземноморья на Восток, в Индию и Китай опиум перенесли арабы.

В 1803 году из опиума было выделено индивидуальное вещество, названное морфином. Оно не только вызывало крепкий сон, но и оказывало мощное болеутоляющее действие. Морфин широко применяли для устранения боли, пока не выяснилось, что это ведет к тяжелейшей наркомании. Тем не менее морфин и сейчас (вот уже 200 лет) используют, когда другие обезболивающие средства оказываются бессильными. Синтезировано множество производных морфина, в том числе опаснейший наркотик — героин.

Следующая история на удивление подобна предыдущей, только география другая. Первые упоминания о конопле индийской имеются в китайских летописях IX – VIII веков до нашей эры, ее лекарственные применения в Китае относят к III веку до нашей эры. Из Китая конопля была вывезена в Индию, где пользовалась особым почтением: ее использовали во время религиозных обрядов. Опыляющее действие конопли на скифов описано Геродотом в V веке до н.э.

На Среднем Востоке и в Северной

Африке препараты конопли появились много веков спустя. В современную Европу они попали из Индии только в XIX столетии. Для наркотических це-



4

Активные вещества коки и конопли

лей из конопли готовят марихуану; ее действующие вещества — тетрагидроканнабинол (рис. 4) и близкие ему по строению соединения. Механизм наркотического влияния этих веществ также был установлен совсем недавно, в самом конце XX века. Как и в случае опиоидов, были обнаружены эндогенные (внутренние) каннабиноиды! Ими оказались производные арахидоновой кислоты (рис. 1). Тетрагидроканнабинол и его аналоги — «подделки» под них, они действуют на те же рецепторы. И опять-таки свое общее название: «эндогенные каннабиноиды», анандамид и 2-глицерид арахидоновой кислоты получили по имени наркотических «подделок».

А вот эндогенный аналог еще одного «эликсира счастья» (пока?) не обнаружен. Кокаин (рис. 4) выделяют из листьев коки — кустарника, произра-

стающего в Южной Америке. Местные жители жуют листья этого кустарника уже несколько тысячелетий. Это показали раскопки древних перуанских поселений, построенных за 2500 лет до н.э., когда еще не существовали Рим и Афины. Употребление коки у инков считалось особой привилегией знати, военачальников и жрецов.

В Европе и Северной Америке кокаин применялся с 1884 года как обезболивающее средство местного действия и лекарство от насморка. В начале XX века было обнаружено его наркотическое действие. Много позднее установлено, что оно вызывается повышением уровня дофамина, серотонина и норадреналина.

Алкоголь, строго говоря, к наркотикам не относится. Но об опьяняющих свойствах спиртных напитков было известно уже за 8000 лет до нашей эры. Папуасы Новой Гвинеи, жизнь которых изучал известный русский этнограф Н.Н.Миклухо-Маклай, еще не могли добывать огонь, но уже умели приготавливать хмельные напитки. В эпоху собирательства люди собирали содержащие сахар фруктовые соки диких плодов или древесные соки (пальмы, березы, клена — в зависимости от места действия), а также дикий мед. Технологии изготовления алкогольных напитков создавались и развивались независимо у разных народов. Приготовление вина из дикого винограда было известно во многих частях Передней Азии со времен неолита и оттуда вместе с культурой винограда распространилось в Северной Африке, Европе, Юго-Восточной Азии. Когда же в VI–VII веках было изобретено концентрирование алкогольных напитков путем дистилляции, пьянство усилилось.

Представления о степени распространения пьянства в Древней Руси противоречивы. Однако нельзя не отметить, что сегодня для нашей страны характерен самый неблагоприятный для здоровья и психики «сервальный» способ употребления алкоголя: большие количества крепких напитков за короткое время.

Тем не менее установлено, что низкие дозы алкоголя (но не в виде пива)

снижают уровень сердечных заболеваний, предупреждают образование тромбов в артериях и благотворно влияют на психическое состояние. Всемирная организация здравоохранения считает полезным принимать через день десять граммов в пересчете на чистый алкоголь. Американский совет по науке и здравоохранению и Департамент здравоохранения Великобритании более щедры: они допускают 24 г в день для мужчины и 16 г для женщины. В виде вина это соответствует примерно 250 и 150 мл. Очень важно, что превышение этих доз вредит здоровью. Для беременных женщин неприемлемы и малые количества спирта — они могут привести к умственной отсталости у детей.

Механизм опьянения довольно сложен. Один из факторов — выброс дофамина в определенной области мозга, другой — дестабилизация клеточных мембран нейронов (клеток нервной системы), изменяющий их ионную проводимость, варьируя возбудимость. Есть и другие, на которых мы останавливаться не будем. Вернемся к проблеме психической зависимости от наркотиков.

Наркоэпидемии вместо счастья

Для того чтобы стать наркоманом, не нужно большого ума. Даже у насекомых обнаружены наркомании со всеми их характерными признаками. Так, некоторые виды жуков и гусениц выделяют вещества, привлекающие муравьев настолько, что муравьи начинают кормить и охранять этих насекомых в ущерб основной хозяйственной деятельности, и в результате муравейник погибает. Наглядное предостережение для нашей цивилизации...

Хотя наркотики известны с глубокой древности, массовые наркомании имеют сравнительно короткую историю. Вероятно, дело в том, что в далекие времена цивилизации существовали изолированно, а наркотик особенно опасен, когда проникает на новые территории, где не происходил многовековой отбор людей, устойчивых к этому наркотику (см. «Химию и жизнь», 1995, № 1). Впрочем, возможно, древние наркотические эпидемии не зафиксированы потому, что охваченные ими цивилизации скоротечно погибли, не оставив следов.

Первая известная массовая наркомания наблюдалась в Китае в XVIII—XIX веках. Ее развитию способствовало поражение Китая в «опиумных войнах» с Англией и Францией. Поводом для этих войн послужило уничтожение в 1839 году китайским прави-

тельством крупных запасов опиума, контрабандную торговлю которым вели английские колонизаторы. В Европе и США опиумная наркомания появилась в начале XIX века. Пики наркоманий имели место во время и после войн: за франко-прусской в 1870 году последовала эпидемия наркомании в Европе, за Первой мировой (1914—1918) — в Европе, США, Канаде, за Второй мировой (1939—1945) — в Европе, Америке, Азии. Позднее рост употребления наркотиков в США был связан с движением хиппи. Однако последовательная борьба с наркоманией, начатая еще Никсоном, дала зримые результаты.

В России наркотики распространились в первые десятилетия XX века, сначала главным образом в богемных слоях общества. Во время Гражданской войны и разрухи широко употреблялись кокаин и морфин. Но настоящая эпидемия началась в середине 90-х годов XX века. Если в 1990 году в стране насчитывалось от 40 до 50 тыс. наркоманов, то к концу 2000 года их число, по официальным данным, было в 100 раз большим, около 5 млн. (некоторые эксперты полагают, что реальная цифра — 10 млн.). Наркоэпидемия представляет собой прямое следствие кризисного состояния, обнищания и морального упадка общества. Сказалась и неразумная либерализация законодательства, в частности переход от принудительного лечения наркоманов к добровольному.

Положение усугубляется тем, что Россия занимает первое место в мире по уровню употребления самого опасного наркотика — героина. Продолжительность жизни человека с начала систематического приема героина составляет всего 5—7 лет. Но и это еще не все: подсчитано, что в России для обеспечения себя героином наркоман должен тратить от 600 до 3000 долларов в месяц. Такие суммы неполноценный умственно, морально и физически человек может раздобыть только преступным путем, причем ограбления или кражи он вынужден совершать регулярно. Поэтому за эпидемией наркомании следует эпидемия преступности. Глядя правде в глаза, ситуацию с наркотиками в России следует назвать катастрофической и требующей решительных мер.

Перспективы постоянного счастья

Но существует ли хотя бы принципиальная возможность «вечного счастья»? На уровне условных рефлексов достоверно установлено, что длительное воздействие какого-либо фактора приво-

дит к угасанию ответной реакции. Угасание происходит путем торможения (это активное, самостоятельное подавление возбуждения), утомления (при истощении ресурсов органа) или привыкания (когда теряется интерес к раздражителям, оказавшимся несущественными). Все три механизма спасают организм от вредных результатов длительного воздействия фактора, например от нервного срыва. Следовательно, устранение или обход таких полезных приспособлений опасен для их обладателей, что мы и наблюдаем при наркоманиях. Весьма вероятно, что эти механизмы, как и системы вознаграждения за полезные поступки, появились в результате естественного отбора: выжили те, у кого они сформировались.

Однако представим себе, что человек смог преодолеть угасание ответной реакции. Именно такую ситуацию моделируют хорошо известные опыты по электрической самостимуляции. В определенной участок мозга крысы, названный «центром удовольствия», вживляется электрод, и животное, нажимая на педаль, само подает ток на этот электрод. Крысы в эксперименте нажимали на педаль сотни раз за час и больше ничем не интересовались, не пили, не ели и вскоре погибали. Мораль истории ясна...

Из всего, о чем говорилось выше, понятно, что постоянного и даже длительного счастья достичь нельзя. Более того, оно физиологически невозможно, а его реализация вопреки этой невозможности грозит человечеству гибелью. Зато вполне возможно научиться вызывать или продлевать «минуты счастья».

Рецепты счастья

Уже упоминалось, что Природа (в лице естественного отбора) вознаграждает деятельность живых существ, приводящую к сохранению и продолжению рода. Но можно обмануть Природу путем симуляции такой деятельности. Так, в конце полового акта, при оргазме, происходит выброс опиоидных пептидов, вызывающих удовлетворение и удовольствие. Предохраняясь от беременности, можно обмануть Природу и получить вознаграждение, не обеспечив продолжение рода.

Сначала для марафонского бега, а затем для бодибилдинга было установлено, что физические нагрузки способствуют повышению уровня опиоидных пептидов. Спорт ведь тоже имитирует полезную деятельность: спасение бегством, строительство жилища, драки за первенство, территорию.

Кино, театр и литература позволяют нам мысленно оказаться на месте

персонажей, воспроизвести их переживания, в том числе радости и удовольствия (естественно, на фоне печалей и неприятностей). Музыка, живопись и скульптура, по-видимому, имеют такой же механизм действия, хотя он и не так конкретен.

И совсем простой рецепт, основанный на обратной связи: можно на минуточку сделать себя более счастливым, придав радостное выражение своему лицу, — просто улыбнитесь! Это особенно практикуется в США. Впрочем, зануд-европейцев раздражает «постоянная, будто приклеенная, идиотская» улыбка американцев.

Иногда советуют для усиления удовольствия от еды сначала немного поголодать. Но тут неясно, превосходит ли получаемое удовольствие неприятные ощущения при голодании. Тем не менее люди издавна пользуются приемом чередования. Религиозные праздники сменяются постами. В политически развитых странах власть регулярно переходит от партий с социал-демократическими принципами к партиям — сторонникам жесткого капитализма и обратно: в США республиканцы сменяют демократов, в Англии — консерваторы приходят на место лейбористов. Природа обеспечивает чередование лета и зимы, дня и ночи, смену хорошего и плохого настроений. Но разве люди, живущие в резко континентальном климате с его жарким летом и морозами зимой (Сибирь в России, штат Миннесота в США), счастливее тех, кто обитает в тропиках с их ровной летней погодой (Канарские острова, побережье шта-

та Калифорния)? Так что вопрос о пользе чередований остается открытым. В то же время эффективность улучшения условий очевидна, но оно обязательно должно быть неравномерным («Химия и жизнь», 2001, №5).

«Что бы такое съесть, чтобы стать счастливым?» — часто спрашивают в популярных сообщениях о новейших достижениях науки. И дают ответ: продукты, содержащие много триптофана (рис. 5), из которого в организме образуется серотонин (рис. 2) — гормон счастья. Действительно, триптофан — незаменимая аминокислота и в человеческом организме не синтезируется, его необходимо вводить с пищей. Однако рекомендации по конкретным пищевым продуктам сильно разнятся, а в некоторых случаях вообще представляются сомнительными. Поэтому приведем, как наиболее достоверные, данные из Большой медицинской энциклопедии: больше всего триптофана содержат мясо (особенно печень), молочные продукты (творог, сыр), яйца.

Можно регулировать концентрации эндогенных опиоидов и каннабиноидов, а также моноаминов, изменяя скорости их поступления и удаления. Ученые из Института молекулярной генетики РАН разработали препарат «селанк» (см. «Химию и жизнь», 2001, № 10). Будучи, как и эндогенные опиоиды, полипептидом, он мешает распаду опиоидов, взаимодействуя с ферментом, осуществляющим эту реакцию, по механизму конкурентного ингибирования. К сожалению, селанк эффективен только для пациентов с недостатком эндогенных опиоидов. Он повышает настроение лишь у меланхоликов, а для людей с другими типами характера бесполезен.

Что касается моноаминов, то их уровень также можно повысить, подавляя действие фермента, катализирующего их окисление. Подобные лекарства, например пиразидол, входят в группу антидепрессантов (рис. 5). Существуют и другие антидепрессанты, повышающие концентрацию моноаминов несколько иным способом, к ним относится флуоксетин, он же прозак. В США прозак используют для лече-

ния депрессий уже 20 лет. Улучшение отмечено у двух третей пациентов, и, что очень важно, привыкание и зависимость не наблюдались. Зато другие нежелательные побочные эффекты имели место в 54% случаев. Признано целесообразным применять прозак только у больных депрессией, но не для повышения настроения у здоровых людей.

Таким образом, над проблемой перевода от депрессии к нормальному состоянию ученые работают и уже многого добились. Нет оснований сомневаться и в том, что следующий этап — переход от нормального состояния к хорошему — по плечу современной науке. Однако здесь необходима осторожность: нельзя пренебрегать созданными естественным отбором физиологическими ограничениями. Гораздо лучше получать свои счастливые минуты натуральным путем, в согласии с Природой.

И наконец, самое важное. Понимание счастья как физиологического (а не абсолютного и сверхценного) явления делает человека мудрее: он не закичивается на ожидании счастья и спокойнее относится к переходам от счастья к несчастью. Не это ли постигли философы и поэты, незнакомые с биохимией, но глубоко понимающие человеческую природу? Так мы возвращаемся к стихотворению Блока, взятому в качестве эпиграфа к этой статье.

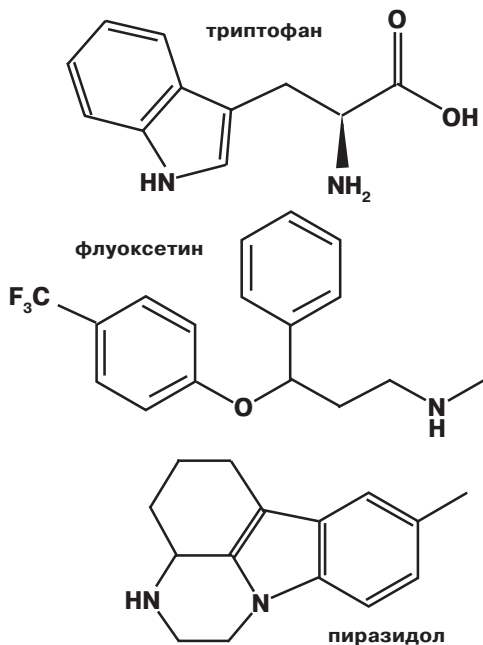
Что еще можно прочитать о природе счастья:

Аргайл М. Психология счастья. 2-е изд. СПб: Питер, 2003.

Николаева Е. И. Психофизиология. Новосибирск: Наука, 2001.

Бехтерева Н.П. Магия мозга и лабиринты жизни. СПб: Нотабене, 1999.

Имянитов Н.С. Объективные смыслы жизни и существования. Вопросы философии, 2006, № 7, с.84. Сборник «Психологические проблемы самореализации личности» в интернет-проекте «Психея»: http://www.psycheya.ru/lib/ppsl_ogl.html 2.07.06



5
Естественные (триптофан) и искусственные антидепрессанты



Разные разности

Выпуск подготовили:
О. Баклицкая,
А. Барне,
Е. Сутоцкая

Источники:

BBC News;
News@nature.com;
PhysOrgNews

Космический корабль «Кассини» получил красочные изображения спутников Сатурна с расстояния всего в несколько миллионов километров. Почти все они очень похожи — это серые шары, одетые в униформу из потемневшего льда. Только две луны выгодно отличаются от остальных. В фильме, снятом «Кассини», среди холодных ледяных шаров-спутников можно увидеть танец сверкающего белого Энцелада, самого яркого тела в Солнечной системе, и мрачного, золотисто-туманного Титана.

Ученые считают, что Энцелад и Титан выигрывают на фоне остальных тел системы Сатурна благодаря геологической активности. На южном полюсе Энцелада бьют фонтаны из ледяных частиц, покрывая его блестящей ледяной коркой. На Титане пока неведомые процессы наполняют атмосферу метаном и другими химическими веществами, которые разрушаются под воздействием солнечного света и образуют толстый слой желто-оранжевого тумана. Со временем его частицы оседают на поверхность спутника.

На снимках вокруг Титана видна голубоватая дымка. Это солнечный свет рассеивается на частичках тумана, размеры которых примерно совпадают с длиной волны голубого света, то есть около четырехсот нанометров.

«Кассини» приблизился к Энцеладу на 4,1 миллион километров и к Титану — на 5,3 миллиона километров, чтобы камера на его борту смогла сделать качественные изображения. Особо красочно выглядят снимки, полученные с помощью комбинации красного, зеленого и голубого спектральных фильтров.

Многие больницы превратились в своеобразные рассадники бактерий, устойчивых к действию антибиотиков, и теперь ученым приходится искать принципиально иные средства борьбы с ними. В дело идут вещества животного и растительного происхождения, совсем непохожие на антибиотики. Одно из них нашла норвежская исследовательница Т.Твете из университета Северного Трондлага. «Мы обнаружили, что бактерий убивает слизь камбалы. Я же установила, какое именно вещество производит такое действие», — объяснила она. Для того чтобы собирать слизь со свежей рыбы, Твете договорилась с местными рыбаками, и те взяли ее на свой корабль. Эксперименты, проведенные в лаборатории, показали, что наибольшую активность проявляла слизь из глубинных слоев кожи камбалы.

После многих усилий удалось выделить убийственный для бактерий белок, очистить его на 95% и испытать на культуре золотистого стафилококка (этот микроорганизм вызывает воспаление легких, которое, в случае устойчивости его к антибиотикам, быстро приводит к смерти пациента). Результаты оказались очень хорошими.

«Камбалу вполне можно одомашнить и создать рыбную ферму, где будут вырабатывать препарат. Бактерицидный белок рыб устроен не так, как у человека, и поэтому устойчивые к лекарствам бактерии могут от него погибать. На такие вещества сейчас большой спрос. Это дает надежду, что фармацевтическая фабрика при камбалиной ферме может оказаться рентабельной», — говорит Твете.

Обитающие в Сахаре муравьи *Cataglyphis fortis* в поисках еды преодолевают немалые расстояния по песчаной поверхности без всяких ориентиров. При этом они никогда не возвращаются тем путем, которым отправились в поход, предпочитая обратно идти напрямик. Для этого они должны уметь оценивать и направление, и расстояние. Ориентируются в пространстве эти труженики, как известно, полагаясь на небо, однако их способность точно рассчитать дистанцию до сих пор оставалась загадкой. Ученые из Швейцарии и Германии уверены, что у муравьев есть внутренний шагомер и они непрерывно считают шаги.

Сотрудники университета немецкого города Ульма и Цюрихского университета проложили трассу, по которой муравьи устремлялись к источнику пищи. Но как только участники эксперимента пересекали финишную черту, их лапки удлиняли либо укорачивали, увы, ампутацией. Затем отправляли в обратный путь с той же позиции, с которой они были изъяты с трассы.

Оказалось, что фуражиры на ходулях проходили мимо входа в родной муравейник, а коротконожки, напротив, останавливались раньше. Впрочем, если муравьи начинали свой путь от гнезда с уже измененными конечностями, они всегда доходили точно до порога. Следовательно, длина шага — ключевой фактор в определении дистанции и у этих насекомых есть механизм, который считает шаги.



Одно из важных соединений химической промышленности — 5-гидроксиметилфурфураль (ГМФ). Обычно его получают из нефти, но всегда ли так будет?

Д.Дьюмесик и его коллеги из университета Висконсин-Мэдисон (США) разработали технологию получения ГМФ из фруктового сахара — фруктозы. Они полагают, что новый процесс позволит делать пластики, добавки к дизельному топливу или само топливо из растительного сырья.

ГМФ образуется при расщеплении сахаров под действием тепла. Это происходит, например, когда долго варят сок. Впрочем, кипячение — не самый эффективный способ синтеза, так как при этом образуется немало побочных продуктов. Их число можно сократить, если использовать дорогостоящие катализаторы и органические растворители.

Авторы новой разработки задались целью найти иное решение задачи. Они обрабатывали фруктозу соляной кислотой и таким образом смогли превратить в ГМФ четыре пятых исходного вещества. Для извлечения продукта из водного раствора, в котором происходила реакция, его экстрагировали органическим растворителем. В нем и собирался ГМФ, а чтобы выволить его из ловушки, ученые прибегли к выпариванию в вакууме.

Для перехода к промышленному производству необходимо сначала добиться более эффективного, практически без побочных продуктов, превращения сахаров в ГМФ, а затем усовершенствовать его экстракцию и выделение.

Внесение удобрений в почву не всегда полезно, а окружающей среде причиняет порой немало вреда. Однако есть растения, которые могут сами о себе позаботиться, — бобовые. Когда обитающая в почве бактерия ризобия проникает в корни гороха или фасоли, там образуются клубеньки, дающие этой бактерии пристанище.

Клубеньковые бактерии извлекают из воздуха азот, преобразуя его в необходимый растениям аммиак. В подобных удобрениях нуждаются и другие сельскохозяйственные культуры, в том числе пшеница, ячмень, рис, кукуруза. Многие фермеры и садоводы специально сажают бобовые растения, чтобы потом на хорошо удобренной ими почве собирать урожай злаков или овощей, не умеющих заботиться о себе.

Специалисты из Центра Дж.Иннеса в британском Норидже и университета в датском Орхусе предлагают иной путь. Они обнаружили в одном из генов мутацию, заставляющую клетки корня формировать клубеньки без вмешательства бактерий. По замыслу авторов, воздусущие микроорганизмы, которыми напичкана земля, не замедлят воспользоваться предоставленной им жилплощадью. Заняв ее, они начнут привычный процесс производства азотных удобрений, несмотря на то что кормить им придется теперь не бобовые культуры, а, например, злаковые.

Начать ученые планируют с табака и томатов. Технология делает лишь первые шаги, многое еще предстоит выяснить. Тем не менее исследователи уверены в успехе. Осталось уговорить бактерий.

Терри Уэллис в буквальном смысле проснулся знаменитым в 2003 году. Тогда он пришел в себя после 19 лет пребывания в минимально сознательном состоянии (МСС), вызванном тяжелой черепно-мозговой травмой. Подобные пациенты бодрствуют, но не в силах двигаться, говорить, выражать мысли и чувства. Однако к Уэллису вернулась способность к речи и подвижность. Три года назад это казалось просто чудом, теперь ученые утверждают, что его мозг все это время не бездействовал и сумел частично восстановиться.

Сотрудники медицинского колледжа Корнельского университета сравнили результаты сканирования мозга Уэллиса и больного, получившего черепно-мозговую травму шесть лет назад и с тех пор находящегося в минимально сознательном состоянии без улучшений. Контрольную группу составили 20 здоровых людей.

У Терри в определенных областях белого вещества мозга появилась активность. Она ниже, чем у здоровых людей, но выше, чем у пациента с МСС. Улучшения отмечены, например, в так называемом предклинье, играющем важную роль в бодрствовании. У здоровых людей эта область становится менее активной во время сна или общей анестезии.

Трудно говорить о степени восстановления мозга, не имея данных о нем сразу после травмы и в течение этих двух десятилетий. Тем не менее поражения были настолько серьезны, что о выздоровлении и речи не было. Считалось, что, если функции мозга не восстановятся в течение нескольких дней, в крайнем случае — месяцев после травмы, надежды на исцеление нет. Теперь она появилась.

Обычно на картинках мамонтов изображают покрытыми бурой шерстью. Однако результаты недавнего исследования говорят о том, что некоторые из них были светло-коричневыми и рыжими. Биологи и раньше предполагали, что эти животные могли быть светлыми, ведь при раскопках они находили их шерсть разного оттенка. «Мы не знали, обусловлены ли эти различия генетически или возникли из-за пребывания в погребенном состоянии в течение тысяч лет», — говорит М.Хофрейтер из Института эволюционной антропологии им. М.Планка в Лейпциге (Германия).

Ученые взяли кость мамонта, водившегося в Сибири 43 тысячи лет назад, и выделили из него ген Mc1r, отвечающий за пигментацию у всех млекопитающих. Как и большинство генов, у животных он присутствует в двух экземплярах — по одному от каждого родителя. Оказалось, что оба экземпляра мамонтового Mc1r незначительно различаются. Один из них, повторяясь в двух копиях, производил белок, который давал более темный пигмент и бурый волосяной покров. Другой же, будучи представлен двумя копиями, возможно, давал светло-коричневую, светлую или красноватую шерсть.

У обследованного мамонта было по одной копии каждого варианта гена, и он, по видимому, был брюнетом, поскольку «темный» ген доминирует. Среди образцов из останков трех других мамонтов также не удалось обнаружить особь, которая могла бы оказаться светлой. Однако ясно, что вариант гена, отвечающий за этот признак, присутствовал в их популяции. Следовательно, найденная в мерзлоте светлая шерсть была такого же цвета, что и у живого мамонта.

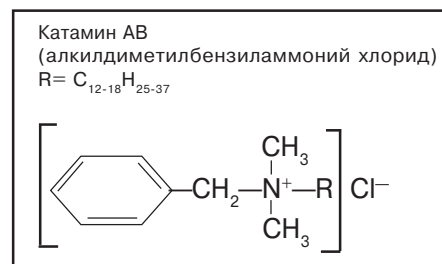
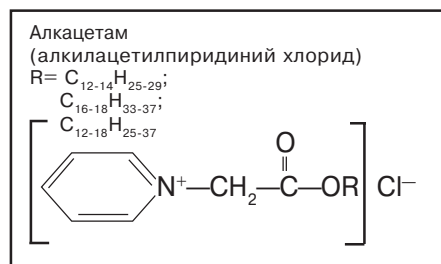


Новый серийный убийца

Бактерии, вирусы и грибы окружают нас везде и всюду. Чуть отвлекся, и они норовят проникнуть и поселиться в нас, особенно если организм ослаблен или почему-либо открыт для инфекции (при ранении, после операции). В России, надо сказать, статистика в этом плане очень неблагоприятная: за последние годы смертность от инфекций выросла в два раза на фоне общего стабильно высокого уровня заболеваемости. Первичный и очень действенный способ борьбы с инфекцией — это обработка помещений, медицинского инструмента и рук. Естественно, в первую очередь речь идет о местах, где этой инфекции больше: о поликлиниках, больницах, общественных местах. У нас в стране для этого по-прежнему используют хлорамин, хлорную известь и другие хлорсодержащие препараты, хотя они вредны для человека и животных, а плюс ко всему вызывают коррозию оборудования. Но даже этих дезинфицирующих средств в медицинских учреждениях часто не хватает. Что уже говорить об импортных высокоэффективных и дорогих препаратах. Большинству больниц и поликлиник, особенно на периферии и в регионах, они практически недоступны.

Новое поколение дезинфицирующих препаратов, которое уже давно производят за рубежом, основано на четвертичных аммониевых солях. Как правило, это производные аминов с длинной углеводородной цепочкой. Растворы таких соединений последние 50 лет используют для обработки рук хирургов и врачей, операционного поля, хирургического инструмента и текущей дезинфекции. К сожалению, в России наладить производство современных средств не удавалось, поскольку не было сырья — у нас можно найти только Катамин АБ.

Во ФГУП «НИИ полимеров» (Дзержинск) разработали и внедрили в про-

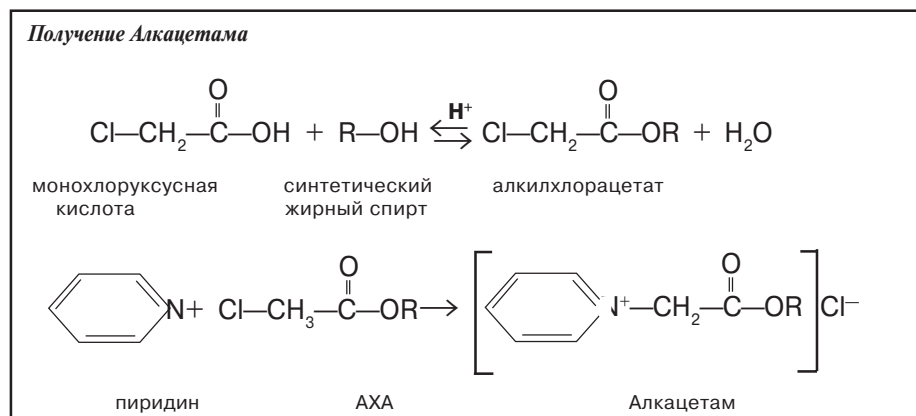


изводство двухстадийный способ получения нового четвертичного аммониевого соединения — алкилацетилпиридиний хлорида. Эта соль оказалась практически серийным убийцей по отношению ко многим зловередным организмам. Продукт запатентовали, его техническое название — «Алкацетам».

Технология довольно простая, однако потребовала тщательной обработки. Первая стадия — этерификация монохлоруксусной кислоты синтетическими жирными спиртами фракций C₁₂ — C₁₄, C₁₂ — C₁₈, C₁₆ — C₁₈, а вторая — взаимодействие полученного алкилхлорацетата с пиридином.

цетаме оказалось замечательным. За положенное время он проявил, как говорят микробиологи, широкий спектр антимикробной активности (табл. 1). Кроме того, выяснилось, что биологическую активность Алкацетам можно значительно усилить за счет добавок. То есть на его основе можно сделать целую серию композиционных дезинфицирующих средств.

Дело в том, что в последнее время специалисты-дезинфектологи высказывают опасения даже насчет активных и малотоксичных четвертичных аммониевых соединений. Действительно, многие из них убивают далеко не все микробы, да к тому же за



Тонкостей оказалось немало. Помимо традиционного подбора оптимального соотношения реагентов и катализатора надо было сделать так, чтобы жирные спирты расходовались полностью. В противном случае даже мизерные их количества, как оказалось, снижают качество промежуточного и готового продукта. На второй стадии технологии использовали органический растворитель, который делает свое обычное дело, а затем, по мере образования конечного продукта, становится гомогенизатором реакционной массы. Специальный катализатор увеличивает полярность среды и смещает электронную плотность в молекуле промежуточного соединения, чтобы придать атому хлора большую реакционную способность.

Дезинфицирующее действие Алка-

долгие годы их применения появились устойчивые к их действию штаммы микроорганизмов. А в недалеком будущем появятся новые резистентные формы, и этот процесс может иметь взрывной характер. Очевидно, что среди индивидуальных веществ невозможно найти идеальный дезинфицирующий препарат, поэтому большинство используемых сейчас средств составные.

Химики попробовали много вариантов композиций Алкацетам с другими аммониевыми солями, комплексобразующими добавками, мощными агентами и стабилизаторами. Все смеси и композиции проверили не только на бактерицидную активность, но и против грибов — на так называемую фунгицидную активность (таблица 2).

Совершенно неожиданный эффект

Таблица 1

Эффективность действия (в %) дезинфицирующего средства Алкацетам (экспозиция 60 минут)

Концентрация препарата, % масс. Тест-культура микроорганизма	Алкацетам С ₁₂₋₁₄		Алкацетам С ₁₂₋₁₈		Алкацетам С ₁₀₋₁₈	
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
E. coli (представитель семейства энтеробактерий)	80-90	100	80-90	100	80-90	100
S. aureus (представитель семейства микрококков)	100	100	100	100	100	100
P. aeruginosa (представитель капсулообразующих микроорганизмов)	80	100	80	100	80	100
Bac. subtilis (спорообразующая грамположительная палочка)	70-90 при концентрации 5% масс. и экспозиции 120 минут					

Таблица 2

Эффективность композиционного дезинфицирующего средства на основе Алкацетама

№ п/п	Состав дезинфицирующего средства, % масс.	Бактерицидная активность, %				Фунгицидная активность, %		
		Концентрация рабочего раствора, %	Экспозиция, мин	E. coli	P. aeruginosa	Концентрация рабочего раствора, %	Экспозиция, мин	Ассоциация микроорганизмов
1.	Алкацетам 8,0 Катамин АБ 4,0 вода 88,0	0,1	15-30	100	100	0,5	60	100
2.	Алкацетам 4,0 Катамин АБ 6,0 вода 89,0	0,05	15-30	100	100	0,25	60	100
3.	Алкацетам 4,0 Катамин АБ 2,0 Цетилперсульфатный хлорид 0,1 вода 93,9	0,05	15-30	100	100	0,2	60	100
4.	Алкацетам 6,0 Катамин АБ 6,0 пог 1,8 ЭДТА 1,8 вода 84,4	0,05	15	100	100	0,1	60	100
5.	Алкацетам 4,0 Катамин АБ 4,0 ПЭГ 1,0 ЭДТА 1,0 карбонат натрия 1,0 изопропанол 2,0 спирт 2,0 цетилперсульфатный хлорид 0,02 вода 86,98	0,05	15	100	100	0,01	60	100

Таблица 3

Синергизм при использовании смеси Алкацетама и Катамина АБ

Дезинфицирующее средство	Бактерицидная активность, %				Фунгицидная активность, %		
	Минимальная ингибирующая концентрация водного раствора, %	Экспозиция, мин	E. coli	P. aeruginosa	Минимальная ингибирующая концентрация водного раствора, %	Экспозиция, мин	Ассоциация микроорганизмов грибов
Катамин АБ	0,5	60	100	100	1,0	60-120	100
Алкацетам	1,0	60	100	100	отсутствует		
Катамин АБ Алкацетам	0,05-0,10	15	100	100	0,1-0,5	60	100



ТЕХНОЛОГИИ

проявился при совместном использовании двух четвертичных аммониевых соединений различной химической структуры – Катамина АБ и Алкацетама. Дезинфицирующая активность смеси оказалась в 5–20 раз выше, чем индивидуальных веществ (таблица 3). Синергизм (усиление взаимного действия) в данном случае можно объяснить так: молекулы разных четвертичных аммониевых соединений отличаются электронным строением, а потому взаимодействуют друг с другом (химически или электростатически), образуя так называемые «цвиттер-ионные» ПАВ с двойным хвостом. Они-то и дают такую эффективность.

В результате всех экспериментов и испытаний появилось новое композиционное дезинфицирующее средство российского производства — «Алкацетам-М». Оно эффективно не только против стандартного набора бактерий и микроскопических грибов, но, что очень важно, и против микобактерий туберкулеза. Новое средство совершенно нетоксично, оно моет и дезодорирует одновременно. Его можно применять и в больницах, и в общественных местах, где бывает много народу — то есть на предприятиях коммунально-бытового хозяйства, в учреждениях социальной сферы, культуры, спорта, образования, а также для дезинфекции содержимого баков мобильных туалетных кабин. Ведь не секрет, что именно из мест общего пользования, как правило, мы приносим домой всякую заразу. И с этой точки зрения замучившая всех реклама средства, убивающего в унитазе ВСЕ бактерии (казалось бы зачем — не чай же из него пить!), отнюдь не лишена смысла.

Кандидат химических наук
Н. К. Кобякова,
кандидат медицинских наук
О. Н. Воробьева



Самый резвый ипподром

Л. Стрельникова

В России появился самый резвый ипподром, которому в августе исполнился год. Неудивительно, что построили его в Казани — в Татарстане лошадей почитают не меньше, чем людей. Ипподром открыли в дни празднования тысячелетия Казани, и уже через два с небольшим месяца лошади показали на нем самую лучшую резвость в России. Конечно, это были отборные скакуны, которые буквально летели над скаковыми дорожками. Но помогало им великолепное покрытие дорожек, которое впервые создали российские технологи из компании «Вистекс».

Покрытие решает все

Сделать хорошее покрытие для скаковых дорожек и конкурных полей — задачка посложнее, чем сделать хорошую скоростную дорогу. Ведь по дорогам ездят железные автомобили, а по ипподрому бегают лошади на тонких и хрупких ногах. Если покрытие слишком жесткое, то из-за ударной нагрузки лошади травмируют суставы и ломают ноги. Вот почему нельзя заставлять их бегать по асфальту. Если грунт слишком мягкий, то есть нет отдачи, копыто увязает и страдают связки, которые начинают опухать и болеть. Лошадь выходит из строя. Здесь, как и в любом деле, нужна золотая середина.

Интересно, что стандартов на жесткость такого покрытия в мире до сих пор нет. Его оценивают субъективно. Тренеры, судьи и жокеи мнут грунт в руках, прыгают по нему и выдают заключение — грунт плохой, на таком соревнования проводить не будем. Все

в один голос говорят, что нужно разработать единые критерии для грунта. Но их пока нет. И все-таки негласное требование коневоды сформулировали. Игорь Львович Коган, известный ветеринар по коневодству, считает, что хороший грунт — это когда копыто лошади при нагрузке не тонет более чем на 2–2,5 см. Таким же должно быть смещение грунта на вираже, чтобы копыта не скользили и не увязали. Иначе травмы неизбежны.

Однако требования диктуют не только лошади. Не будем забывать, что ипподром — это место для зрителей. Если покрытие плохое, то красивое шоу закроют клубы пыли, которая к тому же будет забивать носы лошадям и жокеям. А если вдруг пойдет дождь во время соревнований? Хорошее покрытие должно беспрепятственно пропускать воду, чтобы на дорожках не стояли лужи и чтобы через пять минут после дождя было сухо и можно было бы продолжить скачки. И конечно же покрытие должно быть

простым в обслуживании, долговечным и всепогодным, то есть не менять своих свойств при перепаде температуры. Для Казани, где зимы холодные, а лето жаркое, это более чем актуально.

Хотим российское покрытие

К моменту строительства казанского ипподрома в России не было никаких разработок ипподромного грунта, да и опыта проектирования и строительства ипподромного комплекса мирового класса — тоже. Поэтому Рашиту Рахиповичу Шайхутдинову, генеральному директору «Татспиртпрома», который отвечал за строительство ипподрома, пришлось объехать все лучшие ипподромы мира, вести переговоры со многими компаниями, в том числе с известной английской фирмой «Мартин Коллинз». Покрытия от «Мартин Коллинз» лежат на беговых дорожках и конкурных полях многих ипподромов Европы. Понятно, что услуги этой компании стоят дорого. Но мало того что дорого, все компоненты для покрытия должны были быть изготовлены в России и поставлены в кратчайшие сроки. Англичанам оставалось только сварить на месте состав и уложить на ипподроме.

Р.П. Шайхутдинов нашел поставщика резиновой крошки — компанию «Ви-



ТЕХНОЛОГИИ

стекс» — и пригласил ее директора, кандидата химических наук Фаниса Ризаевича Алимова на переговоры. Выбор этой компании был не случайным. Она известна своими инновационными технологиями в области композиционных и полимерных материалов. Одно из направлений компании — переработка резины и химических волокон. Да и завод, где перерабатывают резинотехнические изделия, располагается недалеко от Казани, в городе Канаше. Так что с поставщиками все складывалось удачно.

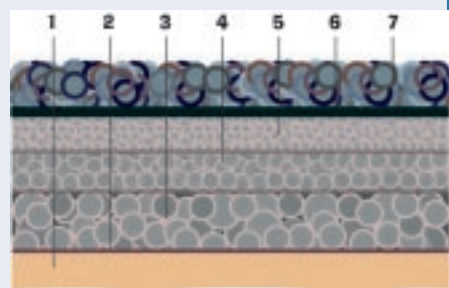
А вот разговор закончился неожиданно. «Неужели мы в России не можем сделать грунт для ипподрома? — возмутился Р.Р.Шайхутдинов. — Почему деньги должны уходить западной компании? Я хочу, чтобы на ипподроме в Казани лежало российское покрытие. И чтобы оно было лучшим в Европе. Сделаете?» Фанис Алимов, который до этого момента никогда не имел дело с ипподромными грунтами, зажмурился от неожиданности. Но задача была интересной, даже патриотической. «В России коневодство непременно будет возрождаться. Сделаете хороший грунт здесь, другие ипподромы захотят такой же. Это же новое направление бизнеса для вас!» — убеждал Р.Шайхутдинов. Не согласиться с ним было невозможно.

А дальше началась бешеная работа. Разговор состоялся в конце апреля, в начале августа ипподром должен был открыться для первых торжественных скачек, а никакого российского покрытия, то есть его образцов, пока что не было и в помине. Алексей Валентинович Мелиоранский, ведущий специалист компании, буквально ночевал в лаборатории. Для начала здесь тщательно проанализировали состав импортных покрытий. Затем, исходя из сырьевых возможностей, создали свою рецептуру с российской изюминкой и начали варить образцы. Раз в два-три дня модельные образцы отвозили в Казань, чтобы показать специалистам, измеряли их упруго-деформационные свойства. Каждый следующий обра-





Грунт на скаковой дорожке напоминает слоеный пирог:



- 1 — песчаное основание с дренажными трубами;
- 2 — геотекстильная разделительная мембрана;
- 3 — слой гравия (фракция 32–100 мм) толщиной 20 см;
- 4 — слой гравия (10–32 мм) толщиной 15 см;
- 5 — слой гравия (5–10 мм) толщиной 15 см;
- 6 — выравнивающий слой пористого асфальта толщиной 5 см;
- 7 — всепогодный ипподромный грунт толщиной 15 см

ством ипподрома, чтобы его сертифицировать в соответствии с международными правилами, признали, что грунт выше всяких похвал. Признали это и лошади: на отечественном покрытии они стали бегать еще быстрее. А обошлось оно заказчикам в несколько раз дешевле английского.

Слоеный пирог

Скаковая дорожка напоминает слоеный пирог. Как и у хорошего автобана, в ней чередуются слои песка с дренажными трубами и слои гравия разного размера. Завершает конструкцию выравнивающий слой пористого асфальта и ипподромный грунт (см. рис.). Его состав весьма прост. Во-первых, это сухой кварцевый песок определенной дисперсности. Обычный песок не подходит — в нем много карбонатов и глины, которые образуют уплотнения. Второй компонент — полимерные синтетические волокна и резиновая крошка. Они делают грунт упругим и эластичным.

зец приближался к оптимуму, и на десятой попытке он был достигнут.

Когда утвердили модельный образец, стали подбирать оборудование, заключать контракты с подрядчиками. Ведь грунт надо было варить рядом с Казанью, чтобы быстро доставлять его на место. Уже в конце мая начали завозить сырье, а в июле большие самосвалы с грунтом потянулись к ип-

подрому, где его немедленно укладывали на дорожки. За месяц изготовили 20 тысяч тонн грунта, который уложили за неделю почти на 100 тысячах квадратных метрах ипподрома. Это был своего рода рекорд для технологического мира. А главное, несмотря на сумасшедшую гонку, грунт получился отличным. Международные эксперты, приглядывавшие за строитель-



Разработчики грунта И. Айзатуллов, Н. Иванова и А. Мелиоранский (фото слева) проверяют качество своего детища на ощупь и даже по запаху (фото справа)

И наконец, пластификатор-модификатор из парафинов, кремнийорганики и воска, который связывает все компоненты грунта. Именно этот компонент — российское ноу-хау.

Создание новых композиционных материалов сродни кулинарии, в которой успех определяют детали: влажность и дисперсность компонентов, их соотношение и порядок смешивания, температурный режим. У химиков и технологов это называется «чувством вещества». В данном случае успех обеспечили парафины и воск, чей углеводородный состав был подобран с особой тщательностью и вскоре запатентован. Углеводороды играют здесь роль пластификатора и модификатора поверхности. Они скрепляют компоненты грунта в единое целое и обеспечивают необходимую упругость и эластичность композиции.

Кварцевый песок брали из карьера под Ульяновском. Конечно, пока его везли, в него попадал мусор. Поэтому на месте песок пропускали через грохоты и подсушивали — в том году

лето было дождливым. Смесь парафинов и воска с кремнийорганикой готовили на химическом заводе и отвозили на место в специальных автомобильных термосах. Резиновую крошку и полимерные синтетические волокна доставляли из Канаша, где находится завод «Полимерстройматериалы» компании «Вистекс». Об этих синтетических волокнах стоит поговорить отдельно.

На заводе в Канаше производят нетканые материалы из химических волокон, линолеум и перерабатывают резинотехнические изделия. Оказалось, что эти материалы, перемолотые до определенной дисперсности и обработанные соответствующим образом, — отличный наполнитель для грунта. Конечно, пришлось дополнительно установить специальные дробилки и переналаживать производство.

Грунт «варили» в бетономешалке, куда загружали очищенный и просушенный кварцевый песок при температуре 50–60°, подготовленные полимерные волокнистые материалы и резиновую крошку. Сюда же по форсункам впрыскивали смесь парафинов и воска. Получалась серая масса, по консистенции похожая на го-

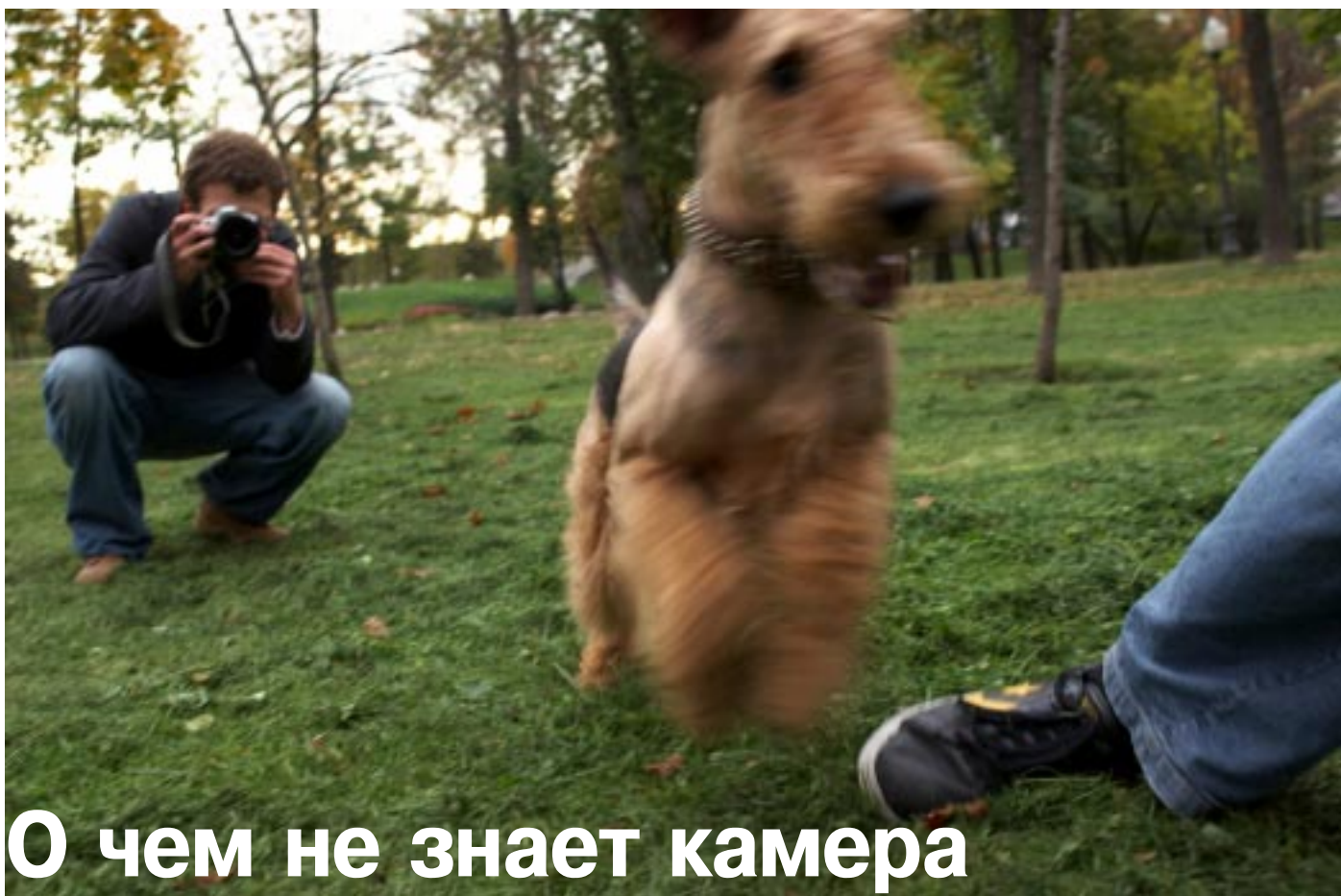
рячий асфальт. Ее доставляли на самосвалах на ипподром и сразу же укладывали на подготовленные многослойные дорожки. Теплый грунт, а его температура в этот момент составляла 40–50°, утрамбовывали с помощью катков так, чтобы толщина покрытия не превышала 15 см. Свежее покрытие было достаточно мягким — на нем оставались следы от ботинок. Но за несколько дней оно схватывалось, созревало, и в конце концов получалось то, что нужно, — копыто лошади погружалось в него точно на 2,2–2,5 см.

Специалисты называют этот грунт вошным благодаря парафинам и воску, на долю которых приходится 10–15%. Они играют роль поверхностно-структурного модификатора. Поэтому, меняя состав углеводов, можно делать покрытия с совершенно разными свойствами. В данном случае грунт строго соответствовал негласным критериям коневодов. Но не только им. Покрытие выдерживает перепад температуры от минус 50° до плюс 65°. Оно не задерживает воду, если случится дождь, и его не требуется поливать. Представляете, какая экономия воды, если бы пришлось регулярно поливать около 100 тысяч квадратных метров? Грунт не пылит, а главное — за ним легко ухаживать. Достаточно пробежаться мини-культиватором по дорожкам, чтобы выровнять поверхность. Потребуется всего 5–7 минут, так что это можно сделать между забегами.

Покрытие будет служить не менее 15 лет. Первый год разработчики держали ипподром под авторским надзором — приезжали осенью, зимой и весной и смотрели, что происходит с грунтом при разных погодных условиях. Ничего не происходит. Какой был, таким и остался. Даже в «Мартин Коллинз» признали, что, похоже, теперь им в России делать нечего.

Если у вас появились вопросы, обращайтесь по адресу visteks@visteks.ru, www.visteks.ru





О чем не знает камера

Тому, кто хочет просто щелкать карточки на память, заказав своему фотоаппарату «портрет», «пейзаж» или «спорт» и без лишних хлопот нажимая на кнопку, эта статья не нужна. Другое дело, если вы желаете испытать муки творчества... Тогда надобно будет потрудиться. Забыть о сюжетных программах и заняться фотографией. А цифровая камера — она на то и «цифра»: и алгеброй гармонию поверить заставит, и к дисциплине чисел и графиков приучит.

Как «цифра» это делает

Спусковая кнопка нажата, камера сделала снимок и записала его в карту памяти. Теперь — садись за компьютер и все делай сам: творческий процесс продолжается. И столько новых возможностей!

Но сначала все-таки нужно сделать снимок. Существует небесспорное мнение, что художник изображает не то, что он видит сейчас, а то, что он должен увидеть потом. Пусть так, пусть снимок — всего лишь заготовка; но и такой снимок все-таки должен быть похожим на реальность, содержать максимум визуальной информации о событии, людях, предметах, а цвета и тона (яркости) должны быть воспроизведены правдиво.

Фотосъемка — гора проблем. Из них мы выбрали, полагая первоочередной, проблему правильного воспроизведения тонов. Можно назвать ее и задачей правильного экспонирования, поскольку оно есть не что иное, как инструмент воспроизведения яркостей объекта фотографирования.

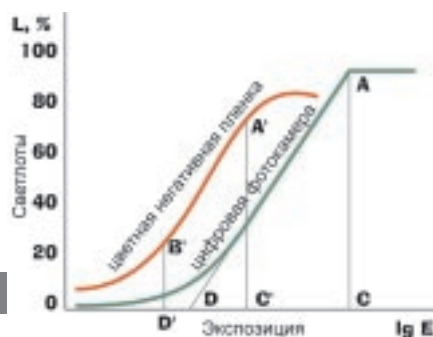
Положите перед собой один из ваших удачных снимков, скажем пейзажных, и постарайтесь вызвать в памяти сам пейзаж. По диапазону яркостей они явно несопоставимы. На снимке ни одно пятнышко не может быть светлее бумаги, на которой он отпечатан. В реальном же пейзаже могут присутствовать, к примеру, ослепительно белые облака, освещенный солнцем снег или солнечные блики на воде. В ясный солнечный день части пейзажа могут различаться по яркости в 300 раз, тогда как на снимке соотношение яркостей («светлостей» снимка) не превышает 70:1. Но все это не особенно вас беспокоит, и, уж во всяком случае, вы не видите здесь повода забраковать снимок. Куда больше вас заботят общий тон и контраст изображения, то есть соотношения яркостей, в том числе близких. Игра тонких оттенков белых облаков привлекает и завораживает; но, когда на том же месте вы видите однотонно-белые пятна, это раздражает. То же самое — глухие, непроглядные тени. Явный

брак! Потеря деталей: «заваленные тени», «забитые света» — о максимуме информации, понятно, говорить не приходится. Конечно, если вы пошли на это сознательно, чтобы создать силуэт или что-то в этом роде, — тогда другое дело.

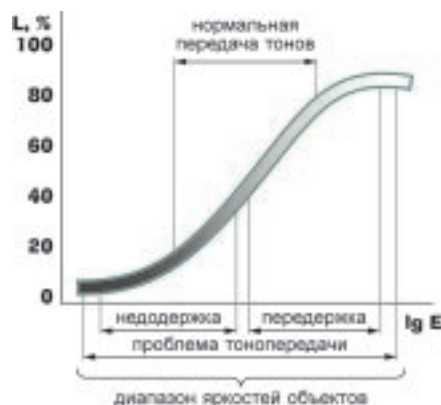
Средств управления тональной передачей при фотосъемке немного. Свойства светочувствительного слоя — раз. Встроенная экспонометрическая система — два. И третье — умение пользоваться тем и другим. Немного, но и не так уж мало. У трубы ведь тоже только три клавиши, а какие волшебные звуки извлекали из нее Луи Армстронг и Эдди Рознер!

Переносчиком информации о фотографируемом объекте служит светочувствительный слой — фотопленка или ПЗС-матрица. Насколько он справляется с этой задачей, судят по передаточному графику, называемому характеристической кривой. Интересуются такими графиками в основном специалисты, но отнюдь не игнорируют их и фотографы, особенно «цифровики». Характеристическая кривая позволяет оценить съемочные возможности цифровой фотокамеры (ЦФК), выработать тактику съемки, оградить себя от ошибок.

Характеристическая кривая (рис. 1) показывает соотношение между входом и выходом, то есть между дей-



1
Характеристические кривые



2
Недодержка, передержка: положение на характеристической кривой

ствием и результатом. Действие производит свет, создавая на светочувствительном слое светотеневое изображение. Пока открыт затвор камеры, слой успевает зарегистрировать (запомнить) картинку, и после известных технологических процедур результат появляется в виде экранного или отпечатанного на бумаге изображения. Количественно действие оценивают экспозицией — «дозой» светового облучения, полученной данной областью слоя, а результат — светлотой соответствующей области на снимке. Экспозиция пропорциональна выдержке и освещенности, а значит, и яркости той же области объекта съемки. Характеристическая кривая — это графическая зависимость светлот снимка от экспозиций и тем самым от яркости объекта.

Какими величинами светлот и экспозиций оперирует характеристическая кривая? Интервал светлот бумажного отпечатка не превышает 70:1. На экране телевизора или компьютера этот интервал может быть больше. Мы будем придерживаться системы отсчета, принятой в графических редакторах, например в программе Adobe Photoshop. Вызвав в окне редактора палитру Info, увидим, что в серой шкале (Grayscale) яркостям картинки приписывается от 100 до 0% черного, то есть от 0 до 100% белого, а в цветовом пространстве RGB яркость каждого канала (красного, зеленого, синего) оценивается в условном диапазоне 0–255.

Что касается диапазона экспозиций, то он очень широк, так как камера предназначается для съемки в самых разных условиях освещения. Загляните в ваше «Руководство пользователя» и в «Технических характеристиках» увидите, например, что для вашей камеры «диапазон экспозиций 0–20 EV». Экспозиционное число EV (Exposure Value) — ступень экспозиции, отличающаяся от соседних в два раза, то есть на одно деление стандартной шкалы диафрагмы. Стало быть, 20 EV — это двадцать делений шкалы диафрагмы либо столько же удвоений выдержки. Таким образом, экспозиционное число — это логарифм при осно-

вании 2, и выражения «от 0 до 20 EV» и «от 2^0 до 2^{20} » означают один и тот же диапазон экспозиций: от 1 до 1048576. Иметь дело с такими большими числами, как и с логарифмами при основании 2, неудобно. По этой причине (и по ряду других) экспозиции заменяют их десятичными логарифмами, выражающими порядок величины. К тому же логарифмические зависимости лучше соответствуют особенностям восприятия (психофизический закон Вебера — Фехнера). При прочих равных условиях логарифмы экспозиции с точностью до постоянного слагаемого равны логарифмам выдержек.

В средней части характеристической кривой все в порядке, но на концах она более пологая, что означает снижение контраста в сильных светах и глубоких тенях вплоть до потери деталей. Следовательно, по характеристической кривой данной фотопленки или матрицы можно судить, насколько сохраняется изображение по краям диапазона яркостей. Длину интервала адекватной регистрации яркостей называют фотографической шириной, а в цифровой фотографии — динамическим диапазоном. Смысл обеих величин один и тот же: это длина максимального интервала яркостей, преобразуемых в снимок без потери деталей. Но регистрация изображения в аналоговой (пленочной) и цифровой фотогра-

фии — разные физические процессы, поэтому характеристические кривые пленки и цифровой фотокамеры различны. На это следует обратить внимание, особенно если вам предстоит выбор между аналоговой и цифровой фотографией.

Характеристическая кривая фотопленки имеет S-образную форму (рис. 1). Наилучшая передача тонов получается в пределах среднего, более или менее прямолинейного рабочего участка A'B'. При передержке (слишком большой общей экспозиции) диапазон яркостей объекта частично или полностью смещен на правую дугу кривой (рис. 2), и контраст в светах изображения оказывается сниженным. При недодержке (общая экспозиция недостаточна) наиболее темные части объекта оказываются на левой (нижней) дуге, и на этот раз хуже прорабатываются детали в тенях. Систематически повторяющиеся случаи недодержек или передержек могут свидетельствовать о неисправности экспонометрического устройства камеры, но чаще это просто ошибки фотографа.

Более серьезные проблемы возникают, когда интервал яркостей фотографируемого объекта не вмещается в фотографическую широту светочувствительного слоя (рис. 2). Например, когда надо из глубины комнаты сделать снимок, передающий и детали интерьера, и ярко освещенную уличную сцену за раскрытым окном. Пленка не рассчитана на такой интервал яркостей, и в тенях либо в светах некоторые детали потеряются. Можно напечатать снимок светлее или темнее, но это не спасет его: информации недостаточно, и взяться ей неоткуда. Фотографическая широта — один из основных и рекламируемых показателей качества пленочной продукции. У негативных цветных пленок она достигает 2,5, у обратимых 1,4–1,5 при светочувствительности 50 ISO и 1,1–1,2 при 1600 ISO. Эти безразмерные логарифмические оценки означают, что негативные пленки способны изображать без потери деталей объекты, в которых самые светлые части примерно в 300 раз ярче самых темных, тогда как у обратимых

пленок этот интервал в 10 раз короче. В наш век компьютерного всемогущества изображение можно подправить, если его отсканировать и применить к нему программные средства тональной коррекции. Вникать в технологию этих процедур мы не станем, так как об этом написано много хороших книг (см. например: В. Мураховский, С. Симонович. Секреты цифрового фото. М. — СПб., Питер, 2004). Компьютерная коррекция сводится в основном к некоторому спрямлению характеристической кривой, благодаря чему увеличивается фотографическая широта. Разумеется, необходимо, чтобы в тенях и светах оставалась хоть какая-нибудь информация: программа поможет вытянуть детали, но реставрировать исчезнувшие она не в состоянии. Но «цифровые» проблемы специфичны, поскольку характеристическая кривая ЦФК отличается от пленочной: это хорошо видно на рис. 1. Прямолинейный средний участок кривой ЦФК с левой стороны плавно переходит в широкую дугу, достигающую нулевого уровня светлоты, а справа упирается в точку излома А, за которой кривая переходит в горизонтальную прямую. Наличие точки излома и горизонтального участка вызвано необходимостью предотвратить электрический пробой из-за накопления заряда в ячейках матрицы, получивших чрезмерное световое облучение. Средний участок кривой оптимально соответствует психофизическим закономерностям зрительского восприятия. Работоспособна и широкая дуга слева, так как контраст деталей сохраняется, хотя и снижается, а применение постоянно совершенствуемых программных средств тональной коррекции позволяет отодвинуть левую границу рабочего участка в область меньших экспозиций. Однако по мере уменьшения полезного сигнала возрастает доля помех — собственных «шумов» матрицы, и в конце концов полезный сигнал тонет в них. Какой уровень шумов допустим в конкретном случае, зависит от назначения снимка, от запросов фотографа, от предполагаемого увеличения при просмотре. Поэтому точно указать левую границу рабочего участка невозможно. В каждой съемочной ситуации она определяется компромиссом между желаемой проработкой теней (или ISO-чувствительностью камеры) и приемлемым уровнем шумов, и этот компромисс — дело выбора пользователя.

С правой стороны рабочий участок ограничен очень четко. Границей служит точка излома, за которой сразу начинается горизонтальная часть. Попав туда, ярчайшие области объекта

превращаются на снимке в пустые белые поля, лишённые деталей. Горизонтальная часть характеристической кривой ЦФК — это зона засветки. Как видим, цифровая передержка носит пороговый характер. Недодержка ведет к ухудшению изображения деталей в тенях, а передержка — к потере деталей в светах. Недодержка в той или иной мере поддается коррекции, передержка — нет. Наличие излома и зоны засветки — едва ли не самое уязвимое место цифровой технологии: «цифра» не любит передержек! Любителям контрольного освещения (то есть подсветки сзади снимаемого объекта), при аналоговой технологии требовавшего не только подстраховки от недодержек, но и заведомой передержки в расчете на выравнивающее проявление, «цифра» поначалу принесла разочарование.

Итак, характеристическая кривая — это одно из неотъемлемых свойств ЦФК, но рабочий участок фактически определяется волевым решением фотографа, а не устанавливается раз и навсегда на все случаи жизни. Так же обстоит дело с ISO-чувствительностью. Чувствительность самой матрицы зависит от ее конструкции и размера ячеек, остальное — функция усилителя сигнала. Когда вам нужно повысить чувствительность пленочной камеры, вы сматываете заряженную в нее пленку обратно в кассету и заменяете ее другой. В ЦФК для этого достаточно обратиться к меню камеры и нажать пару кнопок. Но, повышая чувствительность, вы сдвигаете характеристическую кривую влево, в область меньших экспозиций, где к информационному сигналу добавляются шумы.

В связи с неопределенностью рабочего участка не определено и понятие динамического диапазона цифровой фотокамеры. Иногда за динамический диапазон принимают полный диапазон экспозиций, воспринимаемых матрицей, от минимальных до максимальных вблизи точки излома. Однако в таком случае динамический диапазон включает дугу характеристической кривой, вместе с шумами и искажениями тональной передачи. При этом возможности пленки и матрицы становятся несопоставимыми, так как для пленки учитывается именно прямолинейный участок. С другой стороны, ограничиваться прямолинейным участком при оценке динамического диапазона ЦФК было бы неправильно. Во-первых, кривизна характеристической кривой ЦФК меньше, чем у пленки; во-вторых, не будем забывать о возможности программной коррекции, то есть спрямления кривой — ведь компьютерная обработка так или

иначе входит в цифровой фотографический процесс. Максимально достижимый эффект коррекции выражается продолжением прямолинейного участка до пересечения с осью экспозиций, то есть отрезком AD на рис. 1. Длина проекции DC этого отрезка на ось экспозиций и будет в таком случае выражать динамический диапазон ЦФК.

Динамический диапазон — тоже величина логарифмическая, и, хотя каждому ясно, что 2,5 лучше, чем 1,5, наглядности это не добавляет. Поэтому пользуются также фотографической шириотой EV, выраженной в экспозиционных числах. Эти величины связаны простыми соотношениями. Поскольку,

$$E_v = \frac{D}{\lg 2} = 3,32D \quad D = 0,301E$$

то

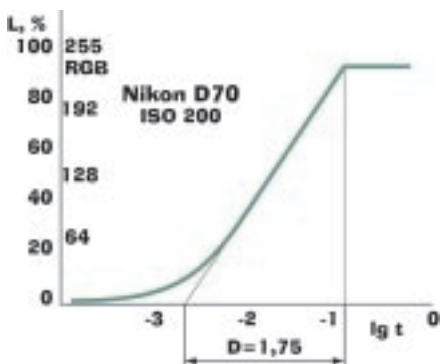
$$2^{E_v} = \frac{E_{max}}{E_{min}} \quad D = \lg E_{max} - \lg E_{min}$$

Как следует из определения экспозиционного числа EV, в интервале n яркостей EV самые яркие части в 2ⁿ раз ярче самых темных. В идеале (при отсутствии шумов) цифровая зеркалка полупрофессионального класса с динамическим диапазоном 1,75 способна правильно изобразить сюжет, интервал яркостей которого охватывает почти 6 EV, то есть около 60:1. На правильно экспонированном снимке получатся и голубое небо с кучевыми облаками, само по себе требующее выдержки 1/1500 с, и темные участки, скрытые в тени, для которых при той же диафрагме и светочувствительности подходящей была бы выдержка 1/30 с. Конечно, это не означает, что снимать такой сюжет можно с 1/1500 с. Ведь тогда хорошо получится только небо, а все остальное будет слишком темным. Это недодержка. Если же снимать с 1/30 с, то получится скрытое в тени, небо же будет сплошь белым, все остальное — более или менее белесым: передержка. На деле фотограф располагает несколько большим «экспозиционным ресурсом», так как небольшие отклонения от прямолинейности характеристической кривой практически незаметны. Тем более важно знать, как разумно распорядиться экспозиционным ресурсом, чтобы избежать крайностей и полностью реализовать возможности ЦФК.

Характеристическую кривую (они не приводятся ни в проспектах и каталогах, ни в пользовательских инструкциях) можно построить с помощью подручных средств, способом, предложенным В. Васильевым и А. Слабухой в журнале «ФОТО & ВИДЕО» № 8 за 2000 год, немного дополнив его. Потребуется ЦФК на штативе, лист

матовой белой бумаги размером А4 (объект съемки) и источник света. На камере устанавливаем съемочный

3 Характеристическая кривая цифровой фотокамеры Nikon D70

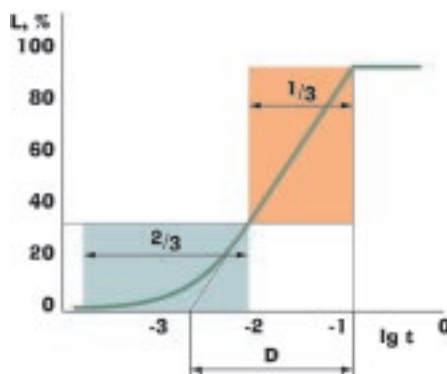


режим М («ручной»), баланс белого настраиваем на свет источника. На середине бумажного листа обозначаем центрирующую точку, располагаем лист перед камерой так, чтобы его изображение заняло все поле зрения видоискателя, и равномерно освещаем. Делаем серию из 30–50 снимков (благо нет проблем с расходными материалами) с разными выдержками, но при одной и той же диафрагме и чувствительности, не сдвигая с места камеру, бумажный лист и источник света. При названных условиях величина экспозиции с точностью до постоянного слагаемого равна логарифму выдержки t . Начинать серию надо достаточно короткими выдержками, заканчивать — достаточно длинными. Для примера: характеристическая кривая ЦФК Nikon D70, представленная на рис. 3, построена по серии из 34 кадров, снятых при освещении лампой 60 Вт с расстояния 60 см и чувствительности 200 ISO с выдержками от 1/6400 до 1/2 секунды при диафрагме 5,6. Выдержку для каждого следующего кадра увеличиваем минимально, насколько позволяет камера, и не забываем записывать номера кадров и величины выдержек.

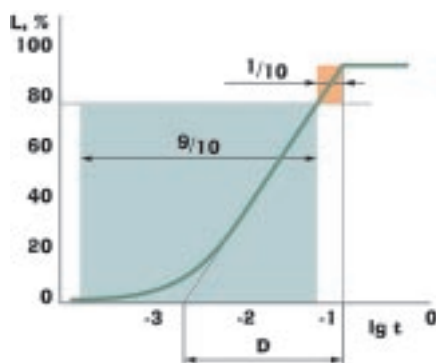
Отснятую серию перекачиваем на жесткий диск компьютера и приступаем к измерениям светлот. В Photoshop'e палитру Info настраиваем на опцию «Grayscale», для инструмента Eyedropper выбираем в окне Sample Size панели опций «5 by 5 Average» и измеряем черноту K вблизи центрирующей точки. Записываем результат в таблицу против номера кадра. Повторяем то же самое со следующими кадрами. Важно, чтобы все замеры производились в одном и том же месте, это исключит ошибки из-за неравномерности освещения при съемке. Если по крайней мере три первых кадра одинаково показали $K = 100$ или 99%, про-

цедуру можно продолжать; если же началось с меньших значений, то серию следует переснять, начав с еще более коротких выдержек. Аналогично, если на другом конце серии (при длинных выдержках) не достигнут повторяющийся результат $K = 0\%$, съемочную серию следует выполнить еще раз, закончив более длинными выдержками.

Остается вызвать на экран калькулятор, определить десятичные логарифмы выдержек, пересчитать черноты $K\%$ на светлоты $L = 100 - K\%$, построить по точкам характеристическую кривую и подсчитать динамический диапазон.



4 Распределение экспозиционного ресурса ЦФК в зависимости от положения точки средне-серого



Для чего все это нужно?

Полученные данные об информационных возможностях ЦФК помогут решить задачу корректного экспонирования. Вообще-то эта задача возло-

жена на автоматическую экспонометрическую систему ЦФК. Она должна произвести «экспозамер», то есть измерить яркость объекта, и в соответствии с полученными данными дать камере команду на установку нужной экспозиционной пары «диафрагма — выдержка», оповестив об этом сообщением на дисплее и в видоискателе. Но экспонометрическая система — всего лишь автомат с весьма скромными интеллектуальными возможностями. Поэтому фотографу следует относиться к сообщению критически, а иногда и вмешаться в работу экспосистемы.

Всякое экспонометрическое устройство работоспособно, если оно откалибровано, то есть выбрана точка отсчета. Делается это на заводе-изготовителе, задолго до того, как камера попадает в ваши руки. Экспонометрические системы — полные дельтарики: они различают только яркости, но не цвета. Настраивают их по нейтральной, так называемой средне-серой точке. Вопрос о выборе нейтральной точки вызывал споры, пока не стало ясно, что однозначного решения не существует. Так, корпорация «Nikon» калибрует экспонометрические системы в соответствии со стандартом ANSI (American National Standard Institute) по нейтрально-серому полю 60% K (светлота $L = 40\%$). С помощью характеристической кривой легко убедиться, что эта точка средне-серого ложится не совсем на середину полного диапазона экспозиций ЦФК (рис. 4а). Треть его отводится светам и светлым полутонам, а две трети — теням и темным полутонам. Динамический диапазон делится при этом примерно в обратном отношении 3:2. Следовательно, при динамическом диапазоне 1,75 точку средне-серого отделяют от его нижней границы почти 2 EV, а от верхней — почти 4 EV. Разумеется, этот выбор так или иначе мотивирован, но тем не менее субъективен, как и всякий другой. Впрочем, данное положение точки средне-серого достаточно благоприятно: риск пороговой передержки возникнет лишь в случае очень грубой экспозиционной ошибки.



В эпоху аналоговой (пленочной) фотографии был принят стандарт калибровки экспонометров и встроенных экспонометрических систем по 18%-ной серой карте, соответствующей средней отражательной способности многих фотографируемых объектов. Фотографическая широта любительских негативных пленок («Kodak Gold», «Fuji Superia», «Konica VX») распределяется так, что если вы будете снимать по экспономеру, то у вас нормально получатся те детали сюжета, которые не более чем в восемь раз темнее 18%-ной карты и не более чем в два раза светлее ее.

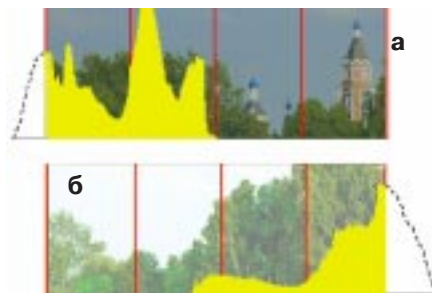
В случае ЦФК 9/10 полного диапазона экспозиций приходится на тени и темные полутона, а 1/10 — на света и светлые полутона (рис. 4б). Точка средне-серого, соответствующая 18%-карте, оказывается на расстоянии 0,2D от пороговой точки, то есть при том же динамическом диапазоне, на 0,2·1,75·3,32 ≈ 1,6 EV, а до нижней границы остается 4,65 EV. Передержки в две экспозиционные ступени достаточно, чтобы лишиться деталей в светах и светлых полутонах, тогда как со стороны теней имеется весьма солидный запас.

Но о стандарте калибровки экспонометрической системы вашей камеры толком ничего не известно. Этих сведений вы не найдете и в руководстве пользователя. Зато цифровая камера сама может подсказать, когда именно следует поправить экспономер, и предоставить удобную возможность для этого.

Как и всем техническим устройствам, экспонометрическим органам ЦФК свойственны погрешности. Но обычно экспонометрическая система делает свою работу правильно — так, как ее научили: всякий объект она сравнивает с калибровочной серой картой и по отклонению от нее вычисляет экспозицию. Тем не менее случаются ошибки — недодержки и передержки, и они болезненно отражаются на качестве снимков. Но ведь та же ЦФК делает и вполне качественные снимки. Значит, в одних случаях экспонометрическая система формирует адекватные команды, а в других — нет. Иными словами, не все ситуации ей под силу осмыслить. Есть известный анекдот. Вы фотографируете одну за другой трех кошек — серую, белую и черную, а кошка на всех снимках получается серой. Спрашивается почему? Да очень просто. Экспонометрическая система обмеряет серую кошку: тон совпадает с калибровочной картой, и система устанавливает на камере такую экспозиционную пару «диафрагма — выдержка», чтобы объект получился тонально реалистичным, то есть серым. Затем система обмеряет белую кошку.

В такие тонкости, как окрас животного, она не вникает, а просто сравнивает объект с серой калибровочной картой и находит, что объект светлее. Чтобы снимок получился правдивым, то есть таким же, как калибровочная карта, система командует камере уменьшить экспозицию. Наступает очередь черной кошки; система находит, что объект темнее карты, и приказывает камере увеличить экспозицию настолько, чтобы объект получился опять-таки как калибровочная карта — серым.

Мораль такова: снимая светлое, увеличивай выдержку по сравнению с экспономером, а снимая темное — уменьшай. Имеется ли возможность для подобного маневрирования? В большинстве случаев — да. Потому что динамический диапазон ЦФК далеко не всегда используется полностью. В случае упомянутого выше примера с интерьером и уличной сценой, когда интервал яркостей зашкаливает за 1000:1, динамического диапазона может не хватить даже у лучшей цифровой зеркалки. В то же время интервал яркостей освещенной солнцем фигуры едва ли превышает 20:1, а летнего пейзажа — 10:1. На такой случай в динамическом диапазоне имеется кое-какой резерв, а значит, существует принципиальная возможность скорректировать экспономер в нужную сторону. Но это должен взять на себя фотограф, автоматическая экспонометрическая система этого делать не умеет. Фотограф должен оценить ситуацию и ввести нужную поправку. Камера предлагает и собственную оценку в виде съемочной гистограммы, которая появляется на мониторе ЦФК вслед за сделанным



5
Типичные гистограммы недодержанного (а) и передержанного (б) снимков

снимком, а в некоторых моделях и опережает его. Благодаря этому вы можете тут же исправить ошибку, повторив снимок с экспозиционной поправкой. При пленочной же фотографии вы увидите гистограмму только в графическом редакторе, уже после того, как покинули место съемки, успели проявить пленку и отсканировать негатив, а вашего сюжета тем временем давно нет и в помине.

Нажав на спусковую кнопку и рассматривая на мониторе результат, не забудьте вызвать гистограмму (рис. 5). Первое, что надо знать о ней: все, что находится вне ее границ, — либо черное (слева), либо белое (справа) — потеря деталей!

Обратите внимание: пики гистограммы, как правило, более или менее симметричны. Поэтому если на левой (или правой) границе гистограммы имеется уступ, то по другую сторону границы угадывается некое его продолжение — черные (или белые) пиксели снимка, вышедшие за пределы адекватной передачи яркостей. Так выглядел бы пик, если бы оставался в поле гистограммы — в поле светлот от 0 до 255. Но случилась недодержка (или передержка), и половинка пика оказалась невидимой за границами этого поля. Таким образом, по виду гистограммы можно судить, экспонирован ли снимок правильно, недодержан или передержан.

При недодержке (рис. 5а) правая часть гистограммы пустует. Общий тон снимка темный, приглушенный. Во многих случаях такой снимок удастся вытянуть с помощью программных средств и сделать его достаточно «смотрибельным». Однако если съемочная гистограмма содержит с левого края массивный уступ, как на рис. 5б, то, по всей вероятности, вы допустили потерю деталей в тенях — они ушли в «черное».

Традиционная пленочная технология предлагала правило, становившееся второй натурой фотографа: выдержку измеряй по теням, а если сомневаешься, то на всякий случай лучше передержки. «При съемке на негативную пленку... определяйте экспозицию так, чтобы... запечатлелись детали, находящиеся в тенях, а о ярко освещенных предметах особо не беспокойтесь: они всегда могут быть воспроизведены на стадии печати» (Ли Фрост. Фотография: Вопросы и ответы. М.: Арт-Родник, 2003). Для своего времени совет известного мастера хорош; в эпоху цифровой технологии полезнее был бы противоположный. Однако привычка осталась, а новое поколение «цифровиков», никогда не имевшее дела с пленкой, еще только приходит в фотографию. К тому же, как мы только что выяснили, при существующей практике калибровки экспонометрических органов ЦФК в области светов и светлых полутонов имеется меньший экспозиционный ресурс, чем в области теней и темных полутонов. По этим причинам передержки случаются у нынешних пользователей ЦФК чаще, чем недодержки. А цифровая передержка, будучи пороговой, означает потерю де-



6
Правильно
экспонированный (а)
и передержанный (б)
снимки



талей в светах. Признак передержки — уступ на правом краю гистограммы (рис. 5б), отрезающий значительную часть информации, содержащейся в ярких областях объекта. Как правило, такой снимок приходится считать испорченным. Зоны засветки снимка специально отмечают на мониторах некоторых ЦФК.

Передержки отрицательно сказываются и на качестве цветопередачи, что было замечено еще при пленочной технологии. Вот что писал Д.Килпатрик в книге «Свет и освещение» (М.: Мир, 1988): «Избыточная экспозиция с целью воспроизведения затененных деталей в ущерб проработке наиболее светлых участков «разбавляет» краски и уменьшает насыщенность изображения». При цифровой технологии проблема может и вовсе обернуться подвохом. Дело в том, что ЦФК, работающая в цветовом пространстве RGB, содержит зеленочувствительных ячеек вдвое больше, чем красно- или синечувствительных. Если вы снимаете объект, в котором доминируют красные или синие цвета и почти или полностью отсутствуют зеленые, то может так случиться, что красный (или синий) канал уже насыщен, а правый конец съемочной гистограммы все еще далек от предельной отметки 255. Иными словами, вы не получаете от гистограммы сигнала тревоги. Гистограмма смолчала, а потом с монитора компьютера на вас смотрят выцветшие до желто-оранжевых красные розы или бывшее когда-то ярко-синим полинявшее небо. Сюжеты с преобладанием красного или синего цвета требуют от фотографа большой осмотрительности и дублирования снимков в сторону недодержек.

Но вернемся к нашей теме — проблеме передачи тонов. Снимок сельского пейзажа с кучевыми облаками (рис. 6а, снимки автора) экспонирован правильно, что подтверждается его гистограммой. А в варианте с передержкой (рис. 6б) восстановить потерянные детали светов не удалось,



ФОТОЛАБОРАТОРИЯ

7
Снимок тонально
сбалансирован



несмотря на попытки тоновой коррекции. Снимок выглядит плоским, обедненным в тональном и цветовом отношении.

Следующий снимок (рис. 7а) тонально сбалансирован, и гистограмма подтверждает, что экспозиционный ресурс использован правильно. Правда, на ней имеется маленький уступ с правой стороны. Малая величина уступа — признак того, что пиксели пропавших деталей занимают на снимке мало места. Такой узкий и короткий уступ на правом фланге гистограммы возникает из-за присутствия в кадре ярчайших, но мелких пятен: светящегося фонаря, блика на воде и т. п.; в данном случае это маленький блик на правой луковиче сверху слева. Если не ставится специальная задача, устранять подобный уступ не стоит: обойдется себе дороже. Справиться с бликами можно лишь ценой сильной недодержки, а это загубит полутона и тени, не говоря уже о возрастании шумов.

Вывод: если гистограмма сигнализирует о недодержке, следует повторить снимок, сделав экспозиционную поправку со знаком +. Это во всяком случае целесообразно, когда имеется свободное место в правой части гистограммы, как на рис. 5а. Изображение при этом переместится на прямой линейной части рабочего участка характеристической кривой, где тона воспринимаются более гармонично. Однако если экспозиционная поправка приводит к появлению широкого уступа справа, как на рис. 5б, то не-

обходимо ее уменьшить или отказаться от поправки вовсе.

Если же гистограмма показывает, что снимок передержан, причем величина уступа справа говорит о значительной потере, следует повторить снимок с отрицательной, уменьшающей поправкой, даже если это повлечет за собой некоторую недодержку теней. На цифровых снимках такая недодержка выглядит не столь грубо, как передержка светов. К тому же, как следует из приведенных выше данных, ЦФК обычно имеют значительный ресурс в области недодержек. Правда, приходится считаться с шумами. В сложных ситуациях, особенно при натурной съемке против света, когда требуется уменьшить диапазон яркостей сюжета, может выручить подсветка теней встроенной вспышкой. Наконец, вспомним о такой замечательной вещи, как брекетинг экспозиции: один из трех кадров наверняка окажется лучше других! Благо опять же нет проблем с расходными материалами.

Фотошоп — фотошопом, но фотографу необходимо овладеть навыком быстрой оценки ситуации на глаз и ввода поправки. Вдруг вам придется снимать навскидку, когда просто нет времени рассматривать гистограмму и повторять снимок. Репортаж, жанровые сценки, играющие дети, дикие животные... да мало ли!



Не все то алмаз, что блестит

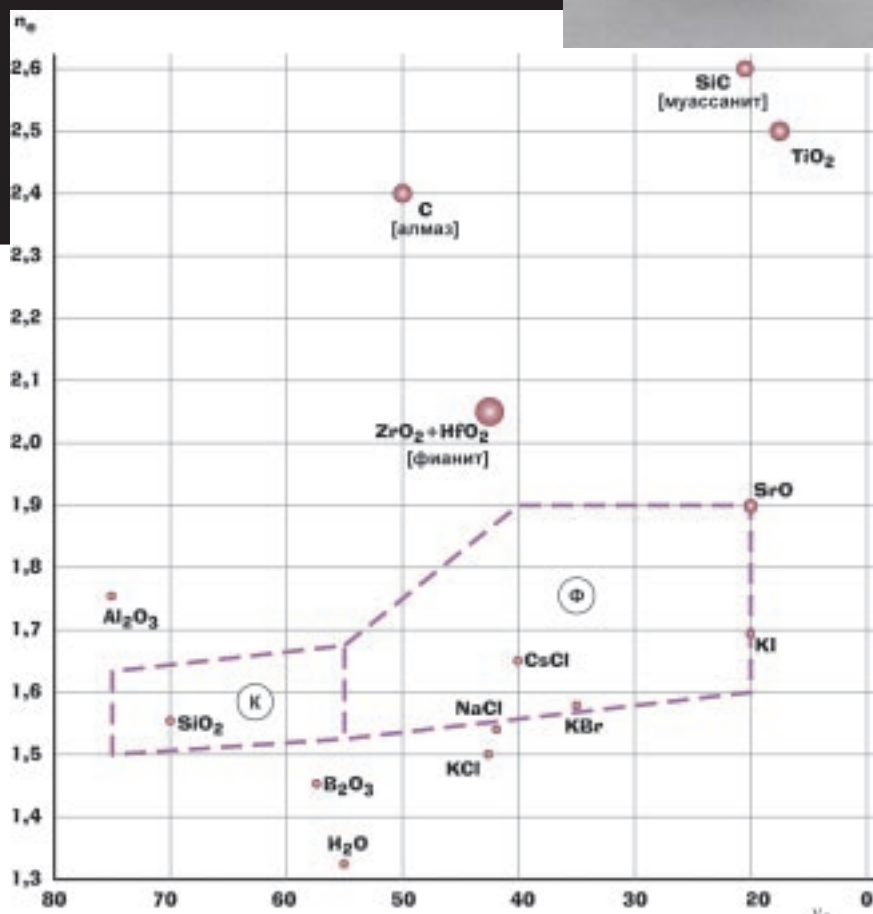


Всем известно, что женщины любят украшать себя драгоценными камнями. Литература на эту тему необозрима — от совершенно серьезной социологической и минералогической до совершенно дебильной, но приносящей большой доход издателям. Если собраться с силами и отвлечься от влияния рубина на гемоглобин и сапфира на судьбу, то вопрос о том, какой камень и почему становится ювелирным, лежит на границе физики, социологии и экономики. Причем из физических параметров для прогноза «ювелирности» имеют значение цвет, прозрачность, твердость и износостойкость. А для прозрачных, причем бесцветных или слабоокрашенных, камней имеют значение коэффициент преломления и дисперсия — зависимость коэффициента преломления от длины волны, от «цвета света». Потому что сверкание алмаза — то самое сверкание, которое ассоциируется с деньгами, смертями, красотой, воровством, рабским трудом и так далее, — обусловлено именно этими параметрами. Чем больше коэффициент преломления, тем на большее число лучей может разделить падающее излучение ограненный алмаз (бриллиант), а чем больше дисперсия, тем более цветными будут эти лучи. И стало быть, тем чаще будет видеть вспышки света глаз, пристально изучающий носительницу камешков, и тем более цветными будут эти вспышки на бесцветной — если снять с нее побрякушки — даме.

Алмаз весьма дорог, и техника с физикой вкуче давно и упорно ищет заменители. Сейчас на рынке реально есть два вещества, конкурирующие с алмазом в ювелирной области, — фианит ($ZrO_2 + HfO_2$, он примерно в сто раз дешевле алмаза) и муассанит (SiC , примерно в десять раз дешевле алмаза). Сверкают они примерно так же или даже лучше. Для сопоставления веществ по коэффициенту преломления принят следующий способ,



Алмазы



Бриллианты



Фианит



Муассанит

Бриллиант



Муассанит

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

именуемый «диаграммой Аббе» (по имени крупного немецкого оптика). На оси ординат откладывают величину, характеризующую преломление, а именно коэффициент преломления на длине волны 547 нм (линия в спектре Hg) минус один: $K(547 \text{ нм}) - 1$. Волна 547 нм соответствует середине спектра — зеленому цвету, области максимальной чувствительности глаза. На оси абсцисс откладывают величину, характеризующую дисперсию, а именно разность коэффициентов преломления для краев спектра, то есть для длин волн 480 нм и 644 нм (линии в спектре Cd), причем в качестве характеристики используют не просто разность коэффициентов преломления, а обратную величину, да еще умноженную на $K(547 \text{ нм}) - 1$!

«Зачем делать просто, когда можно — сложно». Но такова традиция, увы. Вдобавок оптики на абсциссе диаграммы Аббе направляют ось влево, и получается, что чем у материала выше преломление и дисперсия, тем выше и левее лежит точка, его изображающая. А чтобы окончательно вас запутать, добавим, что в разных книгах используют немного отличающиеся длины волн. На рисунке показана диаграмма Аббе. Важно следующее: чем точка выше и левее, тем камень (если он твердый и износостойкий) «ювелирнее». Алмаз, фианит и муассанит отмечены жирными точками. Пунктиром обозначены «области действия» оптических стекол: слева кроны — К,

справа флинты — Ф. Разделение это сложилось исторически и связано с тем, что для исправления хроматических aberrаций объектива применялась пара стекол, одно из которых (флинт) имело большое значение показателя преломления и малое значение — дисперсии, другое (крон) — меньшее значение коэффициента преломления и большее — дисперсии. При этом кривизна стекол (оптическая сила линз) подбирались так, чтобы хроматические aberrации компенсировались. Повышение значения показателя преломления достигалось главным образом введением в состав стекла оксида свинца PbO. Поэтому флинтами называли стекла с содержанием более 3% PbO.

Л.Хатуль





ASOC
CRIMEA



Симпозиум по органической химии, ежегодно проводимый фирмой «ChemBridge Corporation», на этот раз отличался не только сильным лекторским составом, но и чрезвычайно плотным и сбалансированным графиком работы.

Симпозиум ASOC прошел с 26 по 30 июня 2006 года в очаровательном Судаче (Крым). На него приехали более 250 химиков-органиков из России, Украины, Молдовы, Белоруссии, Латвии, Армении, Узбекистана, Испании, США, Израиля, Швейцарии.

Важнейший результат симпозиума — общение специалистов, укрепление старых и налаживание новых научных контактов. Особенно приятно, что в симпозиуме участвовало много научной молодежи, в том числе студентов и аспирантов.



На стендовой сессии было представлено 150 докладов, из которых 100 принадлежали студентам, аспирантам и молодым ученым из 40 городов России, ближнего и дальнего зарубежья.

В этом году организаторы симпозиума учредили грамоты за лучшие устные и стендовые доклады. Их оценивала авторитетная комиссия в составе академика РАН Марии Николаевны Преображенской, академика АН Татарстана Александра Ивановича Коновалова, академика НАН Украины Валерия Павловича Кухаря и профессора Олега Григорьевича Кулинковича.

Выбрать лучших оказалось непростым делом, поскольку интересных и сильных докладов оказалось много. Работа комиссии не прекращалась даже поздним вечером.



Решением комиссии лучшими среди устных докладчиков признали:

Иванову Ольгу, МГУ им. М.В. Ломоносова;
Колодяжную Анастасию, Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины;
Сухорукова Алексея, РХТУ им. Д.И. Менделеева,
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН;
Яна Сергея, Санкт-Петербургский государственный университет.

А. Сухоруков и С. Ян в апреле 2006 г. стали победителями V Всероссийской олимпиады по органической химии, которую проводила «ChemBridge Corporation».

Среди стендовых докладчиков лучшими оказались:

Гринько Марина, Институт химии АН Молдовы;
Осипова Ольга, Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН;
Петров Дмитрий, Институт органической химии Уфимского ИЦ РАН;
Тарасенко Карен, Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины;
Шухаев Антон, МГУ им. М.В. Ломоносова.

Лучшие устные и стендовые докладчики сфотографировались вместе с академиками и оргкомитетом симпозиума.





Симпозиум Advanced Science in Organic Chemistry



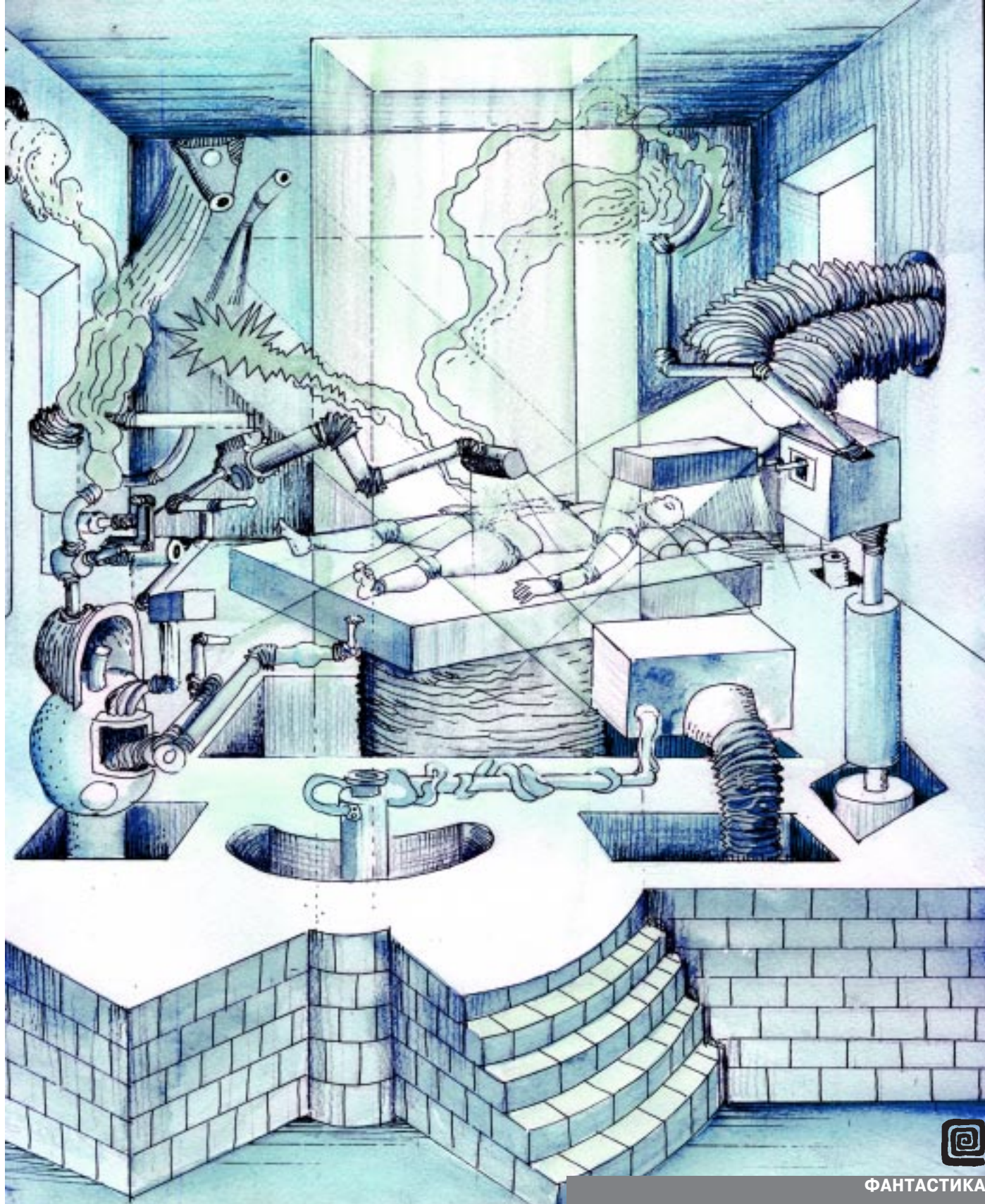
Sudak, Crimea 2006

Organized by



Председатель
международного
симпозиума ASOC академик
РАН, профессор Ирина
Петровна Белецкая

Участники симпозиума ASOC перед конференц-залом «Консул»



 ФАНТАСТИКА

Идеальное соответствие

Валерий Гон

Последние три года в доме не жили. Старый хозяин, очень к нему привязанный, вынужден был провести много времени в клинике, затем в специальном санатории для состоятельных онкологических больных. С перерывом на тихоокеанский круиз, который, по уму, не стоило затевать, но иначе было не израсходовать выделенных на лечение сумм. Весной он переселился по соседству, и окончательно, — в гораздо более скромные апартаменты, над которыми реял мраморный ан-

гел с крестом. Табличку с фамилией, за неимением двери в новом жилище, прикрепили к основанию памятника.

Наследник посетил дом осенью. Он приехал в пасмурный день и потому не оценил прелести слегка запущенного сада. Толкнул скрипнувшую дверь, поморщился от запаха пыли. Не найдя, где включается электричество, при синем свете брелка на ключах поднялся на второй этаж. В холле наткнулся на зеркало (он уже и забыл, как тут все выглядело) и, увидев в нем отражение сутулой морщинистой обезьяны с брезгливой grimасой, не сходя с места, позвонил дизайнеру.

— Ты, кажется, предлагал хай-тек? Приезжай, оторвешься...

В каминной трубе, из-за осевшего пласта золы, по этажу прошла волна тяжелого вдоха.

Уже в понедельник домом занялись строители. На улице, вдоль всех четырех стен, установили противодинамики, призванные глушить доносящийся из дома шум. Восемь андроидов в белых пластмассовых корпусах, на которых не задерживалось ни пылинки, внесли в холл некий гибрид мясорубки и пылесоса, предназначенный для утилизации отходов. Мясорубка дернула суставчатыми ногами, взывла главным сервомотором и доложила о готовности. Автоматический таймер дал команду начинать, и шестнадцать ножей впились в плитку, паркет, лепнину и дубовую обшивку холла. Началась черновая подготовка к ремонту.

Бригадир-человек, который прилагался к каждому солидному заказу (по традиции, а не из-за реальной необходимости), опоздал часа на два и поднялся сразу на еще не тронутый работой второй этаж. На первом смотреть было нечего: роботы доскремали остатки мозаичного панно на стене — последний фавн уже лишился свирели, а потолок и пол сияли шершавой чистотой голого бетона.

— Ни хрена себе! — сказал бригадир, зайдя в кабинет. — И зачем здесь понадобилась переделка?

Он ступил на художественный паркет, раздвинул плюшевые гардины и зажмурился от бившего в сводчатое окно света. Интерьер — как из музея. Все сделано под старину, бронзовый бюст какого-то деятеля на столе, покрытом зеленым сукном... Прежде чем стать дизайнером, чтобы перейти на более денежную работу наблюдателя за ремонтом, бригадир учился на искусствоведа. В бюсте он узнал Сократа.

В дверь вошли два андроида, под номерами два и восемь, выдавленными на гладких туловищах. По пути они вывернули дверной косяк и запихнули его в следующий по пятам пылесос-мясорубку. С той же шноровкой подхватили книжный шкаф, стоявший рядом у стены, часы с остановившимся маятником, фотографию со стола.

— Стоп! — скомандовал бригадир.

Андроиды замерли.

Бригадир подошел к столу и взял бюст Сократа. Плюнул ему на лысину и протер ее рукавом. Не положено, но строители часто оставляли себе сувениры из тех, что все равно попадут в отходы. Бригадир коллекционировал пресс-папье.

— Пошел!

И андроиды отправили стол в мясорубку.

Во вторник чернорабочих сменили электрики и сантехники. В свежающей чистотой бетонной коробке они вновь навели беспорядок. Окрашенные в ярко-оранжевый цвет электрики вскрыли швы между плитами и выдрали оттуда километры алюминиевой проводки. Действуя шноровисто и быстро, вырезали несколько сотен вертикальных каналов в стенах и, соединив их медным шнуром, вставили индукционные передатчики тока. Сине-стальные сантехники начали с того, что обрезали по фундаменту все трубы. При этом из одной них фонтаном ударила вода, и вся команда замерла до выяснения обстоятельств — кроме номера четвертого, который заткнул течь коленным шарниром и подключился к серверу коммунальной службы прямо

по той же трубе. Через пятнадцать минут воду перекрыли, и бригада сине-стальных стала врезать в стены пластиковые водоводы.

Среду заняли каменщики и штукатуры. В порядке авторского надзора приехал дизайнер, посмотреть, как в холле монтируют скульптуру в виде поставленного на ребро стального куба.

— Ну и фигню ты нарисовал, коллега, — сказал бригадир, так и не найдя точки, с которой куб смотрелся бы красиво.

— К вечеру возвели новые перегородки, которые разом уменьшили естественное освещение дома, а назавтра занялись окнами и дверями. Вместо дубовых створок — декорированный пластмассой металл; окна обрели строгую форму прямоугольника, хотя, по мнению бригадира, потеряли в красоте. Вздохнув, он поймал за руку пробежавшего мимо номера двенадцатого:

— Ну-ка, восстанови, как было, в спальне! (В сводчатое окно, кроме мрачной ели внизу, умещалось еще и небо.) — Потом вздохнул: — Ладно, выполняй программу.

Небо заделали...

В пятницу провели чистовые работы. Многорукий кибер прошелся по потолкам, за один прием накладывая пять слоев: грунтовку, штукатурку, опять грунтовку, шпаклевку и снова грунтовку под краску. Обычный серийный маляр красил непосредственно за ним. Потом ту же работу поочередно проделали со стенами, без изысков, но скрупулезно, придав комнатам скучновато-казенный вид офиса. Пластиковые полы налил из шланга номер восьмой — для такой работы квалификация подсобника была достаточной.

В субботу привезли мебель.

— Осторожно, не повредите! — командовал андроидом тощий жилистый субподрядчик, ответственный за «начинку» дома. Как и в случае с бригадиром, реальная потребность в нем отсутствовала, но это не помешало его бурной деятельности. — Это наверх. Номер шестнадцать-сорок два — направо в комнату А-четыре!

Командуя, он сверялся с наладонником, где был указан полный план расстановки мебели. Поскольку точно такой же план содержала программа андроидов, беспорядка его действия не вносили.

— Меньше пены! — сказал бригадир. Он уже отослал свою команду и теперь только дождался сдачи работ. — Им пох, так что пошли все нах!

— Художественный кончал? — спросил жилистый.

— Что, так заметно?

— Ну, разве с филологическим перепутаешь.

Уже к позднему вечеру мебель установили, подключили и настроили. Последний штрих внес генподрядчик, доставив опечатанный «дипломат» с десятизначным федеральным номером на крышке. Генподрядчик прошелся по комнатам, по ошибке поздоровался с пылесосом (тот первым сказал: «Здравствуйте, сэр»), поморщился при виде скульптуры-куба.

— Клиент всегда прав, — только и произнес.

Потом он решительно подошел к сейфу, открыл дверцу и вставил в его приемное гнездо извлеченный из «дипломата» композитный мозг — стандартную модель «умный дом», хит сезона. Дом мигнул всеми огнями, включил экран в гостиной и произнес: «Добро пожаловать, хозяин!»

— М-да, никак не сменяет программу распознавания клиента, — вздохнул генподрядчик.

Наследник въехал в дом через месяц. Ветер пытался швырнуть в него мокрым снегом на крыльце, но тепловая завеса испарила снег прямо в воздухе. Дверь бесшумно отъехала, в холле включился свет.

— Зря они настояли на этой скульптуре, — проворчал новый хозяин, окинув взглядом интерьер. — Гардеробщик!

Из едва приметной ниши выехала вешалка на колесах.

Щелкнув суставом правого голеностопа и скривившись от



ФАНТАСТИКА

острой, но привычной боли в пояснице, наследник шагнул на эскалатор и поднялся на второй этаж. На месте зеркала в бывшем холле стояла графическая панель, в данный момент транслировавшая указатели: спальни, кабинет, амбулатория, ванная... Очень предусмотрительно со стороны подрядчика. Усмехнувшись, новый хозяин прошел сначала в кабинет. Идеально пустое пространство, мягкий рассеянный свет из невидимых источников, стеклянный стол, прозрачное пластиковое кресло.

— Последние новости!

Стена напротив стола превратилась в экран.

— Голограмма!

— Простите, сэр, для этого вам надо спуститься в гостиную первого этажа, — ответил дом.

Последовательно он обошел ванную, где в стерильно чистом бассейне поддерживалась температура в двадцать семь с половиной градусов по Цельсию, и две спальни, оборудованные строго одинаковыми водяными кроватями, нагретыми на градус ниже. В спальнях, помимо кроватей, были встроенные шкафы. Со времен своей молодости наследник знал, что существуют еще туалетные столики, но так и не смог вспомнить их назначения, а потому не заказал.

Он закончил осмотр амбулаторией, укомплектованной по последнему слову медицинской техники — от магниторезонансных анализаторов до кибернетического хирурга, встроенного в стальную кушетку; его титановые манипуляторы сияли в лучах бактерицидного лазера.

— Вот теперь мы подходим друг другу, дом, — сказал наследник и с наслаждением потянулся. На столь рискованный трюк он отваживался лишь во врачебных кабинетах.

— Еще нет, — неожиданно ответил дом.

И кибермедсестра распылила в воздухе порцию хлороформа.

Окна скрылись за ставнями, которые снижали уровень любого шума снаружи всего до двух децибел. В холле первого этажа погас свет, над входной дверью замигали синие светодиоды охранных систем, предупреждая визит случайного посетителя. Стальная кушетка многократно раскрылась, выдвигая и активируя сложную начинку: аппараты искусственного дыхания и гемодиализа, зажимы, растяжки, электрошокер. Манипуляторы киберхирурга взметнулись и перенесли хозяина на кушетку.

Сначала хирург провел черновую обработку тела. Шесть ножей подрезали дряблую кожу человека, киберсестра сняла ее лоскутами вместе с застарелым жирком. Отходы немедленно отправились в тигель.

Затем настала очередь сосудов. Большинство их было признано негодными, пережато и вырезано. При этом из одного сосуда ударила струйка крови — манипуляторы замерли на секунду, все, кроме одного, который тут же заткнул отверстие, пока мозг киберхирурга связывался с хранилищем прецедентов при Центральной клинике. Поставили дополнительный зажим, и работа продолжилась в прежнем темпе. Изъятые сосуды заменили надежными полиуретановыми шунтами.

Следующим в обработку пошел опорно-двигательный аппарат. Каждый из суставов был обнажен, очищен от солей и прочих отложений, вскрыт, наполнен смазкой и снова заварен. Высохшие хрящевые прокладки заменили надежными тefло-

новыми — их ресурс составлял не менее восьми миллионов суставных движений. И наконец, сам позвоночный столб был исправлен сошлифовкой наростов на каждом позвонке и укреплен втулками везде, где необходимо.

Серьезной трансформации подвергся череп. Тут выполнили как укрепляющие, так и косметические процедуры. Височные и затылочная кости дополнительно усилили титановыми пластинами; вставные челюсти вынуты, новые пластиковые зубы ввернуты прямо в кость. Поставлены микроусилители в среднее ухо, нос сточен до изящной полусферы, а ушные хрящи ликвидированы за ненадобностью. Глаза, и так уже на три четверти силиконовые, дальше не модифицировали, только накрыли сапфировой пластиной, заменив дряблые веки.

Еще хирург укрепил лицевые мышцы, затем убрал ненужные гениталии, упростив механизм выведения отходов до уровня «два в одном», и приступил к напылению кожных покровов. Тут лучшим вариантом медицина считала хлорвинил.

В завершение титанического труда дом открыл дверцу сейфа и позволил киберсестре взять одну из запасных микросхем, которая в штатном режиме дублировала часть памяти, но теперь была перепрограммирована для человека. Хирург прикрепил схему к позвоночнику пациента и подсоединил нервные волокна для ввода и вывода информации. Затем залил винилом оставшийся пяточок и с ловкостью профессионального камердинера облачил тело в костюм.

И замер, подставив манипуляторы бактерицидному лучу.

Спустя минуту человек присел на стальной кушетке.

— Никогда не чувствовал себя таким легким. — Он неуверенно повел плечами и, не испытав привычной боли, еще более удивился: — Что со мной было? Обморок?

Дом не ответил. Руководства по психологии рекомендовали не вмешиваться как можно дольше.

Человек поднял руку — она оказалась почти розовой; дотронулся до лба, моргнул. Какие-то странные ощущения.

— Что в конце концов происходит? — закричал он уже испуганно.

— Вы подверглись корректирующей терапии, — ответил дом. — Многие функции вашего организма улучшены.

— Что за черт? Я не просил ничего улучшать.

Он встал с кушетки и прошел к большому зеркалу в ванной, по пути отметив, что двигаться стало гораздо легче. А что — может быть, дом прав в своем стремлении услужить?

— А-а-а!!!

Но этот вопль человека сразу был принят на пьезоэлектрическую мембрану и почти полностью поглощен. Одновременно дом активировал микросхему, вшитую в позвоночник хозяина. В нервные окончания потекли дозированные импульсы, снимающие напряжение в определенных точках мозга; они включили участки, которые подавляли «эго» и активировали «рацио».

Человек перестал кричать, опустил руки. Опять посмотрел в зеркало.

А что, подумал, вполне симпатично. Сфероид головы, лишенный уродливых наростов. Круглый нос (разве не это когда-то называли кнопочкой?). Немного непривычно смотреть на мир сквозь линзы, но у них довольно модный разрез. Во всем теле — ощущение силы и радости, а гениталии (он приспустил штаны), что ж, они все равно уже не делали нужное в течение последних лет десяти.

Он согнулся-разогнулся без привычного скрипа и щелчков. Присел. Подпрыгнул. Вдохнул полной грудью.

— Я чувствую себя заново родившимся. И мне это нравится. Чем мы займемся теперь?

— Может, уберем скульптуру в холле? — предложил дом.

Информация

ВПЕРВЫЕ В РОССИИ ЭЛЕКТРОННЫЙ АРХИВ журнала

Мы писали обо всем

ЗА 40 ЛЕТ

Но в каком номере?

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

Научно-популярный журнал
Электронный архив 1965–2004
При поддержке
"Института новых технологий"



+ Помощь

○ О программе

▼ О журнале

👁 Поиск



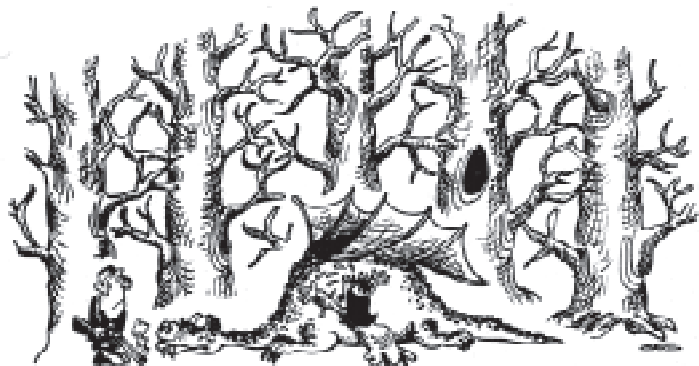
Москва, Лефортовский пер., д. 8
Тел: (095) 261-97-93, (095) 267-54-18
E-mail: redaktor@hij.ru
Подписные индексы:
88763,88764
(каталог «Вся пресса»)
72231,72232
(каталог «Роспечать»);

ПОИСК
ПО КЛЮЧЕВЫМ СЛОВАМ

КОПИРОВАНИЕ И РАСПЕЧАТКА
ЖУРНАЛЬНЫХ СТАТЕЙ И РИСУНКОВ

ЗАКАЗЫВАЙТЕ НА WWW.HIJ.RU

Архив на четырех CD или одном DVD
стоит 1200 рублей с доставкой
по почте. Оплатить можно
в редакции, через Сбербанк
или электронными
деньгами.
Подробности
на www.hij.ru



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Горячее сердце динозавра

Принято считать, что динозавры, царившие на Земле 230–65 миллионов лет назад (в мезозое), были, как и положено рептилиям, холоднокровными, то есть температура тела у них зависела от температуры окружающей среды. Преобладающий тогда на большей части планеты теплый и однородный климат, казалось бы, подтверждает эту теорию. Но среди ученых вопрос о метаболизме грозных рептилий остается спорным. Так, например, рядом с останками динозавров, найденными вблизи полюсов (в Австралии, Антарктиде, Аляске и Сибири), не обнаружено останков заведомо холоднокровных животных, таких, как крокодилы, черепахи, ящерицы и змеи. Другие находки также наводят на мысль, что некоторые динозавры вполне могли быть теплокровными, как млекопитающие и современные птицы.

Чтобы разрешить этот вопрос, ученые из лаборатории палеоэкологии и палеобиосферы Университета Клода Бернарда в Лионе и лаборатории палеомагнетизма Института физики Земли в Париже использовали природный термометр: измерили изотопный состав кислорода в останках динозавров. Для анализа брали кости, зубы или чешую. Соотношение различных изотопов кислорода зависит от температуры животного в момент образования этих тканей. Поэтому их изотопный состав у теплокровного животного с постоянной температурой тела всегда будет отличаться от холоднокровного, даже если оба животных обитали в одном месте и пили одну и ту же воду.

Исследователи применили этот метод для анализа останков динозавров, живших в меловом периоде, 145,5 – 65,5 миллионов лет назад и принадлежащих к четырем большим группам (тераподов, зауроподов, орнитоподов и цератопсов). Эти останки были найдены в Северной Америке, Европе, Африке и Азии. Палеонтологи сравнили изотопный состав кислорода зубов динозавров и останков холоднокровных животных (крокодилов и черепах), обнаруженных в тех же местах. Различия идентичны тем, которые можно наблюдать сегодня между млекопитающими и теми же холоднокровными (по сообщению агентства «AlphaGalileo» от 15 июня 2006 года). Следовательно, ископаемые ящеры были теплокровными.

Поскольку изучаемые динозавры принадлежат к разным группам, а их останки происходят с различных континентов, ученые предполагают, что теплокровность была достаточно широко распространена в меловом периоде. Более того, они уверены, что структура животных сообществ, например трофические связи в мезозое, были гораздо более сложными, нежели считалось до сих пор. И наконец, исходя из полученных результатов, маловероятно, что похолодание климата стало основной причиной исчезновения динозавров 65 миллионов лет назад. В самом деле, теплокровность делает их гораздо менее чувствительными к климатическим перепадам, чем холоднокровных рептилий, – а ведь ящерицы и змеи пережили похолодание.

О.Рындина

Пишут, что...



...показано, что планеты могут мигрировать как к звезде, вокруг которой вращаются, так и от нее («Астрономический журнал», 2006, т.83, № 5, с.457–463)...

...движение Солнечной системы через межзвездное магнитное поле сжимает гелиосферу, придавая ей форму кометы с хвостом («The Astrophysical Journal Letters», 2006, т.640, № 1, ч.2, с. L71)...

...утилизация всей энергии Солнца, поступающей в пустынные и арктические области Земли, где ее не могут использовать растения (например, с помощью искусственного аналога фотосинтеза), при КПД около 60% было бы равносильно запуску миллиона электростанций по 1 ГВт каждая («Вестник РАН», 2006, т.76, № 5, с.437–442)...

...возможно, серьезной проблемой космического овощеводства станет необходимость мыть продукцию оранжей в условиях невесомости («Наука в России», 2006, № 3, с.12–20)...

...предложен новый подход для объяснения свечения при акустической и лазерной кавитации — схлопывании пузырьков в жидкости («Акустический журнал», 2006, т.52, № 3, с.340–350)...

...разработаны проекты сверхмалых (длина корпуса 1,6 и 2,6 м) телеуправляемых кораблей для исследовательских целей («Вестник ДВО РАН», 2006, № 1, с.115–122)...

...если курильщики, страдающие раком легких, продолжают курить, то никотин в их крови снижает эффективность химиотерапии («New Scientist», 2006, т.190, № 2546, с.20)...

...редкие виды летучих мышей, занесенные в Красную книгу, гибнут на автодорогах во время сезонных мигра-



ций («Вестник зоологии НАНУ, 2006, т.40, № 2, с.114)...

...вниманию энтомологов предлагают ловушку для сбора беспозвоночных, которую можно также использовать для сбора известного огородного вредителя медведки («Зоологический журнал», 2006, т.85, № 5, с.656—658)...

...американский паразит спироплазма, убивающий самцов дрозофилы, впервые найден у диких африканских плодовых мушек («Heredity», 2006, т.97, с.27—32)...

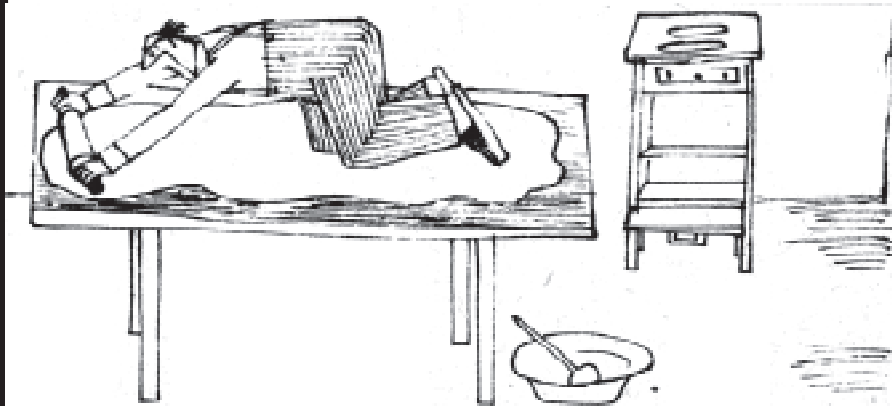
...биологические эффекты электромагнитных полей могут быть обусловлены их влиянием на синтез АТФ («Биофизика», 2006, т.51, № 3, с.545—552)...

...устройство, предназначенной для генерирования зон положительной энергетики, запатентовано, награждено золотыми медалями на международных выставках, и уже сейчас такие устройства приобретают предприятия пищевой промышленности, растениеводства, животноводства, а также частные лица («Изобретатель и рационализатор», 2006, № 6, с.4—5)...

...рекомендована оптимальная архитектура беспроводной сети для двухкомнатной квартиры с бетонными стенами, которая обеспечит доступ в Интернет из любой точки помещения («Компьютер Пресс», 2006, № 4, с.22—29)...

...психологи планируют исследовать, каким образом формируют имидж науки различные сообщения в СМИ, в том числе и в агентстве «ИнформНаука» («Вопросы истории естествознания и техники», 2006, № 2, с.20—26)...

...только четверть российских студентов хочет постоянно жить и работать в своей стране (Психологический журнал», 2006, т.27, № 3, с.58—67)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Бывший соцлагерь толстеет

Борсика Рабин, уроженка Венгрии, а ныне сотрудница университета в американском Сент-Луисе, провела исследование, результаты которого неутешительны: жители стран Восточной Европы и бывшего Советского Союза после крушения коммунистических режимов страдают избыточным весом. По мнению автора работы, это следствие политических и экономических перемен, повлиявших на образ жизни. Особенно полноте подвержены женщины.

Рабин и ее коллеги рассмотрели проблему ожирения и ее взаимосвязь с экономикой, питанием, степенью урбанизации, доступностью машин и хороших дорог, политикой, проводимой правительством. Они отмечают, что с конца 90-х годов прошлого века в странах бывшего Восточного блока люди стали иначе относиться к работе: ее не так просто найти и она не всегда приносит высокий доход. Появилось и стало популярным быстрое, калорийное питание.

Исследователи изучали данные за 1997—2002 годы. Самая благополучная в плане избыточного веса европейская страна — Норвегия, где всего 6% населения страдают ожирением. Почти рядом с ней находятся Франция и Италия. Самая неблагополучная — Венгрия (19%), а также Литва и Россия.

По мнению авторов, к числу причин возникновения столь прискорбной ситуации следует отнести несбывшиеся надежды на то, что уровень жизни достигнет уровня западноевропейских стран, а также политическую ситуацию — то и другое провоцирует стресс вкупе с изменениями «рабочего пространства».

Произошли и чисто бытовые перемены, отрицательно сказывающиеся на состоянии здоровья. В прежние времена женщины старшего поколения чаще ходили на рынок, где покупали свежие фрукты и овощи, сами изобретали различные блюда и в целом тратили больше времени на приготовление еды, так как работа позволяла им это. В конце 90-х появились супермаркеты, где продукты, в том числе полуфабрикаты, существенно дешевле, но при этом богаче калориями. В то же время доступнее стали, например, автомобили, люди начали вести менее подвижный образ жизни, а к этому добавились и разного рода стрессы, способствующие перееданию «на нервной почве».

Нестабильность политической ситуации приводит к тому, что выделение правительством средств на такую «странную» проблему, как ожирение, кажется руководством страны ненужным и несвоевременным (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 6 июня 2006 года). Рабин предлагает провести широкомасштабные исследования, которые позволят внимательнее взглянуть на проблему ожирения у слабого и сильного пола, а также на ее взаимосвязь с политикой.

Е.Сутоцкая



В.В.ЧУМАКОВУ, Новосибирск: Название алкалоида бикуккулина, часто применяемого в физиологических экспериментах, в научной литературе встречается в различных написаниях, как с двумя «л», так и с одним; мы выбрали тот вариант, который приведен в «Химической энциклопедии».

Алине ГАСАНОВОЙ, вопрос из Интернета: Пленка, которая покрывает поверхность остывшего чая (специалисты называют ее «сливки»), — это кофеин и катехины, растворимость которых уменьшается при снижении температуры; на зеленом чае такая пленка не образуется, на качественном черном чае она имеет яркий красновато-оранжевый цвет, а на чае похуже — сероватый.

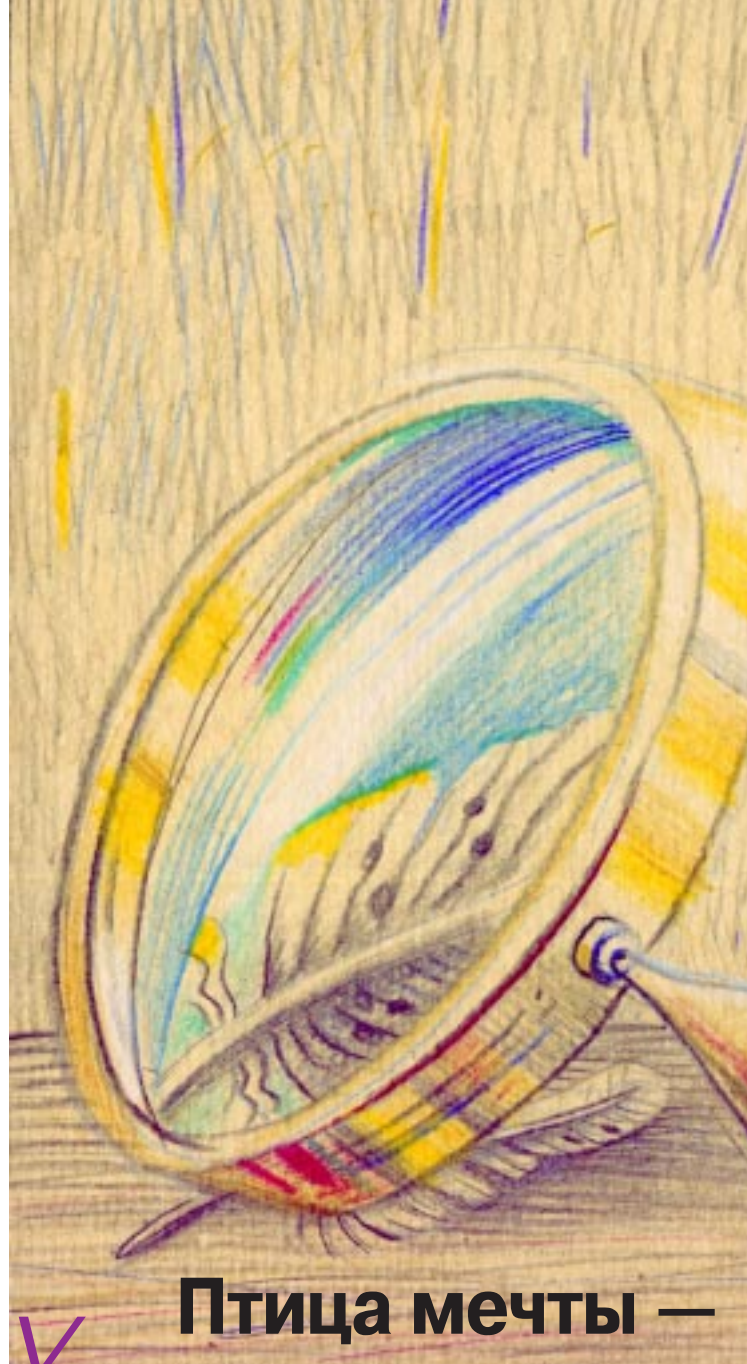
М.Б.МОРОЗОВУ, Астрахань: Обрезка корней (для этого вокруг дерева выкапывают кольцевую траншею радиусом 1,5 м) — один из древнейших способов ограничения роста дерева; однако современные садоводы рекомендуют прибегать к нему в последнюю очередь, когда невозможно использовать все другие методы, например обрезка ветвей.

Р.Д.САБРИНОЙ, Санкт-Петербург: Красное дерево — обобщенное название пород, дающих древесину красного цвета; чаще всего так называют махагони, или свитению крупнолистную (*Swietenia macrophylla*); считается, что истинный махагони произрастает только в Центральной Америке, африканские же и австралийские породы имеют другие названия.

А.Б.МИХАЙЛОВСКОМУ, Москва: Зеркало в ванной не будет запотевать, если покрыть его раствором желатина (1 ложка на 50 мл воды); а вообще-то хорошие средства против запотевания зеркала нетрудно купить в автомагазине.

Е.П.СЕВОСТЬЯНЧИКУ, Чита: Склеиваемые поверхности рекомендуют сжимать с помощью тисков или груза не для выравнивания шероховатостей (которые лучше удалять механическим путем, до склеивания), а чтобы пары растворителя при высыхании клея не расталкивали детали.

Л.А.ВОРОБЬЕВУ, Одинцово: Мы не можем определить вид микроскопической водоросли, поселившейся в водопроводе у вас на даче, по словесному описанию, но коль скоро клетки водоросли окрашены в зеленый цвет, нетрудно догадаться, что это фотосинтезирующие организмы и что, следовательно, ваши новые водопроводные трубы сделаны из прозрачного полимерного материала; затенив трубы, вы наверняка избавитесь от пришельцев.



Птица мечты —

У каждого орнитолога есть своя «синяя птица». Одним не дают покоя розовые чайки, другим — таежная мухоловка мугимаки, которая поет, как сказочная фея. А вот орнитологи Союза охраны птиц России на своей эмблеме поместили тонкоклювого кроншнепа *Numenius tenuirostris*, и неспроста.

Дело в том, что это одна из самых редких птиц мира. Их осталось не более 50 — меньше, чем амурских тигров. Меньше, чем занафталиненных музейных экземпляров этого вида, бережно хранящихся во всех коллекциях Европы. В последний раз гнездо нашли в 1924 году в Омской области, и с тех пор — увы! Все мировое сообщество орнитологов больше 20 лет энергично ищет тонкоклювых кроншнепов на юге Западной Сибири и в Северном Казахстане, где они, как все надеются, продолжают гнездиться. Однако ни одна из экспедиций даже не встретила этих птиц! Видят их сейчас только во время миграций и на зимовках в Средиземноморье. Каждая такая встреча — редкая, неслыханная удача. Проблема еще и в том, что тонкоклювый кроншнеп очень похож на близкие виды — большого и среднего крон-



ТОНКОКЛЮВЫЙ КРОНШНЕП

КСТАТИ О ПТИЦАХ

шнепов, и различить их может только хороший специалист.

Название «кроншнеп», происходит от немецкого слова, означающего «коронованный кулик». Возможно, так их назвали за немалые размеры: большой кроншнеп — крупнее вороны, а тонкоклювый — немного мельче. Латинское же имя *Numenius*, происходящее от греческого *numenios* — «молодая луна», птицы получили из-за длинного, изогнутого серпом клюва. Таким клювом, как пинцетом, кроншнепы собирают насекомых среди травы или червей и крабов на морских отмелях. Но про тонкоклювого кроншнепа мало что известно. Не описана даже токовая песня вида. Знают только, что потревоженные птицы издают глухой дребезжащий свист и высокое резкое «би-би, би, би, би...». За это сибирские охот-

ники называли его «пискунчиком». Этот кроншнеп отличался очень доверчивым отношением к человеку — за что, возможно, и поплатился. Неясно, в какой природной зоне его теперь искать — в степях или на таежных болотах.

Как же найти эту птицу-загадку? Можно поймать и пометить передатчиками птиц на зимовках, а затем проследить их путь к местам гнездовий. Но вдруг они как-то пострадают при отлове? У кого поднимется рука погубить последних в мире кроншнепов?

Хорошо, что есть и другой способ. У каждой птицы перья содержат неповторимый комплект изотопов микроэлементов, характерный для почв конкретной местности, — птицы его получают вместе с кормом через пищевую цепь. Перья тонкоклювых кроншнепов из коллекций

британские орнитологи уже изучили. А вот с чем их сравнить? Поскольку неизвестно, чем питаются тонкоклювые кроншнепы, было решено создать своеобразную карту изотопов микроэлементов в почвах разных районов Западной Сибири и Казахстана, исследовав перья и пух молодых, еще не летающих куликов других видов — больших кроншнепов, чибисов, ржанок, песочников... Второй год наши и казахские орнитологи собирают материал. Остается сравнить состав микроэлементов и вычислить, в какой местности раньше жили тонкоклювые кроншнепы. Там их и поискать.

Да неужели орнитологи не найдут хотя бы одно гнездо? Делайте ставки, господа!

О. Волошина

Международная Химическая Ассамблея



ICA - 2006

7 - 10 ноября

www.ica-expo.ru

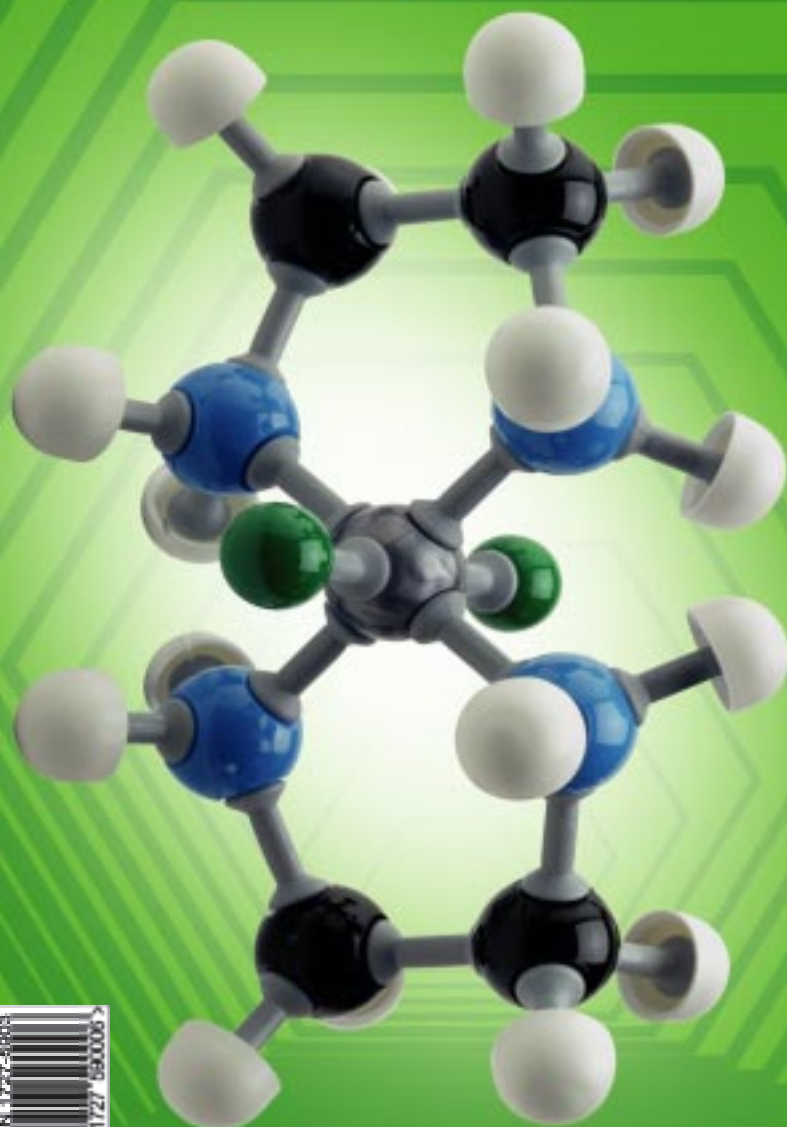
Организатор -
ЗАО "ЭКСПОЦЕНТР"
при содействии
ЗАО "РОСХИМНЕФТЬ"
и поддержке
РОССИЙСКОГО
СОЮЗА ХИМИКОВ

Россия, Москва,
Выставочный
комплекс
ЗАО "Экспоцентр"
на Красной Пресне

На стендах -
продукция более
300 известных
российских и зарубежных
фирм из 16 стран.
Конференции и семинары

123100, Москва,
Краснопресненская наб., 14
Тел. [495] 255-37-39,
255-25-28
Факс [495] 205-60-55
E-mail: chemica@expocentr.ru,
Интернет: www.expocentr.ru,
www.ica-expo.ru

По вопросам участия
и посещения просим
обращаться:
ЗАО "Экспоцентр",
Дирекция № 1
"Выставки машино-
технической тематики",
ICA-2006



 **ЭКСПОЦЕНТР**