



ЖЖ

2

2007

ЖИЗНИ И ВРЕМЕНИ





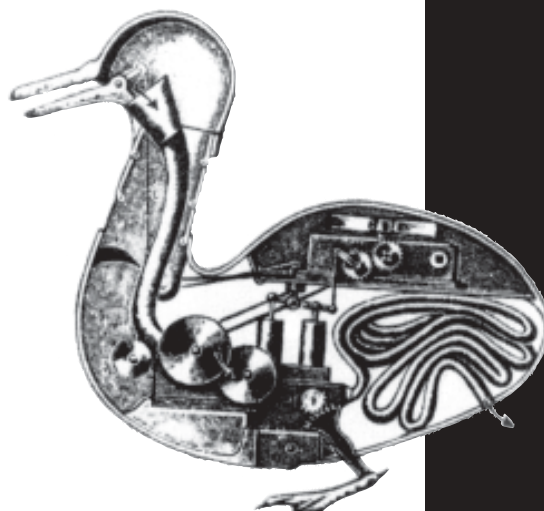


*Надо быть объективным,
надо быть терпимым.
В конце концов, с точки
зрения вирусов гриппозный
больной — идеальная среда
обитания.
В.И.Савченко*



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
П.Мондриана «Овальная композиция». На чем и когда были
записаны законы жизни — на яйце или на курице, —
до сих пор не очень ясно. Об этом читайте в статье
«Возникновение жизни на Земле: не случайность, но чудо?»





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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Агентство ИнформНаука

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

Подписано в печать 30.01.2007

Адрес редакции:

105005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:

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

Ищите нас в интернете по адресам:

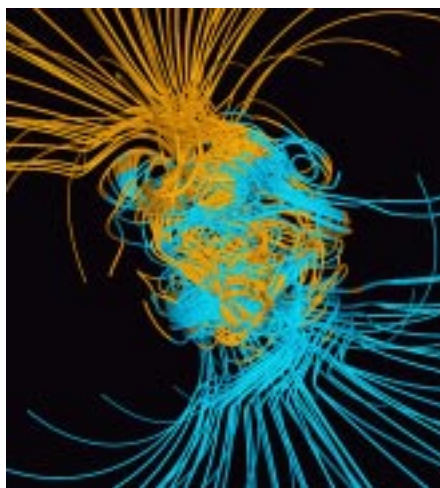
<http://www.hij.ru>;
<http://www.informnauka.ru>

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

На журнал можно подписаться

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



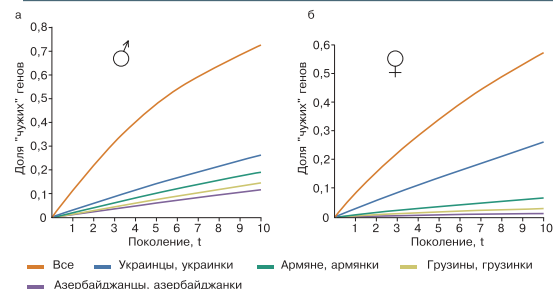
6

Магнитные полюса
Земли решили
поменяться местами?

30

Взгляд на москвичей и россиян с точки
зрения демографической генетики.

Химия и жизнь



ИНФОРМНАУКА

В ОГНЕ НЕ ГОРЯТ	4
АПАТИТЫ БЕЗ ОТХОДОВ	4
ЛЕС И ЗАКИСЬ АЗОТА	5
ХОЛОД ПОВЫШАЕТ ИММУНИТЕТ	5

РАЗМЫШЛЕНИЯ

М.Г.Савин

КУВЫРОК МАГНИТНОГО ПОЛЯ	7
-------------------------------	---

РАЗМЫШЛЕНИЯ

М.Г.Савин

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – ЭТО МЫ?	10
--------------------------------	----

А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

А.С.Мартыненко

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ: НЕ СЛУЧАЙНОСТЬ, НО ЧУДО?	12
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.В.Благутина

САМОЕ-САМОЕ В ХИМИИ 2006 ГОДА	16
-------------------------------------	----

ТЕХНОЛОГИИ

К.Е.Перепелкин

ВОЛОКНА И ПЛЕНКИ ИЗ МИКРОБНЫХ ПОЛИМЕРОВ	18
---	----

ТЕХНОЛОГИИ

О.О.Максименко

БЕРЕЖНАЯ РАБОТА С МУСОРОМ	22
---------------------------------	----

ГИПОТЕЗЫ

С.Г.Лебедев

ГОРЯЧАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ УГЛЕРОДА?	24
---	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

О.О.Максименко

НАНОТРУБКИ ДЛЯ АНАЛИТИКОВ	28
---------------------------------	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С.Анофелес

ДНК-НАНОРОБОТ	29
---------------------	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

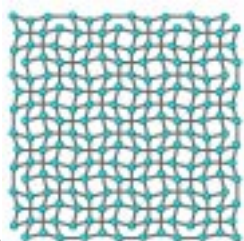
Е.Клещенко

МОСКВА ГЕНЕТИЧЕСКАЯ	30
---------------------------	----



44

Тканевый краситель
мовеин стал началом
новой эпохи не только
в колористике, но и
в органической химии.



48

Физики обнаружили уже
четыренадцать разновидностей
кристаллического льда.
На рисунке — структура льда IV.

60

Что общего
у тополя
с пальмой?
Они оба
умеют жить
на солоноватых
почвах.



В номере

4, 56

ИНФОРМНАУКА

Про ткань для одежды, которую не прожигает расплавленный металл, безотходную добычу апатитов, тайную жизнь возбудителя чумы внутри амебы и зловещий сон туберкулезных микобактерий, а также про то, почему врачи называют ночное освещение «световым загрязнением».

12

А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Глядя на Землю, мы наблюдаем удивительное сочетание разных, никак не связанных между собой признаков — однако именно это уникальное сочетание сделало возможным появление живой материи.

24

ГИПОТЕЗЫ

Поиски сверхпроводимости при комнатной температуре можно сравнить с поисками Святого Грааля или философского камня. Удача то кажется близкой, то снова отдаляется... Теперь ученые получили убедительные доказательства в пользу того, что искомым горячим сверхпроводником может оказаться углерод. Правда, не совсем обычный.

36

ЗДОРОВЬЕ

До недавнего времени, если врач говорил больному: «Ваша болезнь есть следствие нарушения обмена веществ», это означало: «А черт его знает, почему вы заболели!» Теперь одно из таких нарушений получило грозное имя: метаболический синдром. А причина его — питание всухомятку, шоколадки и булочки с чаем.

58

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

После землетрясения в Калифорнии 1989 года советский ученый из ВСЕГИНГЕО по американским данным нарисовал кривые, которые четко показывали приближение катастрофы.

ЗДОРОВЬЕ

Р.С. Минвалеев

ПОЧЕМУ МЫ ТОЛСТЕЕМ, ИЛИ ЧТО ТАКОЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ
СИНДРОМ 36

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ

Н.И. Костомаров

ЧТО ЕЛИ НА РУСИ 40

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Г.Е. Кричевский

ЧЕЛОВЕК, СОЗДАВШИЙ ЦВЕТНОЕ ЗАВТРА 44

ЦИКЛ ВОДЫ

С.М. Комаров

ЛЕДЯНЫЕ УЗОРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 48

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

И.А. Леенсон

ПОЛОНИЙ: ЧТО НОВОГО? 52

ИНФОРМНАУКА

МИКРОБЫ ПРЯЧУТСЯ В АМЕБАХ 56

КАК ТУБЕРКУЛЕЗ ВЫХОДИТ ИЗ СПЯЧКИ? 56

ОПАСНЫЙ СВЕТО В НОЧИ 57

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

С.В. Глушнев

СЕЙСМОДЕСАНТ В КАЛИФОРНИЮ 58

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

А.В. Киселева

СОЛЕНАЯ ТРАВА 60

ФАНТАСТИКА

Ю. Нестеренко

УЖАС 65

КСТАТИ О КОСМОСЕ

П. Данилов

КОСМОС — ЭТО РАЗВЕДКА 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 14 Короткие заметки 70

ФОТОФАКТ 27 Пишут, что... 70

ИНФОРМАЦИЯ 42-43, 58-69 Переписка 72



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

В огне не горят

Белорусские химики на Светлогорском производственном объединении «Химволокно» освоили производство уникальной ткани «арселон». Волокно, из которого соткано это полотно, не боится ни жары, ни кислот, ни щелочей. А вещи, сделанные из этого материала, носить почти так же приятно, как сделанные из вискозы или хлопка (marketing@sohim.by).

По сути, новая ткань – близкий родственник кевлара. Это термостойкое волокно на основе полиарилена-1,3,4-оксидиазолов. Такое волокно сохраняет прочность и эластичность даже при температуре в 250°C, поскольку его температура стеклования выше 330°C. Даже если капнуть на него расплавленным металлом (а это 600—700°C), дырки не будет, хотя столь высокую температуру материал может выдерживать недолго. Материалы группы арселона трудногорючи и устойчивы к действию открытого пламени. Так что из него получится отличная одежда для пожарников. А благодаря равновесному влажностному содержанию она будет не хуже вискозной и даже хлопковой — тело в ней сможет дышать.

Еще один вариант использования нового материала — это нефтеперерабатывающая и химическая промышленность, поскольку арселоновое во-

локно не набухает и не растворяется в нефти, маслах, органических растворителях и выдерживает действие кислот и щелочей, правда, не слишком концентрированных. Если учесть, что и электрической дугой его не пробьешь, то лучшей одежды для спасателей не найти.

Новые волокна во многом превосходят легендарные арамидные (но-мекс): они более термостойки, химически устойчивы и дают почти в десять раз меньшую усадку при воздействии высоких температур. Впрочем, если иметь в виду, что в свое время в их разработке принимали участие специалисты из мытищинского НПО «Химволокно», которое теперь называется ООО НПФ «Термостойкие изделия», то удивляться не придется. Еще при советской власти специалисты этого предприятия поразили своими разработками в области волокон специального назначения тогдашнего президента фирмы «Дюпон». Как вспоминал В.П.Смирнов, который в то время руководил предприятием, увидев образцы полученных советскими учеными волокон, француз просто изумился и немедленно предложил сотрудничество, хотя сначала был настроен весьма скептически.

Интересно и то, что белорусским химикам, продолжившим дело мытищинского «Химволокна», удалось разработать технологию, которая проще, дешевле и безопаснее для окружающей среды, чем, например, та, которую использует фирма «Дюпон». Конечно, ее особенности разработчики держат в секрете, равно как и их зарубежные коллеги. Зато продавать продукцию — уникальные термостойкие ткани, нити и волокна — готовы всем, кто хочет их купить.

РЕСУРСЫ

Апатиты без отходов

Горы отходов, состоящих в основном из гипса с примесью стронция и редкоземельных элементов и отравляющих атмосферу выбросами летучих соединений фтора, до недавнего времени казались неиз-

бежными спутниками заводов по переработке апатитов. К счастью, нашлись те, кто взялся решить эту проблему. Московские химики Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова при участии ВНИИ химической технологии разработали принципиально новую технологию переработки апатитов. Она позволяет использовать ценное сырье практически полностью, сведя отходы производства и загрязнение окружающей среды к минимуму (komissarova@inorg.chem.msu.ru).

В предложенной технологии сразу несколько ноу-хау. Однако авторы согласились объяснить принципиальные отличия от традиционно используемого метода. Кольский апатит может быть не только источником фосфора, фосфорной кислоты и удобрений, но также фтора, стронция и так называемых редкоземельных элементов. Эти ценные металлы, сравнительно мало распространенные в земной коре, находят все более широкое применение в промышленности. Из 10 млн. тонн апатитового концентрата в принципе можно получить около 100 тыс. тонн этих металлов, а также около 200 тыс. тонн оксида стронция и почти 300 тыс. тонн фтора. Увы, пока эти возможности существуют только в теории.

На практике при переработке апатита значительная часть фтора выделяется в атмосферу, загрязняя ее, стронция удается извлечь не более половины (это в лучшем случае, в худшем он прямоком отправляется на свалку в составе фосфогипса, то есть с твердыми отходами), а редкоземельные элементы и вовсе выделить не удается.

Московские химики предлагают «вскрывать» апатит не традиционно применяемыми серной или азотной кислотой, а горячей смесью фосфорной и серной кислот. Это позволяет разделить основные продукты разложения апатита: фосфаты кальция, соли стронция и редкие земли, а также уловить летучие соединения фтора. Еще несколько химических ухищрений (суть которых мы не обсуждаем в открытой печати) — и на выходе





удается получить почти весь фтор (более 97%), 85—90% редкоземельных элементов, 70—75% стронция. В дополнение, разумеется, к целевому продукту — фосфору в виде кислого фосфата кальция, степень извлечения которого составляет около 95%. Так общая степень использования сырья подбирается к 96%, а в отход попадает не более 4—6% апатита.

Таким образом, ученые предложили промышленникам комплексную экологически чистую технологическую схему переработки апатитов. Теперь дело за ее внедрением.

КЛИМАТ

Лес и закись азота

Чтобы сократить поступление углекислого газа в атмосферу, рекомендуется сажать леса. Но, оказывается, лес может стать источником других парниковых газов. Например — закиси азота. К такому выводу пришли специалисты из красноярского Института леса им. В.Н.Сукачева СО РАН (menyailo@hotmail.com).

Закись азота (N_2O) — один из парниковых газов, участвующий в разрушении озонового экрана. Основную долю закиси азота производят почвенные бактерии. По соседству с ними обитают другие бактерии, которые потребляют закись азота. Именно от их активности зависит, сколько «несъеденного» газа поступит в атмосферу.

В 1971 году сотрудники лаборатории лесного почвоведения Института леса высадили на однородную почву шесть основных для Сибири лесных пород: ель сибирскую, сосну обыкновенную и кедровую, лиственницу, березу и осину. Каждую породу посадили на отдельном участке площадью 2400 м². Седьмой участок, лесную поляну, оставили для контроля. Тридцать лет спустя деревья выросли, и исследователи отобрали образцы почв с опытных участков. Оказалось, что почвы под деревьями выделяют в атмосферу больше закиси азота, чем почва на поляне. Восстановление лесов привело к заметному увеличению кислотности почвы и изменило качество почвенной органики. Такие условия не особенно благоприятны для микроорганизмов, усваивающих закись азота, поэтому газ почти беспрепятственно попадает в атмосферу.



Под березой и осиною почва выделяет больше N_2O , чем под хвойными деревьями, очевидно, потому, что в почве под лиственными породами обитают другие виды бактерий. Нынешние изменения климата приводят к тому, что граница между лиственными и хвойными лесами смещается на север. При замещении хвойных пород лиственными следует ожидать двукратного увеличения эмиссии N_2O из почвы в атмосферу.

В условиях глобальных изменений климата больше атмосферного азота поступает в почву. В последнее время участились лесные пожары, которые тоже увеличивают содержание в почве минерального азота. А чем больше азота, тем больше его закиси могут произвести почвенные микроорганизмы. По мнению ученых, роль лесных почв Сибири в глобальном бюджете N_2O будет возрастать.

Вклад различных парниковых газов в изменения климата неодинаков. Его оценивают по утепляющему потенциалу, основанному на теплоемкости газа, и времени его пребывания в атмосфере. Так вот, утепляющий потенциал закиси азота в 296 раз выше, чем у диоксида углерода. И хотя концентрация N_2O в 1000 раз меньше концентрации CO_2 , закись азота поступает в атмосферу с большей скоростью, значит, ее относительный вклад в создание парникового эффекта растет.

ИММУНОЛОГИЯ

Холод повышает иммунитет

Полезен ли холод для иммунитета? На этот вопрос пока нет окончательного ответа. Мнения ученых расходятся: одни считают, что низкие температуры угнетают иммунную систему, другие думают иначе. Новосибирским ученым из лаборатории термофизиологии НИИ физиологии СО РАН удалось прояснить данную ситуацию (kozyreva@iph.ma.nsc.ru).

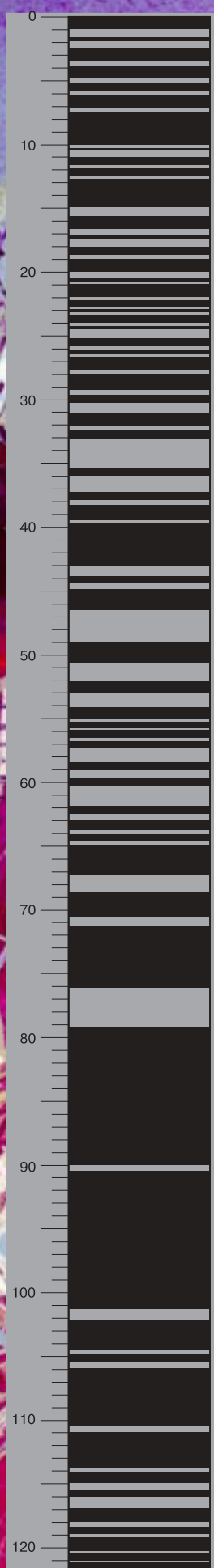
В экспериментах на крысах исследователи проверили, как влияют низкие температуры на иммунитет. Для иммунизации животным ввели в кровь чужеродные тела (эритроциты барана). После этого крысы подвергались различным видам охлаждения в термостатах. Ученые постоянно следили за иммунной реакцией животных, которую оценивали по количеству антигенсвязывающих (АСК) и антителообразующих (АОК) клеток крови.

Оказалось, что при быстром охлаждении поверхности кожи (со скоростью примерно 0,2 градуса в секунду) иммунитет повышался, что выражалось в увеличении, примерно в два раза, количества АОК. При медленном охлаждении иммунный ответ носил несколько иной характер, наблюдались изменения в гормональном фоне. При глубоком охлаждении (переохлаждении) происходило угнетение иммунного ответа. Иммунная реакция зависела не только от способа охлаждения, но и от того, когда оно происходило — до или после введения чужеродных тел. Так, при охлаждении сразу после иммунизации повышалось количество АОК, при охлаждении до иммунизации количество АОК практически не менялось, а повышался уровень АСК. Все это говорит о тесной и сложной взаимосвязи иммунной и терморегуляторной систем организма.

Каким же образом небольшое изменение поверхностной температуры кожи влияет на иммунную реакцию? Воздействие даже не очень сильного холода на терморецепторы кожи запускает сигнал, который изменяет активность специфических областей мозга. А сигналы от этих областей мозга изменяют работу эндокринных систем организма, отвечающих за иммунный ответ.

Выявленные в этих исследованиях закономерности холодового воздействия на иммунитет помогут медикам тщательнее планировать проведение вакцинаций и других, связанных с иммунным ответом процедур лечения. Можно также заключить, что не всякий холод полезен для иммунной системы. Оптимальный вариант — быстрое охлаждение, например обычное обливание холодной водой. А вот переохлаждаться не стоит: для иммунитета это вредно.





Кувырок магнитного поля

Доктор
физико-математических наук,
профессор
М.Г.Савин



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Штрихкод магнитной летописи

Кто из нас в юности не сожалел, что наши мысли и сиюминутные деяния проходят без следа? И кто не мечтал о магических скрижалях, подобных библейским каменным доскам, данным Богом Моисею на горе Синай, которые смогут навечно сохранить память о нас?

Поглядим вокруг и спросим себя: окружающие горные породы — не в них ли история Земли записана на зернах ферромагнитных материалов, сохраняющих намагниченность в течение миллионов лет, начиная с того момента, когда горная порода перестала быть огненной лавой? Ведь магнитное поле — единственное известное в физике поле, обладающее памятью: в тот момент, когда порода остыла ниже точки Кюри — температуры обретения магнитного порядка, она намагнитилась под действием поля Земли и навсегда запечатлела его конфигурацию на тот момент. А только ли горные породы способны сохранять память о магнитных эманациях (истечениях), сопровождающих любое событие как в жизни планеты, так и в биографии отдельного существа?

Извлечение этой богатейшей и разнообразнейшей информации — благодарная задача для будущих исследователей. Современные же палеомагнитологи, да не затаят коллеги на меня обиды, как правило, ограничиваются изучением эволюции величины и направления остаточной намагниченности. Однако даже подобный элементарный, по существу, подход позволяет сделать очень важный для земной цивилизации вывод о последствиях ожидаемой инверсии геомагнитного поля. Исследования палеомагнитологов, в частности в Институте физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, позволили проследить историю изменений поля Земли за 3,5 млрд. лет и построить своеобразный штрихкод, календарь инверсий. Из него видно, что они происходят достаточно регулярно, по 3—8 раз за миллион лет, однако последняя случилась на Земле аж 780 тыс. лет назад, и такая глубокая задержка со следующим событием весьма настораживает.

«Опять пугают, — вздохнет читатель. — Конец света, удар кометы, ядерная зима, терроризм, экстремизм, а теперь еще и инверсия!» Почему-то вспомнилась Анна Ахматова: «Конец света уже наступил, только этого никто не заметил». Но как не заметить скоротечной инверсии магнитного поля Земли? Подсолнечная сторона маг-

нитосферы, которую сдерживают канаты силовых линий магнитного поля, замороженного в протонно-электронную околоземную плазму, утратит свою былую упругость, и на Землю рванет поток смертоносной солнечной и галактической радиации. Уж этого-то никак нельзя будет не заметить.

Об источнике геомагнитного поля

Редкое сочинение по геомагнетизму обходится без упоминания о трактате Вильяма Гильберта, придворного врача английской королевы Елизаветы I, «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», увидевшем свет в 1600 году. В нем показано, что магнитное поле у Земли такое же, как у магнитного диполя, то есть наша планета представляет собой как бы большую магнитную стрелку. Предваряя напутствием последнюю книгу своего знаменитого трактата, Гильберт писал: «Теперь нам следует раскрыть причины и удивительные, хотя и замеченные раньше, но необъясненные действия всего этого».

Спустя 400 лет слова Гильберта по-прежнему не потеряли своей актуальности. Загадка геомагнетизма до сих пор не раскрыта и остается одной из важнейших нерешенных фундаментальных проблем геофизики.

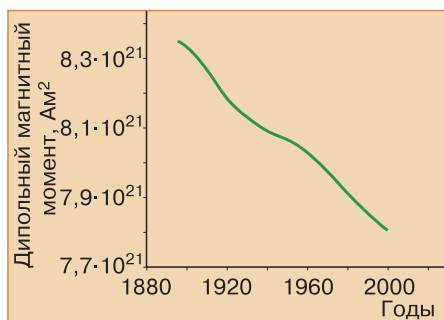
Неправильным было бы полагать, что четыре столетия геомагнитологи спали мирным сном. С XVII по XX век было проведено огромное количество наблюдений за магнитным полем Земли, в результате чего выявлены основные закономерности его поведения. Нельзя не отметить огромный вклад таких знаменитых ученых, как Халли Галлей, Александр фон Гумбольдт, Жозеф Гей-Люссак, Джеймс Максвелл, Карл Гаусс.

Особо значимо создание теории электромагнетизма Максвеллом в 70-х годах XIX века. Из его уравнений следует, что магнитное поле порождается электрическим током. Далее, отсюда вытекает эквивалентность замкнутых элементарных токов и магнитных диполей, момент которых называется также магнитным моментом тока. Складываясь, эти величины образуют, например, магнитное поле цилиндрического магнита, которое приближенно совпадает с полем соленоида той же длины и того же сечения. Тем читателям, которые помнят школьный учебник физики А.В.Перышкина, я просто напоминаю прописные истины. За племя молодое отвечать не берусь.

Теперь, переходя к «большому магниту», дело на первый взгляд представляется за малым: найти внутри планеты токовые системы подходящей конфигурации и силы, создающие на поверхности Земли поле, структуру которого мы хорошо изучили.

Если двигаться внутрь Земли, то, пройдя кору (0—15 км под океанами и 0—50 км под континентами), верхнюю мантию (глубиной до 640 км) и нижнюю мантию (640—2885 км), мы попадем в огромное жидкое ядро (2885—4590 км), существование которого было установлено в середине XX века Гарольдом Джеффрисом из Кембриджского университета. Именно жидкое состояние значитель-

*На протяжении своей истории Земля много раз
меняла положение магнитных полюсов.
На картинке слева представлен фрагмент
гигантского «штрихкода», где чередование серых
и черных полос соответствует смене полюсов.
Цифры слева — это миллионы лет*



1
Напряженность магнитного поля Земли за время наблюдений падает с возрастающей скоростью

ной части ядра дает объяснение механизма генерации геомагнитного поля. Суть его в том, что постоянное магнитное поле Земли определяется электрическими токами, возникающими при движении проводящей жидкости в ядре. Альтернативы этой теории пока еще не придумали.

Если пойти дальше и попытаться понять суть процессов генерации геомагнитного поля Земли, то самое время привлечь для этой цели механизм динамо. В грубых чертах будем считать, что создание магнитного поля во внешнем жидком ядре Земли происходит так же, как и в динамо-машине с самовозбуждением, где катушка проводов вращается во внешнем магнитном поле. Тогда за счет электромагнитной индукции в катушке возникает электрический ток и создает свое магнитное поле. Оно усиливает внешнее магнитное поле, а ток в катушке тоже увеличивается.

Конечно, жидкое ядро планеты — это не динамо-машина. Но если в жидком проводнике возникает тепловая конвекция, то появляется некая система течений электропроводящей жидкости, что аналогично движению проводника. Не будет грубым насилием над природой предположение о наличии некоторых затравочных магнитных полей в ядре. Значит, когда жидкий проводник при своем относительном движении (а оно связано с тем, что ядро вращается не с той же скоростью, что и кора) пересекает силовые линии этих полей, то в нем возникает электрический ток, создающий магнитное поле, которое усиливает внешнее затравочное поле, а это, в свою очередь, усиливает электрический ток и так далее, подобно песне про попа и его собаку, неосторожно съевшую кусок мяса. Процесс будет продолжаться вплоть до установления стационарного магнитного поля, когда различные динамические процессы уравновесят друг друга.

Изложенные идеи источника геомагнитного поля носят название гидромагнитного динамо (ГД) и были впервые высказаны в 1919 году Джозефом Лармором в Англии для объяснения солнечного магнетизма. В середине 40-х годов Я.И.Френкель в СССР и Вальтер Эльзассер в США предположили, что тепловая конвекция в ядре — именно та причина, которая приводит в действие ГД ядра Земли.

Однако теория ГД (правильнее сказать, все же гипотеза, поскольку экспериментальных доказательств пока что никому получить не удалось) не столь гибка, чтобы объяснить все многообразие наблюдаемых фактов, связанных с геомагнетизмом. Здесь не место приводить ухищрения и натяжки, с помощью которых специалисты пытаются совместить несовместимое. Порой представляется более убедительной простейшая сказочная гипотеза: в глубине планеты сидит черт с рогами и крутит огромный линейный магнит, вызывая аномалии геомагнитного поля.

Признаки надвигающейся инверсии

Поскольку теория тащится в обозе, обратимся к фактам. А факты говорят о том, что на протяжении истории Земли геомагнитное поле неоднократно меняло свою полярность. Существовали периоды, когда инверсии происхо-

дили по несколько раз за миллион лет, и случались периоды длительного затишья, когда десятки миллионов лет магнитное поле сохраняло свою полярность

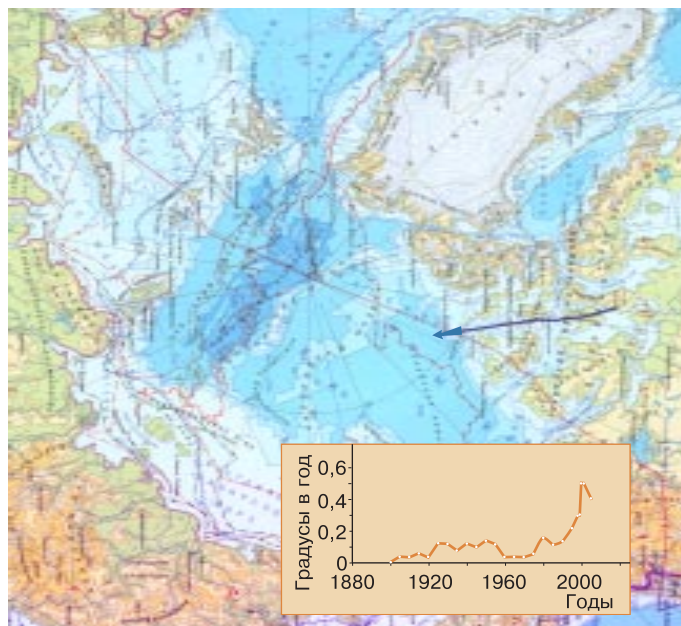
По результатам исследований лаборатории главного геомагнитного поля и петромагнетизма Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, частота инверсий в юрский период и в среднем кембрии составляла одну инверсию за 200—250 тыс. лет. Однако последняя инверсия имела место на планете 780 тыс. лет назад. Отсюда можно сделать осторожный вывод о том, что в ближайшее время должна произойти очередная инверсия. К такому выводу подталкивают несколько соображений. Данные палеомагнетизма свидетельствуют, что время, за которое магнитные полюса Земли в процессе инверсии меняются местами, не очень велико. Нижняя оценка — сто лет, верхняя — восемь тысяч лет. Обязательным признаком начала инверсии служит уменьшение напряженности геомагнитного поля, которая снижается в десятки раз по сравнению с нормой. Более того, его напряженность может упасть до нуля, и это состояние способно продержаться довольно долго, десятки лет, если не больше. Другой признак инверсии — изменение конфигурации геомагнитного поля, которое становится резко отличным от дипольного. Имеются ли сейчас эти признаки? Похоже, что да.

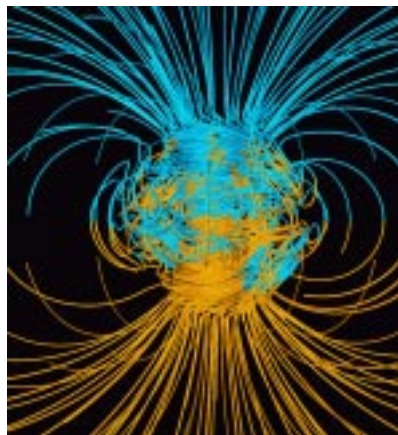
О поведении магнитного поля Земли в относительно недавнее время помогают судить данные археомагнитных исследований. Их предмет — остаточная намагниченность черепков древних керамических сосудов: частицы магнетита в обожженной глине фиксируют магнитное поле на момент охлаждения керамики. Эти данные свидетельствуют: последние 2,5 тыс. лет напряженность геомагнитного поля убывает. В то же время и наблюдения геомагнитного поля на мировой сети обсерваторий указывают на ускорение падения его напряженности в последние десятилетия (рис. 1).

Еще один интересный факт — изменение скорости перемещения магнитного полюса Земли. Его движение отражает процессы во внешнем ядре планеты и в околоземном космическом пространстве. Однако если магнитные бури в магнитосфере и ионосфере Земли обуславливают лишь относительно небольшие скачки в положении полюса, то глубинные факторы ответственны за медленное, но постоянное его смещение.

Как видно на рис. 2, Северный магнитный полюс с момента его открытия Д.Россом в 1931 году полвека сме-

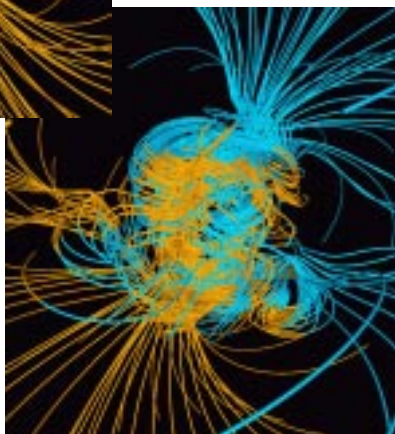
2
Дрейф Северногомагнитного полюса Земли за период с 1931 года





Исходное состояние

3 Изменение конфигурации магнитного поля планеты в период инверсии (по данным Г.Глатцмайера и П.Робертса)



Начало инверсии: начинают появляться зоны обратного направленного магнитного поля

шался со скоростью 10 км в год в северо-западном направлении. Однако в 80-х годах скорость смещения увеличилась в несколько раз, достигнув к началу XXI века абсолютного максимума — около 40 км/год: к середине текущего века он может покинуть Канаду и оказаться у берегов Сибири. Резкое увеличение скорости перемещения магнитного полюса отражает перестройку системы токовых течений во внешнем ядре, создающих, как полагают, геомагнитное поле.

Самый сильный аргумент

Как известно, чтобы доказать научное положение, нужны тысячи фактов, а чтобы опровергнуть, достаточно и одного. Изложенные выше аргументы в пользу инверсии лишь наталкивали на мысль о возможности грядущего светопреставления.

Наиболее весомое указание на то, что инверсия уже началась, — результаты недавних наблюдений со спутников «Эрстед» и «Магсат» Европейского космического агентства. Их интерпретация, которую провел Готье Ило из парижского Института физики Земли, показала, что магнитные силовые линии на внешнем ядре Земли в районе Южной Атлантики расположены в направлении, обратном тому, какое должно быть при нормальном состоянии поля. Но самое интересное, что аномалии силовых линий очень похожи на данные компьютерного моделирования процесса геомагнитной инверсии, выполненного калифорнийскими учеными Гарри Глатцмайером и Полом Робертсом, которые создали наиболее популярную сегодня модель земного магнетизма (рис. 3).

Итак, вот четыре факта, которые указывают на приближающуюся или уже начавшуюся инверсию геомагнитного поля:

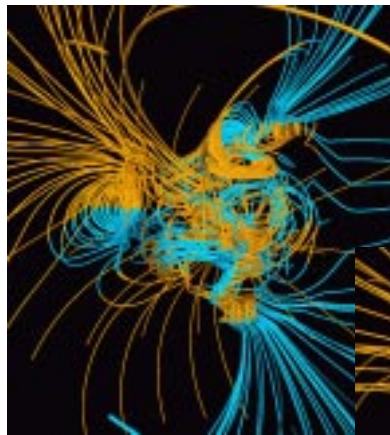
1. Уменьшение на протяжении последних 2,5 тыс. лет напряженности геомагнитного поля;
2. Ускорение падения напряженности поля в последние десятилетия;
3. Резкое ускорение смещения магнитного полюса;
4. Особенности распределения магнитных силовых линий, которое становится похожим на картину, соответствующую стадии подготовки инверсии.



РАЗМЫШЛЕНИЯ

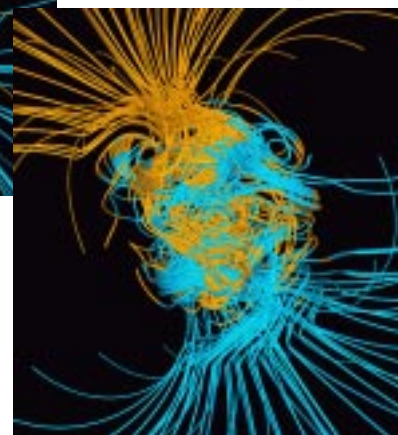
Катастрофические последствия инверсии

О возможных последствиях смены геомагнитных полюсов идет широкая дискуссия. Есть разнообразные точки зрения — от вполне оптимистичных до крайне тревож-



Преобразование диполя в мультиполь: помимо воронок в районе полюсов образуются воронки в районе экватора; по ним заряженные частицы от Солнца легко достигают атмосферы, вызывая полярные сияния в тропиках

Обратное состояние поля после инверсии



ных. Оптимисты ссылаются на тот факт, что в геологической истории Земли произошли сотни инверсий, однако не удалось установить связь массовых вымираний и природных катастроф с этими событиями. Кроме того, биосфера обладает значительными способностями к адаптации, а процесс инверсии может длиться довольно долго, так что времени, чтобы подготовиться к переменам, более чем достаточно.

Противоположная точка зрения не исключает того, что инверсия может произойти при жизни ближайших поколений и окажется катастрофой для человеческой цивилизации. В частности, несколько лет назад канадский научно-популярный журнал «Discovery magazine» составил список из двадцати наибольших опасностей, где инверсия значится под шестым номером.

Надо сказать, что эта точка зрения в значительной степени скомпрометирована большим числом ненаучных и просто антинаучных высказываний. В качестве примера можно привести мнение, согласно которому во время инверсии человеческие мозги испытывают перезагрузку, подобно тому как это происходит с компьютерами, при этом произойдет полное стирание содержащейся в них информации. Несмотря на такие достаточно анекдотические высказывания, отважусь заметить, что оптимистическая точка зрения весьма поверхностна. Современный мир — далеко не тот, что был сотни тысяч лет на-

зад: человек породил множество проблем, которые сделали этот мир хрупким, легко ранимым и крайне неустойчивым. Есть основания полагать, что последствия инверсии действительно будут поистине катастрофичны для мировой цивилизации. И полная потеря работоспособности Всемирной паутины из-за разрушения систем радиосвязи (а оно обязательно наступит в момент утраты радиационных поясов) — лишь один из примеров глобальной катастрофы. По сути дела, при грядущей инверсии геомагнитного поля мы должны пережить переход в новое пространство. Изучением возможных рисков, связанных с инверсией, активно занимаются в лаборатории ИФЗ во главе с кандидатом физико-математических наук В.Э.Павловым.

Интересный аспект воздействия геомагнитной инверсии на нашу планету, связанный с изменением конфигурации магнитосферы, рассматривает в своих недавних работах профессор В.П.Щербаков из Геофизической обсерватории Борок. В обычном состоянии благодаря тому, что ось геомагнитного диполя ориентирована приблизительно вдоль оси вращения Земли, магнитосфера служит эффективным экраном для высокоэнергетических потоков заряженных частиц движущихся от Солнца. При инверсии вполне вероятна ситуация, когда во фронтальной подсолнечной части магнитосферы в области низких широт образуется воронка, через которую солнечная плазма сможет достигать поверхности Земли. Из-за вращения Земли в каждом конкретном месте низких и отчасти умеренных широт такая ситуация будет повторяться ежесуточно по несколько часов. То есть значительная часть поверхности планеты каждые 24 часа будет испытывать сильный радиационный удар.

Есть основания полагать, что значительное падение напряженности магнитного поля и изменение его конфигурации могут иметь существенные, вплоть до катастрофических, последствия для климата. В этой связи, однако, надо определиться с тем, что мы понимаем под климатическими катастрофами. Известный советский геолог Д.В.Наливкин отмечал: то, что в масштабах одной человеческой жизни служит катастрофой — бури, смерчи, ураганы, для природы, в масштабах сотен и тысяч лет, — вполне заурядное явление. С одной стороны, увеличение уровня космической радиации на несколько десятков процентов вследствие исчезновения поля (а именно такую оценку дает В.П.Щербаков) может и не принести человечеству каких-либо катастрофических последствий. С другой же, вряд ли очередной умирающий раковый больной будет утешаться тем, что его отдельная личная трагедия в масштабах всей планеты не создаст мировую катастрофу.

Таким образом, имеются достаточно веские основания, чтобы внимательно отнестись к ожидаемой вскоре (и уже набирающей обороты) инверсии и постараться разобраться, какие опасности она может нести человечеству и каждому отдельному его представителю, — а в перспективе и выработать систему защиты, уменьшающую их негативные последствия. Насчет систем защиты, правда, говорить рано, хотя бы потому, что мы не знаем достоверно даже происхождение геомагнитного поля. А вот более пристальное наблюдение за его изменением организовать вполне возможно. По мнению академика В.Н.Страхова, для этого нужно построить сеть наблюдательных станций. Затраты довольно велики: несколько миллиардов рублей, но зато мы сможем точно отслеживать этот процесс и выбрать модель, а также время кардинального изменения геомагнитного поля.



Магнитное

поле — это мы?

Что есть наше тело и сама наша жизнь, как не полно магнитного поля, непрерывно ткущееся Его Величеством Временем? Эрудированный читатель, знакомый с основами электродинамики, не преминет заметить, что автор потерял электрическое поле, и будет совершенно прав. Каждую клеточку нашего тела с бесчисленными химическими реакциями можно представить как ту или иную форму организации электромагнитного поля. В самом деле, можно убрать все вещество, и физическое состояние нашего организма прекрасно опишется в терминах, меняющихся во времени электрического и магнитного векторов. Это как бы двухголосие, одновременное звучание мужской и женской партии.

В гелиобиологии, например, подобный дуэт проявляется как мощное импульсное возмущение электромагнитного поля Земли. Здесь мужская партия — вызванные солнечным ветром биологически активные вариации электрического поля в магнитосфере. Ей отвечает женская партия — колебания геомагнитного поля, которые в отличие от магнитного поля служат лишь показателем солнечной активности. Получается самая настоящая музыка небесных сфер; неповторимую мелодию жизни создают взаимные переливы мужских и женских голосов. Порожденные мощными солнечными вспышками импульсы возмущения электромагнитного поля Земли влияют на всех жителей планеты, от них невозможно укрыться даже под многометровой толщей воды. А диктор в такие дни сообщает, что, по данным ИЗМИРАН, ожидается неспокойная геомагнитная обстановка и, стало быть, метеочувствительным людям стоит повнимательнее следить за своим здоровьем. Однако причины зависимости нашего организма от колебаний весьма слабого поля Земли никто пока не объяснил, есть лишь гипотезы.

Магия магнитного поля, его неясное притяжение, колдовская сила остаются в числе давних загадок природы, сродни загадке души. Так и подмывает сказать, что в эманациях магнитного поля проявляется духовная сущность человека. Невольно вспоминается толкование неоплатониками происхождения мира и души мистическим истечением творческой энергии божества из Единого,





и реально измеряемые магнитные поля — не есть ли они материальный носитель этой таинственной энергии?

Многие считают, что первое впечатление о человеке, определяющее дальнейшее отношение к нему, может сложиться еще до того момента, когда вы разглядите его лицо, фигуру, услышите его голос, почувствуете запах, пожмите его руку. Не связан ли древнейший механизм подобного узнавания со структурой нашего магнитного поля?

В самом деле, кроме одежды мы круглосуточно носим свою неповторимую магнитную ауру (иначе — биомагнитную оболочку). Ее параметры физики хорошо научились измерять при помощи высокочувствительных СКВИДов — сверхпроводниковых квантовых магнитометров, детища академика Ю.В.Гуляева. Кто знает, не взаимодействие ли этих полей дает направление тем мирно спящим до часа «Х» инстинктам, от которых зависит наша способность к имярек или же отсутствие ее?

Действие геомагнитных полей может проявляться как в малом (для ансамблей частиц), так и в большом (для живых организмов). Но проявляется оно по-разному: детерминированно для первых и индетерминированно для вторых. В случае с молекулами действуют принципы спиновой химии — реакция между радикалами с одним и тем же спином невозможна (см. «Химию и жизнь», 2005, № 3). Магнитное поле, даже маленькое, в этой ситуации способно играть роль переключателя канала реакций, воздействуя на ориентацию спина. С большими системами все сложнее, поскольку их жизнь зависит от множества подобных реакций. С одной стороны, это хорошо: если какая-то реакция в отсутствие магнитного поля пойдет не так, дру-

гие смогут выправить результат. А с другой стороны, у слишком сложной системы вполне может быть хрупкое звено, которое и должно сломаться в соответствии с законом Мерфи, не так ли? Все-таки древнейший человек разумный, питекантроп, он же *Homo erectus*, появился как раз 500—700 тысяч лет назад, то есть разум никаких инверсий не переживал.

Для того чтобы разобраться с влиянием магнитного поля на живые существа, нужно провести опыты при разном его мощностном уровне. Однако, строго говоря, найти такое место, где не было бы магнитного поля, очень трудно. Даже покидая пределы Земли, от него не убежать: на околоземной орбите внутри поясов ван Аллена (а только там и летают живые существа), есть поля Земли и Солнца, а за их пределами, где побывало всего несколько землян, летавших к Луне, да и то недолго, — межпланетное магнитное поле.

Опытов по влиянию магнитных полей, напряженность которых сильно понижена по сравнению с земным уровнем (гипомагнитные поля), на живые организмы проводилось великое множество. Отечественные исследователи (например, профессор Ю.А.Холодов) утверждают, что такое поле обладает активным биологическим действием, что сказывается, в частности, при эмбриональном развитии, когда адаптационные возможности организма слабы. К примеру, одни подопытные мыши, вырастая без поля, лысели, другие достигали больших размеров, третьи никак не реагировали. Однако сведения о пороговых биологически значимых магнитных полях, так же как о зависимости биоэффектов от длительности воздействия полей, нащупать весьма затруднительно. Робин Бэкер из Манчестерского университета утверждает, что вредного влияния на человека сильных магнитных полей, напряженность которых в тысячи раз превосходит естественное магнитное поле Земли, до сих пор не обнаружено. По наблюдениям Бейшера (1971), пребывание людей в течение двух недель в гипомагнитных полях, создаваемых системой катушек Гельмгольца, не выявило каких-либо физиологических или психологических эффектов. Если же говорить о магнитных бурях, во время которых магнитное поле Земли изменяется не более чем на 5% от

его величины в средних широтах, то здесь ситуация иная: корреляция инфарктов миокарда и прочих неблагоприятных явлений в биосфере с уровнем магнитной активности была впервые отмечена профессором А.Л.Чижевским еще в 30-х годах прошлого века (см. книгу «Земное эхо солнечных бурь». М: Мир, 1964). Впрочем, заядлые спорщики продолжают твердить об отсутствии какой-либо корреляции, мужественно стараясь не замечать ухудшения собственного самочувствия в магнитоактивные дни. Если же попытаться дать самую общую оценку опытов по влиянию магнитных полей на живые организмы, включая человека, то оказывается, что даже самые чистые эксперименты крайне редко выявляют тенденции к повторяемости и воспроизводимости результатов. А это краеугольные камни науки. Эманации магнитного поля их как бы подтачивают, выдвигая на первый план индивидуальные качества живого, его изначально неповторимость.

Поэтому не исключено, что корни индивидуализма современника, свободного от стадных инстинктов, питаются неповторимыми эманациями его собственных магнитных полей. Утешаю себя иллюзией, что знакомство с современными представлениями о геомагнитном поле и его эволюции поможет возбудить интерес к познанию более тонких эффектов и подвигнет читателя к овладению свежими идеями.

Это может пригодиться, ведь все опасности инверсии практически ничто по сравнению с возможной деформацией индивидуальных черт каждой отдельно взятой личности, формируемых собственным магнитным полем человека в присутствии нормального геомагнитного поля. В самом деле, «нуль-пункт» геомагнитного поля во время его инверсии длится достаточно долго. Именно в это время нарушается сложившийся на протяжении многих поколений неповторимый узор магнитных полей, определяющий наше собственное «я». Вряд ли кто-нибудь, опираясь на воспроизводимые результаты экспериментов, способен ответить на вопрос: к каким психологическим и социальным сдвигам подобное длительное нарушение приведет?

М.Г.Савин



Возникновение жизни на Земле: не случайность, но чудо?

Говорят, белковая жизнь на Земле возникла потому, что для первичных организмов, вдруг появившихся в аминокислотном бульоне Мирового океана, оказались благоприятными природные условия планеты. Однако можно рассуждать иначе: белковые организмы в жидкой среде возникали и погибали, но закрепились только те из них, которые выработали механизм поглощения внешней энергии в количествах, достаточных для сохранения вида. В любом случае переход неживой материи в живую требует определенного сочетания планетарных и даже космогонических условий. И, глядя на Землю, мы наблюдаем поразительно целенаправленное влияние совершенно разных, не связанных между собой никакими причинно-следственными отношениями, феноменов, «устремленных» на формирование живой формы материи. Как же проявляют себя эти факторы?

Область затишья

Начнем с удивительного положения Солнца в Галактике и его движения по траектории радиусом 8 тысяч парсеков. У Млечного Пути есть два спи-

ральных рукава: Стрельца и Персея. Между ними расположена узкая область, шириной не более 800 парсеков (при радиусе Млечного Пути 20 тысяч парсеков), где нет активного об-

разования звезд. Именно здесь, вдали от вспышек сверхновых звезд и столкновений с другими звездными образованиями, находится Солнечная система.

Нынешняя орбита движения Солнца в Галактике — это эллипс, плоскость которого почти параллельна плоскости эклиптики. Исключительное значение этого факта для нас состоит в том, что даже малое наклонение орбиты Солнца к плоскости Галактики привело бы к нарушению стабильности так называемого облака Оорта, гипотетической области сосредоточения комет на границе Солнечной системы. В результате на Землю обрушился бы кометный град и уничтожил все живое.



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Стабильное Солнце

Наше Солнце — желтый карлик класса G2 — уникально тем, что среди известных звезд Галактики пока нет ни одной с точно такими же параметрами. На это указывает, например, профессор А.Н. Бабушкин в курсе лекций по современным проблемам естествознания, который рекомендован Министерством образования РФ в качестве учебного пособия. А эти параметры очень важны, поскольку в той или иной форме способствовали возникновению живой материи. Солнечная система образовалась 5 млрд. лет назад, при этом масса и химический состав центральной звезды оказались таковы, что обеспечили ее продолжительное и равномерное свечение в течение всего этого времени. Если бы масса звезды была меньше 0,5 массы Солнца, то результат ее скоротечной эволюции — горячий и плотный «белый карлик» — быстро остыл бы за несколько сотен миллионов лет. Наоборот, при массе от 1,4 до 1,8 массы Солнца звезда после истощения водорода сжимается, затем, разогревшись от вторичного сгорания гелия до «красного гиганта», остывает и превращается в «белого карлика». Наше Солнце, будучи звездой средней величины, имеет ресурс равномерного горения еще на 5 млрд. лет.

Зона жизни

Казалось бы, в нашей системе есть целая группа планет земного типа: Меркурий, Венера, Марс, тем не менее никакой белковой жизни на них пока не обнаружено. Одна из причин состоит в том, что Земля находится как раз на таком расстоянии от Солнца, которое обеспечивает освещение земной поверхности с мощностью 1370 Дж/м². Энергетический поток, приходящий от Солнца на Землю, в большой степени зависит от расстояния, так что именно этот параметр земной орбиты создает благоприятные условия для зарождения и существования живых организмов. В самом деле, Земля находится посередине пояса жизни, в котором на поверхности планеты может существовать жидкая вода. Согласно грубым оценкам, границы этого пояса проходят по орбите Ве-

неры и на полпути от Земли до Марса. Американский астроном Майкл Харт, исследовав изменения экологической обстановки на Земле, предлагает более жесткие нормы. По его мнению, если бы Земля была ближе к Солнцу всего на 5%, то первичная вода, выделявшаяся из недр вулканов в виде горячего пара, никогда бы не сконденсировалась в моря и океаны — помешал бы парниковый эффект. Наоборот, при увеличении расстояния на 1% началось бы разгоняющееся оледенение планеты. Харт, кроме того, показал, что при превышении массы Земли на 10% на ней опять-таки возник бы парниковый эффект. А при снижении на 6% не смог бы сформироваться озоновый слой, необходимый для защиты всего живого от ультрафиолетового излучения. Можно верить Харту или оспаривать точность его расчетов, но само это исследование подчеркивает, в какой узкой экологической щели заключена даже не сама жизнь, а вероятность ее возникновения.

Постоянство падающего в течение года на Землю солнечного потока поддерживает еще один параметр земной орбиты — ее эксцентриситет, равный 0,02 и обеспечивающий почти круговое движение планеты вокруг Солнца. Если бы эксцентриситет орбиты был больше, то на существующие на Земле сезонные колебания температуры, вызванные наклоном оси вращения планеты, наложился бы контрастные перепады солнечной энергии, приводящие к похолоданию при нахождении нашей планеты в точках апогея и потеплению при прохождении точек перигелия. При таких условиях поверхность Земли попеременно превращалась бы то в ледяную, то в раскаленную пустыню, в которой сложные органические структуры развиться не могут.

Планеты воды

В дополнение к космогоническим факторам природно-климатические условия на Земле сложились так удачно, что из четырех близких по свойствам гидридов — кислорода, серы, селена и теллура — только соединение H₂O в его жидком виде стало местом возникновения жизни. Вероятность подобного

события оказалась в прямой зависимости от другого астрономического фактора: неизменной светимости Солнца за всю историю существования Земли. Если бы за это время, а оно составляет около 4 млрд. лет, светимость нашей звезды изменилась хотя бы на 10—15%, вся жидкая вода на Земле перешла бы в одно из двух других фазовых состояний — пар или лед, и в обоих случаях органическая жизнь не смогла бы возникнуть.

Жидкий же океан не случайно стал колыбелью жизни. Летом в пар, благодаря необычайно большой теплоте испарения воды, переходит лишь незначительное ее количество, предохраняя нижние слои акваторий от чрезмерного нагревания. Слой воды толщиной в сантиметр поглощает 94% падающей на ее поверхность солнечной энергии, при этом суточные изменения температуры воды под поверхностью океана не превышают 1°С, годовые — не более 10°С.

Дело будущего

Граничная материя, переходная от неживого к живому, образовалась там, где слились воедино в своем случайном сочетании многие природно-климатические факторы: особый химический состав воды, состояние береговой полосы — отшель и обилие размылов древних отложений, близость геотермального источника, наличие теневой и освещенной зон, колебания уровня воды при отливах и приливах, частота гидродинамических ударов при сдвигах земной коры. Эти и другие, скрытые для современного знания, факторы среды создали тот экологический «зонтик», под которым возникали и распадались первые протоклетки, еще не доказавшие своего права на существование.

Где могла впервые образоваться живая структура, ставшая, может быть, прародительницей жизни на всей Земле? Если привлечь вероятностные методы для оценки реальности такого события, то большинство из них доказывают его невозможность. Трудно представить одномоментное появление среди мертвой материи клеточных структур с содержащимися в них нуклеиновыми кислотами — высокомолекулярных соединений, состоящих из нескольких миллионов молекул. Однако они возникли, это мы знаем точно. Событие со столь малой вероятностью в обиходе называют чудом. И до тех пор, пока не найдена инопланетная жизнь, логично было бы считать зарождение жизни именно чудом, а не закономерностью.

А.С. Мартыненко

СКРИПКА ДЛЯ БЛОХИ

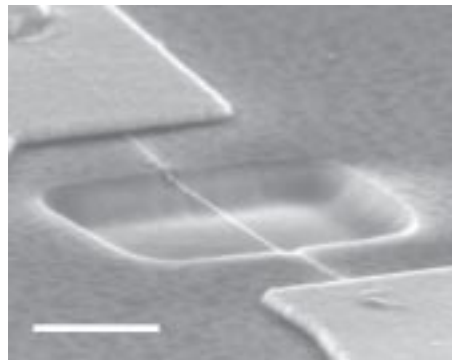
Голландский материаловед создал из нанотрубки самую натянутую струну

Van der Zant,
h.s.j.vanderzant@
tudelft.nl

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

Левша подковал танцующую блоху. Профессор же Делфтского университета технологий ван дер Зант создал скрипку, на которой эта блоха могла бы сыграть мелодию. Для начала на кремниевую подложку, покрытую слоем оксида кремния, положили нанотрубку длиной 2 мкм и диаметром 2 нм и ее концы закрепили двумя электродами. Затем непосредственно под нанотрубкой вытравили слой, и получилась ямка со слегка провисшей над ней струной.

А дальше на струне начали играть. Для этого на кремний подали переменный электрический ток. Электрическое поле взаимодействовало с нанотрубкой, и та вибрировала с амплитудой до 8 нм. Причина вибраций — изменение емкости в системе нанотрубка — кремниевая подложка. Когда частота тока сравнялась с частотой собственных колебаний нанотрубки (несколько десятков МГц), ее вибрация стала значительно сильнее. Изменяя силу тока и его частоту профессор ван дер Зант и его коллеги



смогли даже натянуть вибрирующую струну. «Это похоже на настройку пианино или гитары, — говорит руководитель работы. — Впрочем, вибрирующая нанотрубка интересна не только в качестве научного курьеза. С ее помощью можно взвесить что-нибудь очень легкое. Например, если на трубке осядет вирусная частица, частота колебаний изменится и по этому изменению можно будет вычислить вес частицы».

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

СВЕТ МУТАНТА

Немецкие биологи придумали, как распознать устойчивые к антибиоту палочки Коха

Пресс-секретарь
Julia Rautenstrauch,
j.rautenstrauch@
dkfz.de

Для того чтобы возбуждающая туберкулез палочка Коха перестала погибать от антибиотика рифампицина, в ее ДНК должен измениться один-единственный блок. Если врач сумеет распознать, что в организме заболевшего человека есть такие бактерии, он не станет назначать этот антибиотик. Однако найти мутантную бактерию нелегко: палочки Коха вне организма растут медленно, а пациента нужно лечить быстро. Доктор Йенс Петер Кнемеер со своими коллегами из Германского центра исследований рака разработал метод мгновенного нахождения таких одиночных мутаций.

Ученые синтезировали короткую цепочку ДНК, которая может связываться только с мутантным фрагментом ДНК палочки Коха. К этой цепочке прикрепили краситель, способный светиться при облучении лазером. Лазерными импульсами освещают образец, с помощью оптического микроскопа фиксируют вспышки света от частиц красителя, а затем определяют, сколько длится послесвечение. Свободно плавающие метки быстро затухают, а те, которые соединились с ДНК бактерии, светятся гораздо дольше.

«Работа с препаратом из палочки Коха — только начало. Этот метод — флуоресцентная спектроскопия одиночных молекул — позволяет заглянуть внутрь живого микроорганизма и выявить все молекулы, которые способствуют развитию заболевания», — говорит заведующий отделом функционального геномного анализа Йорг Хохэйзель.

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

АВТОМАТ ДЛЯ ЗОЛУШКИ

Шведские инженеры знают, как рассортировать зерна пшеницы.

Пресс-секретарь
Sally Horspool,
sally.horspool@
es.eureka.be

«Люди давно заметили, что зерна даже из одного колоска пшеницы различаются по своим качествам. Однако вручную их сортировать сложно. А жаль. Ведь в зависимости от содержания крахмала и белка одно зерно больше подходит для выпечки бисквита, другое — для изготовления хлеба, а третье — для макарон. При поддержке европейской межправительственной инициативы «Эврика» мы смогли создать автомат для сортировки зерен», — рассказывает Бо Лофквист, директор шведской компании «Бомилл» (то есть мельница Бо).

Вообще-то автоматы для сортировки всяких мелких вещей вроде зерен или семян известны. Однако они ориентируются на внешние проявления — размер, форму или цвет разделяемых объектов. Совсем иной подход у автомата Лофквиста: он смотрит внутрь зерна. В этом устройстве каждое зерно попадает под инфракрасный луч, который его просвечивает, а датчик измеряет прошедший свет. В зависимости от результатов анализа струйка воздуха сдувает зерно в нужный приемник. Сейчас механизм, который называется «Трик сортинг», перебирает с высокой точностью по два миллиарда зерен в час, однако при желании можно повысить его производительность в 500 раз. «Мы видим большие перспективы для этого устройства, потому что только в пищевой промышленности его можно применить в бесчисленном множестве процессов», — говорит Бо Лофквист.

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

ФОТОСИНТЕЗ ВОДОРОДА

Химики создали молекулу, которая с помощью солнечного света разлагает воду.

Пресс-секретарь
Laura Gallagher,
l.gallagher@
imperial.ac.uk

Порфирины — это специальные молекулы, которые отвечают за получение энергии в организме. Их можно представить в виде центрального атома металла, помещенного в кружево органических цепочек. У млекопитающих, например, гемоглобин — порфирин, содержащий железо, — переносит кислород. У осьминогов за это же отвечает порфирин с атомом меди. У растений хлорофилл — порфирин с магнием — утилизирует свет солнца. А нельзя ли сделать какой-нибудь порфирин, который сможет использовать солнечный свет для разложения молекулы воды? Тогда удалось бы получить главный энергоноситель будущего — водород — без использования электроэнергии, выработанной на ядерных электростанциях.

Следуя этим соображениям, ученые из университета Васэда (Япония) и Королевского колледжа (Великобритания) сделали на основе гемоглобина порфирин, в центре которого расположен атом цинка. Этот порфирин соединили с модифицированной молекулой белка — альбумина, и получилось молекулярное устройство для разложения воды солнечным светом.

КРЕМНИЙ ФОРМАТИРУЕТ БЕЛКИ

Шведские ученые обнаружили, что частицы кремния способны придавать форму молекулам белка.

Bengt-Harald
Jonsson,
nalle@ifm.liu.se

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

Обычно считается, что частицы неорганических веществ вроде оксида кремния способствуют тому, что биологические молекулы теряют свою форму. Мы решили изменить это предубеждение и доказать, что такие частицы, наоборот, способствуют структурированию органических веществ», — говорит профессор Бенгт Харальд Йонсон из Линчёпингского университета (Швеция). Для этого ученые под его руководством синтезировали короткие пептидные цепочки со специфическим распределением положительных зарядов. В свободном состоянии эти цепочки не принимали какой-либо определенной формы. Затем их смешали с раствором отрицательно заряженных сферических частиц оксида кремния диаметром 9 нм. Вступив в контакт с частицей, пептид свернулся в спираль, причем комплекс из частицы и пептида обладал ферментативной активностью.

По мнению авторов работы, открытое ими явление имеет два аспекта: прикладной и фундаментальный. Первый связан с тем, что этот метод может пригодиться для распознавания органических молекул, управляемого катализа химических реакций и поиска мишеней для медицинских препаратов. А второй позволяет задуматься о происхождении жизни. «Наше исследование показывает, что пептиды с аминокислотами с большой вероятностью могли формировать сложные структуры в результате взаимодействия с частицами глины», — говорит профессор Йонсон.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВСЕЛЕНЦА

Ученые из США считают, что гораздо проще не пустить чужака на свою территорию, чем потом его оттуда выгнать.

Proceedings of the
National Academy of
Sciences, 18—22
декабря 2006 года

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

Не менее 85% чужих древесных культур, ныне внедрившихся в дикую природу США, были изначально завезены как декоративные. То есть — для развлечения. А борьба с ними обходится в нешуточные суммы. Так, во Флориде с 1998 года потрачено 8,2 млн. долларов США на укрощение тринидадского папоротника лигодия пальчатого, который способствует распространению пожаров вверх. Другие импортные культуры, например британский плющ, норвежский клен или бразильский перец, тоже легко расселяются в дикой природе, вытесняя местные виды растений и изменяя сложившиеся ландшафты.

Как же с ними бороться? Биологи из Университета Пресвятой Девы — Рубен Келлер и Дэвид Лодж, а также Дэвид Финнофф из Вайомингского университета рекомендуют обратить внимание на опыт Австралии. Всего на этот изолированный континент попало 25 360 видов чужих растений. Из них 1366, или 5%, хорошо прижились и стали зловредными вселенцами, нанеся стране огромный экономический ущерб, причем 70% этих растений прибыли на континент как декоративные культуры. Это неудивительно: объем такого рода бизнеса в Австралии превышает 3,9 млрд. долларов США. А ущерб от вселившихся растений составляет 2 млрд. долларов ежегодно. Служба контроля, которая проверяет, сможет ли предполагаемый объект импорта стать вселенцем или нет, обходится австралийцам гораздо дешевле, в 213 тыс. долларов. Однако польза от нее огромная: согласно расчету, за полстолетия ее работы австралийцы сэкономят 1,8 млрд. долларов.

ТАЙНЫ ЛИХОРАДКИ ДЕНГЭ

Французские ученые нашли принципиально новое объяснение механизма развития лихорадки Денгэ и схожих с ней заболеваний.

Francisco Veas,
veas@mpl.ird.fr

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

Лихорадка Денгэ — один из видов геморрагической лихорадки, при которой кровь в буквальном смысле слова сочится сквозь стенки кровеносных сосудов. Сильнее всего это заболевание, переносимое комарами, свирепствует в тропических странах, однако по мере глобализации начинает появляться и в высоких широтах: всем памятна эпидемия геморрагической лихорадки на юге России, случившаяся несколько лет назад. Эффективных лекарств от этой страшной болезни пока не придумано, более того, биологи не могут пока понять и механизм ее развития.

Похуже, удача улыбнулась французским исследователям из Института исследований в целях развития. Они обнаружили, что ключевая роль может принадлежать ферментам-металлопротеиназам MMP-9. Они разрушают коллагеновый межклеточный матрикс и участвуют в преобразовании органов при эмбриональном развитии, в восстановлении поврежденных тканей, а также в развитии некоторых видов рака. Исследование, проведенное *in vitro*, показало, что вирус лихорадки Денгэ поражает определенный вид дендритных клеток иммунной системы и те начинают синтезировать металлопротеиназы в огромных количествах.

Чтобы доказать, что именно эти ферменты играют фатальную роль, культуру зараженных клеток поместили на пленку из клеток сосуда, и поток жидкости сквозь эту пленку существенно возрос. А ингибитор металлопротеиназ (SB-3CT) восстанавливал исходную проницаемость. Эти данные подтвердились и на мышах.

«Наше исследование дает ключ к лечению не только лихорадки Денгэ, но и других геморрагических лихорадок, вызываемых вирусом Эбола, Марбурга или Ханта», — говорит один из авторов работы Франсиско Веас.

РАСШИРЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ПУТЕШЕСТВЕННИКА

Ученые из США предлагают совместить три реальности: настоящую, виртуальную и геоинформационную.

Vic Baker,
vic.baker@
wvu.mail.edu

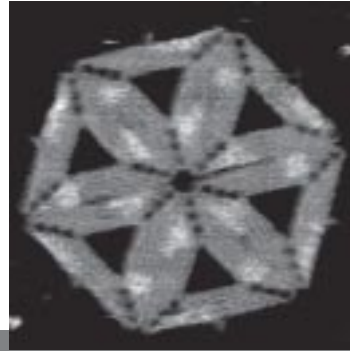
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Жители Изумрудного города видели все в зеленом цвете потому, что носили зеленые очки. Если же путешественник воспользуется технологией ВР-ГИС (геоинформационная система виртуальной реальности), то он сможет одновременно видеть и карту незнакомой местности, и саму эту местность. Для этого на нем должны быть специальные очки, предназначенные для наблюдения расширенной реальности (то есть одновременно видеть и реальные, и виртуальные объекты), а какое-нибудь мобильное устройство, хоть телефон, хоть переносной компьютер, должно подавать на очки информацию из Интернета. Именно эта возможность подключения к очкам мобильных устройств и отличает технологию, предложенную учеными из Университета Западной Вирджинии, от других аналогичных систем виртуальной реальности.

«У нашей системы может быть много приложений. На реальный город можно наложить карту, и путешественнику будет проще в нем ориентироваться. Полицейский сможет просматривать содержащееся в базе данных досье на преступника, не выпуская при этом подозреваемого из вида. Хорошо бы предприниматели или представители органов власти заинтересовались нашей работой и предложили сотрудничество в разработке таких геоинформационных предложений для техники XXI века», — говорит руководитель работы Вик Бейкер.



Самое-самое в химии 2006 года



Раз в год журнал Американского химического общества «Chemical & Engineering News» выбирает, какие самые интересные исследования, с точки зрения его экспертов, были опубликованы за истекшие 12 месяцев; опубликовано также на www.chemport.ru (кстати, в прошлом году тот же журнал составил список 10 самых красивых химических экспериментов в истории, см. «Химию и жизнь», 2006, № 7). Редакция американского журнала признается, что взять на себя такую ответственность было нелегко, тем более что современная химия состоит из множества направлений, которые трудно сравнивать между собой, — от органического синтеза и молекулярного дизайна до нанотехнологий и космической химии. Тем не менее редакция «Chemical & Engineering News» надеется, что отобранные ею работы повлияют на развитие химии не только в ближайшем, но и в далеком будущем.



Органическая химия

Впервые был осуществлен полный синтез UCS1025A — многообещающего ингибитора фермента теломеразы («Journal of the American Chemical Society», 2006, 128, 426). На этот ингибитор возлагают большие надежды в химиотерапии рака, поскольку теломераза активно вырабатывается во многих опухолях (чем, собственно, и обусловлена способность их клеток к неограниченному делению). Ингибитор UCS1025A, выделенный из грибов, уже довольно давно исследуют на противоопухолевую активность, и даже известен его механизм действия, но синтезировать его не получалось. На этот раз синтез удался потому, что Т.Ламберт и его коллеги не пытались идти шаг за шагом, а синтезировали два исходных продукта, из которых в природе получается то, что нужно, и просто соединили их.

В 2006 году найден новый путь синтеза («Journal of the American Chemical Society», 2006, 128, 6310) активного компонента антивирусной вакцины «Тамифлу» (фирма «Roche»). «Тамифлу» считают главным лекарством от

птичьего гриппа — он действует на поверхностный гликопротеин вируса. Проблема была в том, что лекарство производили в явно недостаточных количествах — из-за сложного многостадийного синтеза с дорогими исходными компонентами его не удавалось сделать много. Новый путь синтеза, предложенный Э.Корей, гораздо короче, чем тот, которым пользуется фирма «Roche», выходы на всех стадиях существенно выше, а главное, дешевле исходные компоненты.

Казалось бы, 2-хинуклидон — не такое уж сложное соединение, а за 70 лет ни одна из многочисленных попыток синтезировать его не удалась. Уже получили производные этого циклического амида, а он сам, чрезвычайно реакционноспособный, так и не давался в руки химиков. Наконец, в 2006 году 2-хинуклидон синтезировал Б.Столтц («Nature», 2006, 441, 731). Работа может быть полезной для тех, кто занимается ферментными процессами, например амидным гидролизом.

Среди многочисленных реакций, осуществленных в прошлом году, две стоят особняком. Первая — трехста-

дийный каскадный каталитический процесс, реализованный Д.Эндерсем, позволяющий получить тетразамещенный циклогексен карбальдегид в один синтез из простых исходных веществ («Nature», 2006, 441, 861). Исследователей вдохновило то, как это происходит в природе при синтезе натуральных продуктов. В трех последовательных реакциях создаются три новые С—С связи и возникают четыре стереоцентра.

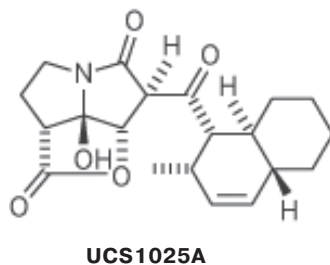
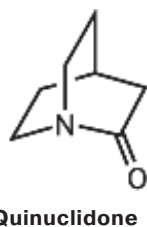
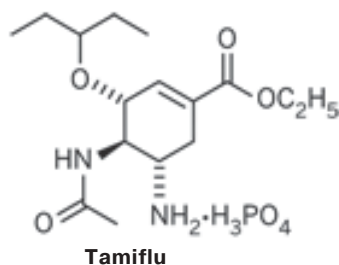
Вторая — новый тип реакции, в которой формируется хемоселективная амидная связь («Angewandte Chemie International Edition», 2006, 45, 1248). Это совершенно новый путь, позволяющий связывать пептиды, а значит, синтезировать их олигомеры, белки и другие сложные молекулы: амидная связь создается между альфа-кетокрбонической кислотой и N-алкилгидроксиламинами. Реакция, описанная Дж.Бодумом и его коллегами, практически идеальна, поскольку у нее высокая хемоселективность (работает и при других функциональных группах), протекает в водной среде без катализатора и имеет высокую степень «атомной экономии» (то есть не получается лишних продуктов). Исследователи называют ее «самым многообещающим химическим способом синтеза протеинов за последние десять лет».

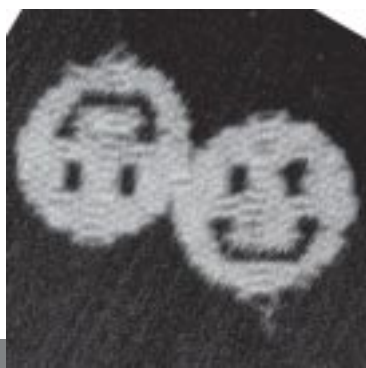
Химия углеводов

А.Ахарони и его коллеги разработали новый высокопроизводительный метод для скрининга гликозилтрансфераз (они участвуют в синтезе гликогена) с желаемой активностью («Nature Methods», 2006, 3, 609). Эта работа в дальнейшем позволит получить новое поколение сахаров с нужными свойствами. Ученые давно мечтали использовать прямую реакцию для скрининга библиотек гликозилтрансфераз — но найти ее удалось только сейчас.

Аналитическая химия

Исследователи научились использовать наноразмерную масс-спектрометрию вторичного иона (nanoSIMS) для изучения бинарных слоев липи-





дов с разрешением меньшим, чем 100 нм («Science», 2006, 313, 1948). Метод, разработанный С.Боксером, безусловно, позволит лучше понять строение и функции биологических мембран. До сих пор приемы, с помощью которых изучали мембраны, работали либо в области меньшей, чем 10 нм, либо большей, чем 300 нм. Метод заключается в том, что образец облучается точно сфокусированным пучком ионов цезия, после чего генерируются вторичные ионы, которые меряет масс-спектрометр.

Компьютерная химия

Используя специальную программу, Ф.Арнольд и его коллеги получили структуры около 3000 искусственных белков, подобных цитохромам P450. Эти белки содержат в качестве активной группы порфирин и участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, они играют ключевую роль в метаболизме лекарств и токсинов. В качестве составных частей использовали фрагменты трех природных цитохромов класса P450. Исследователи хотели создать новые, потенциально полезные белки, которые не существуют в природе, и выявить ключевые участки их последовательности, отвечающие за структуру и функции. Для этого использовали компьютерную программу SCHEMA, позволяющую создавать новые белковые структуры и прогнозировать их свойства («PLoS Biology», 2006, 4, e112). Примечательно, что метод применим не только для цитохромов, но и для многих других белков.

Неорганическая химия

В 2006 году неорганикам (К.Каминс и др.) покорились недоступные прежде молекулы и атомы. Впервые в растворе и в мягких условиях была получена двухатомная молекула фосфора P_2 («Science», 2006, 313, 1276). Этот результат имеет не только фундаментальное значение, он, возможно, позволит синтезировать соединения со структурным фрагментом P_2 — например, лиганды или новые катализаторы.

Удачно завершён эксперимент, начатый ещё в 2002 году, — очередная клетка в таблице Менделеева заполнена супертяжёлым элементом 118 («Physical Review», C, 2006, 74, 044602). Физики-ядерщики из Дубны (Ю.Оганесян) и Ливерморской национальной лаборатории бомбардировали калифорний пучком ионов кальция. После сотни часов такого облучения исследователи зафиксировали три одинаковые серии ядерного распада, что свидетельствует о получении трех атомов элемента № 118. В 2002 году исследователи получили один атом элемента 118, но только теперь эксперимент удалось воспроизвести и собрать дополнительные свидетельства в пользу того, что элемент 118 действительно получен. Из-за чрезвычайно короткого времени жизни физические и химические свойства нового элемента определить невозможно, однако по положению этого элемента в Периодической системе он относится к инертным газам и с химической точки зрения должен быть близок к радону.

Полимерная химия

Исследовательская группа фирмы «Dow Chemical» сварила олефиновый блок-сополимер, используя новый катализатор («Science», 2006, 312, 714). Катализатор позволяет последовательно наращивать цепь сополимеров, что делает процесс более эффективным и экономичным, чем раньше. Специалисты говорят, что «открыта дверь в совершенно новый класс термопластичных эластомеров». Используя этот новый метод, уже летом «Dow Chemical» выпустит на рынок новый блок-сополимер с улучшенными абразивными и деформационными свойствами и одновременно суперэластичный.

Нанотехнологии и материалы

Многие исследователи продолжают заниматься нанодизайном и наноискусством. Так, П.Ротмунд в Технологическом институте (Калифорния) поднял уровень нанодизайна с помо-

щью ДНК на небывалую высоту — новая техника позволяет создавать в десять раз более сложные композиции, чем раньше («Nature», 2006, 440, 297). Новый метод назвали ДНК-оригами, поскольку он позволяет создавать двухмерные конструкции — карты, улыбающиеся рожицы и тому подобные вещи размером всего 100 нм (см. «Химия и жизнь», 2006, № 8). Потенциальное применение — конечно, не картины, а электроника и молекулярная биология.

Космохимия

2006 год оказался богатым на новые открытия в этой области. Первый детальный анализ ИК-спектра от кометы Темпель-1 показал, что она состоит из различных минералов, воды и других органических и неорганических материалов («Science», 2006, 313). Спектр, расшифрованный К.Лисом, свидетельствует о наличии в комете магния и железосодержащих минералов, пироксена, смектита с железом, алюминием и натрием. Это ещё не все — есть в ней и аморфный углерод, и полиароматические углеводороды (что говорит об источнике органического вещества в Солнечной системе)... Исследование дало беспрецедентные данные о составе комет. Это поможет ответить на вопрос об образовании и развитии объектов Солнечной системы.

Впервые в космических облаках П.Тадеус и его коллеги обнаружили гексатриин-анионы — C_6H^- («Astrophysical Journal», 2006, 652, L141). До этого открытия их химический состав ограничивался списком из 130 нейтральных частиц и 14 катионов. Считалось, что в межзвездном пространстве анионы под действием радиации быстро превращаются в радикалы. Авторы работы говорят, что это изменит все представления о межзвездной химии.

В.В.Благутина



Волокна и пленки из микробных полимеров

Доктор технических наук
К.Е.Перепелкин

XX век и начало XXI века — это триумф синтетических полимеров: волокна, пленки, пластики и других подобных материалов. Эти материалы полностью переменили всю нашу жизнь, и уже трудно представить, как мы обходились без них. А между тем напомним, что их делают из невозобновляемого минерального органического сырья — нефти и газа. Кроме того, большинство существующих технологий получения синтетических мономеров и полимеров — это мно-

гостадийные материало- и энергоемкие процессы, которые создают множество проблем: повторное использование химикатов, утилизация побочных продуктов, очистка выбросов. И еще — такие нужные нам синтетические материалы не разрушаются в природной среде и сохраняются в ней многие десятилетия, а некоторые — даже столетия. Чем дальше, тем большее это вызывает беспокойство, уже не только у экологов, но и у всех жителей планеты.

Запасы нефти и газа, основного исходного сырья для полимеров, постепенно истощаются. Для нефти называют совсем небольшие сроки — от 20 до 40 лет. Но еще раньше дефицит их будет возрастать, а цены на них повышаться. Это заметно уже сегодня по ценам на бензин и на полимерную продукцию.

Есть ли другие перспективы получения полимеров, подобных синтетическим, но из других видов сырья? Да — есть! Это микробные полимеры, получаемые с помощью биотехнологий. Человек уже тысячелетия применяет биотехнологии для переработки сельскохозяйственного сырья и получения пищевых продуктов. Вино, квашеная капуста, соленые огурцы, собственно, любые долго хранящиеся продукты приготовлены



Таблица 1
Кислотный и микробиологический гидролиз растительных материалов

Показатели	Гидролиз разбавленной кислотой	Гидролиз концентрированной кислотой	Микробиологический гидролиз
Исходный материал	Древесина и древесные отходы		Растительные отходы сельского хозяйства с малым содержанием лигнина
Гидролизующие компоненты	Гексозаны (целлюлоза) и пентозаны (гемицеллюлозы)		Гексозаны (крахмал)
Температура	120–190°C	55–65°C	Ниже 40–50°C
Давление при переработке	Высокое	Выше атмосферного	Атмосферное
Энергопотребление	Высокое	Высокое	Низкое
Получаемые продукты	Гексозы (глюкоза и др.), пентозы, фурфурол, гидроксиметилфурфурол и др.		Глюкоза
Выход гексоз	45–50 %	45–50 %	До 85–95 %
Выделение продуктов гидролиза	Многостадийное выделение и очистка		Выделение без затруднений
Технологические отходы, их очистка	Негидролизующий остаток (лигнин), нейтрализация выбросов		Ассимилируемые отходы

с их помощью. (Кстати, консервантом в этих продуктах выступает молочная кислота, к другим применениям которой мы вернемся ниже.) Сегодня возможности биотехнологий уже не ограничиваются кулинарией.

Во многих странах мира давно существуют научно-технические программы по использованию альтернативных источников сырья для производства новых веществ и технических продуктов, в том числе и полимерных материалов. Уже сегодня, и тем более в будущем, человеку придется использовать для них то сырье, которым в избытке располагает природа, то есть скорее всего растительное. Новые программы во многом основываются на методах биотехнологии и генной инженерии.

Переработка растительного сырья

Есть несколько способов переработки растительного сырья — так называемые лесохимические технологии, включающие высокотемпературный пиролиз и кислотный гидролиз; ферментативный гидролиз; микробиологический синтез, а также некоторые другие (рис. 1). На выходе — новые химические продукты, в частности мономеры, полимеры и полимерные материалы.

Однако традиционные лесохимические методы переработки растительного сырья и отходов — пиролиз и гидролиз — остаются сложными технологиями, в которых расходуется большое количество материалов и энергии, необходимы рециклинг расходных ма-

Таблица 2
Примерный состав некоторых видов растительного сырья (в % к массе сухого вещества)

Компоненты	Состав растительного сырья				
	Пшеничная солома	Кукурузная кочерыжка	Подсолнечная лузга	Костра конопля	Древесина
Полисахариды:					
легкогидролизующие	23–24	37–39	—	20–22	16–28
трудногидролизующие	39–40	33–34	—	33–34	36–49
	Содержание отдельных компонентов				
Целлюлоза (гексозаны)	39	33–37	27–30	29–30	35–47
Пентозаны	27	35–39	20–25	15–17	15–25
Уроновые кислоты	5	5–8	4–6	5–6	3–8
Лигнин	20–24	15–17	27–28	27–28	20–30
Прочие (смолы, воски, азотсодержащие вещества, зола)			До 100 %		



ТЕХНОЛОГИИ

териалов и очистка выбросов. Сейчас эти технологии совершенствуются, и те из них, в которых удастся найти решение, имеют шанс на развитие и выживание.

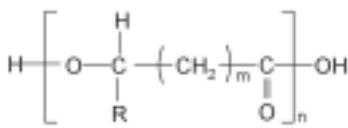
Позднее появились процессы ферментативного гидролиза и микробиологической конверсии растительного сырья. Эти методы более совершенны, менее энергоемки и позволяют получить больше целевого продукта (табл. 1).

При переработке растительного сырья труднее всего поддается утилизации лигнин. Его использование или уничтожение — до сих пор непростая техническая проблема. Поэтому в качестве сырья целесообразнее использовать те растительные материалы, в которых меньше лигнина. Хорошим вариантом могут быть сельскохозяйственные отходы, содержащие крахмал и минимум лигнина, например кукурузные початки. Кислотный, или, лучше, ферментативный, гидролиз таких отходов даст возможность получать различные низкомолекулярные вещества — главным образом глюкозу (табл. 2), из которой потом можно синтезировать некоторые мономеры и полимеры.

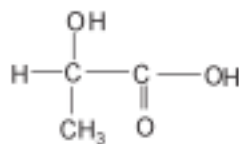
Особенно выгодно использовать продукты и отходы, содержащие крахмал, в биохимических процессах — ферментативном гидролизе и микробиологической конверсии. Собственно сам процесс переработки крахмала сложился и был отлажен довольно давно — с XIX века из него получали пищевые продукты. Но оказалось, что иногда вполне целесообразно получать из крахмалсодержащих растительных продуктов и самого крахмала непищевые вещества. В этих случаях биохимические методы незаменимы, поскольку они позволяют с гораздо меньшими затратами и с большей эффективностью получить исходные вещества для полимеров — мономеры, а то и сразу готовые полимеры.

Микробные полиэфиры

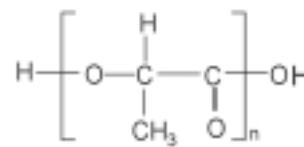
Вернемся к микробиологическому синтезу полимеров. Оказалось, что



Полигидроксиалканоаты (ПГА)



Молочная (2- гидроксипропионовая) кислота



Полилактид

ряд штаммов микроорганизмов способен синтезировать линейные алифатические полиэфиры (полигидроксиалканоаты — ПГА), для них это резервный источник энергии, когда не хватает углеводов.

Интересно отметить, что высшие животные, как и микроорганизмы, тоже запасают энергию в форме химических соединений, ведь глицериды жирных кислот — низкомолекулярные эфиры. Люди успешно употребляют эти вещества в пищу, а кроме того, получают из них поверхностно-активные вещества и другие полезные соединения.

Микробиологический синтез полимеров и мономеров, в отличие от традиционных технологий, требует существенно меньше энергии, целевые продукты получаются с достаточно высокими выходами, сами технологические процессы экологически менее вредны (отходы производства обычно легко ассимилируются в окружающей среде). Причина этого — избирательность действия ферментов, вырабатываемых микроорганизмами, малые величины энергий активации реакций и невысокие температуры их протекания. Кроме того, для выращивания микроорганизмов, продуцирующих полигидроксиалканоаты, можно использовать различные питательные среды: углеводы

(глюкозу, олигосахариды), метанол и другие.

На сегодняшний день природные и генетически модифицированные микроорганизмы умеют синтезировать самые различные ПГА — всего около 100 различных полимеров и сополимеров. Простейший среди них — полилактид — полимер молочной кислоты (см. схему).

Среди всех ПГА самые перспективные для волокон и пленок — линейные полиэфиры с относительно высокими температурами стеклования и плавления. Все новые полигидроксиалканоаты — это растворимые, термоплавкие, малогигроскопичные и водостойкие полимеры. Многие из них имеют регулярное химическое строение и, следовательно, способны кристаллизироваться, а это важный показатель для волокно- и пленкообразующих полимеров. ПГА можно перерабатывать так же, как и другие термопласты (например, полиолефины — полиэтилен и полипропилен, алифатические полиамиды), в волокна, пленки и пластики на том же оборудовании.

Очень важно, что все полигидроксиалканоаты — биоразрушаемые материалы. В окружающей среде они сначала гидролизуются до мономеров, а затем разлагаются до воды и углекислого газа, что вполне понят-

но: ведь это вещества природного происхождения.

Из полимера молочной кислоты, полилактида, уже делают волокна и пленки, из других ПГА — только начинают.

Полилактид

Оказалось, что полилактид целесообразнее получать не прямым микробиологическим синтезом, а сначала получать из сырья глюкозу (ферментативным гидролизом) и уже из нее молочную кислоту. Молочная кислота очень гигроскопична, поэтому из нее делают циклический димер — дилактид, а потом полилактид обычными современными методами получения синтетических полимеров (рис.2). Сырьем для получения молочной кислоты служат крахмалсодержащие продукты: остатки от переработки кукурузной коферыжки, сахарной свеклы или сахарного тростника, а также кукурузный, картофельный, злаковый крахмал. Особо сложных технических и экологических проблем при этом не возникает, поэтому полилактид сегодня рассматривают как весьма перспективный вид термопластичного полимера.

Полилактид — плавкий полимер ($T_{\text{пл}} = 175\text{--}180^\circ\text{C}$), который легко перерабатывать на существующем обо-

2

Схема получения молочной кислоты и полилактидных полимерных материалов

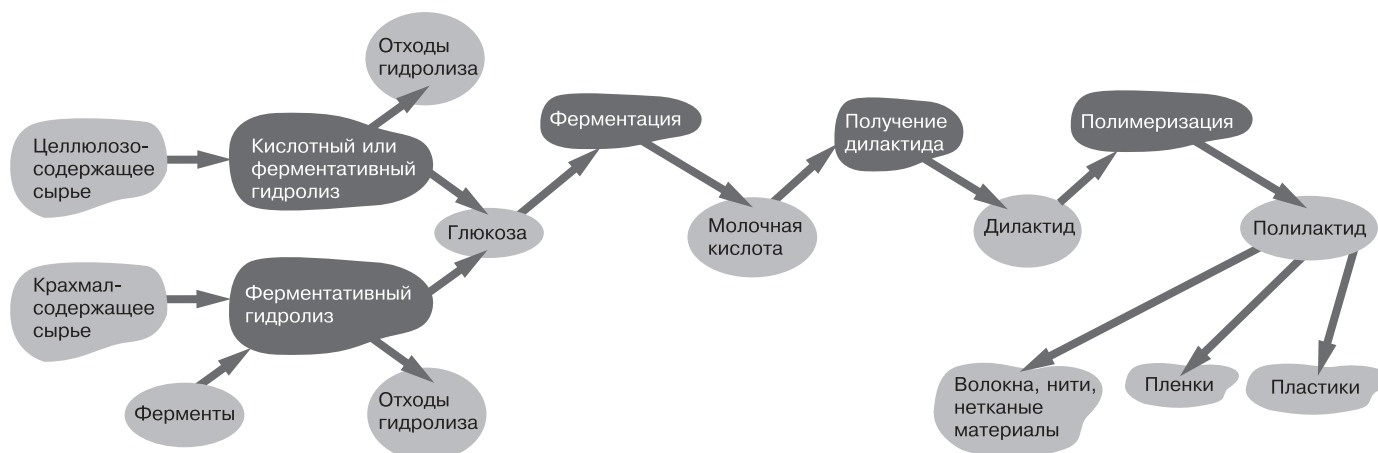


Таблица 3
Получение полилактидных и полиэтилентерефталатных волокон и пленок
(полный технологический цикл)

	Волокна и пленки	
	Полилактидные	Полиэтилентерефталатные
Исходное сырье	Растительное возобновляемое сырье с гексозанами	Невозобновляемые ресурсы — нефтепродукты
Получение мономера	Методы биотехнологии, экзотермические процессы. Необходим отвод тепла	Методы химической технологии, эндотермические процессы. Необходим подвод тепла
Получение полимера	Поликонденсация в расплаве, $t=200-220^{\circ}\text{C}$	Поликонденсация в расплаве, $t=280-300^{\circ}\text{C}$
Получение волокон и нитей	Формование из расплава при температуре $210-220^{\circ}\text{C}$, вытяжка, термообработка	Формование из расплава при температуре $280-290^{\circ}\text{C}$, вытяжка, термообработка
Получение текстиля	Обычные технологии	
Энергопотребление*, МДж / кг	92	143
Выделение CO_2 в атмосферу*, кг / кг	4,1–6,5	8,9–12,2

рудовании, поскольку его температурные характеристики сравнительно близки к полипропилену и поликапроамиду (найлон 6, капрон). Поэтому и технология получения полилактидных волокон и нитей, а также применяемое для формования оборудование почти такие же, как у полипропиленовых и поликапроамидных волокон и нитей.

Обычный технологический процесс получения волокон предполагает расплавление полимера, формование, термическое вытягивание, термическую обработку (терморелаксацию) и текстильные операции. Последние, конечно, зависят от конечной формы и ассортимента волокон или нитей, либо нетканых материалов прямого формования (спан-бонд, мелт-блоун).

Производство полилактида, а также волокон и пленок из него не только требует меньше энергии. При этом в атмосферу попадает углекислого газа вдвое меньше, чем при производстве традиционных волокон (полиэтилентерефталатных волокон, лавсана) (табл. 3).

Первое промышленное производство полилактидных волокон и пленок заработало в США, оно пока дает 140 тыс. тонн в год, но в будущем предполагается его увеличение до 500 тыс. тонн. Ряд фирм Германии, Южной Кореи и других стран также создали крупные опытно-промышленные производства с последующей перспективой создания многотоннажных предприятий.

Полилактидные волокна выпускают в виде текстильных нитей, штапельных волокон различного ассортимента, моноплетей, нетканых материалов прямого формования (спан-бонд) и других текстильных структур. По мно-

гим показателям они близки к полиэтилентерефталатным волокнам. Их вполне можно рассматривать как полимерные материалы широкого спектра применения, наряду с другими синтетическими. Пленки и пластики на основе полилактида применяют в качестве тары и упаковки, в том числе для пищевых продуктов, медицинских и гигиенических изделий, в пищевой промышленности, изделий электроники и т. п., а также пленки — в сельском хозяйстве, пластики — как конструкционные материалы.

Большое преимущество полилактидных полимерных материалов — то, что они разлагаются почвенными микроорганизмами, хотя и несколько медленнее, чем целлюлозные. А кроме того, не забудем, что их получают из возобновляемого сырья.

Интересно, что новые технологии и материалы уже не отвечают сложившимся представлениям в терминологии. Сегодня принято называть материалы из природных полимеров «искусственными», а синтезированные из мономеров «синтетическими». А как быть с полилактидом и материалами из него: исходное сырье — растительные полимеры, а технология синтеза и переработки аналогична другим синтетическим полимерам? Не называть же их «искусственно-синтетическими»!

Заключение

Первоначально человек использовал полимерные материалы природного происхождения, главным образом на основе целлюлозы и белков. По мере развития полимерной химии и технологии на первое место вышли синтетические полимерные материалы



ТЕХНОЛОГИИ

из органического минерального сырья. Эти материалы совершили революцию в технике и в нашем образе жизни, но их применение привело к проблемам, о которых говорилось в начале статьи.

Объемы выпуска основных видов синтетических полимеров (главным образом полиолефинов) достигают уже десятков миллионов тонн. При этом доля отработанных полимерных материалов и изделий, используемых для повторной переработки, составляет не более 25–30%, а все остальное копится на свалках или разбрасывается по нашей планете.

Радикальное решение проблемы сырья для получения полимеров — постепенный переход от нефти и газа к практически неограниченно возобновляемому растительному сырью и биотехнологическим методам. Одновременно это позволяет решить экологические проблемы, поскольку отходы такого производства и сами полимеры способны к биоразрушению.

Сегодня промышленные микробиологические технологии уже заняли важное место в пищевой, медицинской и многих других отраслях промышленности. Расширяется применение биотехнологий и в производстве полимерных материалов.

Более подробные сведения приведены в публикациях автора:

Перепелкин К.Е. Прошлое, настоящее и будущее химических волокон. М., Изд. МГТА им. А.Н. Косыгина, 2004.

Перепелкин К.Е. Химические волокна. 2006, № 6.



Бережная работа с мусором

Года три назад мне каким-то чудом удалось съездить в Японию на конференцию по химическим сенсорам. Разумеется, конференция была интересная, но не она, конечно, оставила самое сильное впечатление. Япония не просто другая страна — это другая планета. Она буквально поразила меня, хотя я и читала, и фильмов посмотрела перед поездкой немало, и в Сети не один час провела в поисках всяких полезных сведений. Удивили вовсе не технические изыски — от японцев мы этого и ждем. Самое сильное впечатление произвели бытовые, повседневные мелочи. Газоны, засаженные не тимopheевкой, а рисом, луком и баклажанами, — и это вдоль дороги, причем без всяких заборов! Ровные ряды гинго вдоль шоссе — крупных, как оказалось, деревьев, с обрубленными, будто по локоть, ветвями. Чирикающие, кукующие и щебечущие на разные голоса перекрестки. Чистота даже не европейская, а какая-то запредельная. И удивительно бережное отношение к мусору, который воспринимают не как отходы, а, скорее, как ценное сырье.

Мы, конечно, не японцы. Трудно себе представить, что в обозримом будущем и у нас высаженные на газоны лук и огурцы не растащат на закуску прохожие, а утачив — не отравятся свинцом, кадмием и всяческими канцерогенами. Что домашние хозяйки будут получать толстенную инструкцию по сбору мусора с точными указаниями, какого рода мусор в какого цвета и размера мешок складывать, куда в какой день и час отнести, и, главное, будут этой инструкции неукоснительно следовать. Но кое в чем положение не столь безнадежно. Говорящие светофоры с таймерами есть теперь и у нас, хотя их немного и они, в отличие от японских, не всегда исправны. А кроме того, мы тоже начинаем понимать, что к мусору следует относиться бережно.



Над установкой, вырабатывающей бензин из полиэтилена, потрудились аспирант И.С.Корнеев, студенты-дипломники А.М.Костин, Д.С.Хлопов, М.В.Сарайкин (слева направо)

У нас есть две возможности. Одна — превратить мусор во что-то полезное. Но если не получается, можно пойти другим путем: предоставить сделать это силам природы. Ведь мусор — это просто вещь, лежащая не на своем месте. Скажем, арбузная корка, брошенная на улице, для человека мусор, а для осы или мушки дрозофилы — самая что ни на есть вкусная еда. Оба эти подхода удалось реализовать в своих работах исследователям из Российского химико-технологического университета им. Д.И.Менделеева под руководством доктора химических наук Валерия Федоровича Швеца.

Чтобы использованная упаковка превращалась из мусора в еду (хотя бы для наших одноклеточных братьев меньших), ее нужно делать из биоразлагаемых полимеров. Самые перспективные из них — полилактиды, о которых говорилось в предыдущей статье. Однако неспроста при всех разговорах о том, как хороши эти пластики, газировку разливают не в полилактидные, а в полиэтилентерефталатные бутылки. Пока нет хорошей технологии синтеза молочной кислоты, полилактид получается слишком дорогим, чтобы он мог привлечь внимание изготовителей всевозможной упаковки.

Один из недостатков нынешнего процесса в том, что он циклический: в колонны-ферментеры с глюкозой запускают бактерии и ждут, пока они не наработают молочную кислоту. Бактерии, понятно, сначала довольно долго привыкают, потом размно-

жаются и, только как следует разогнавшись, начинают превращать сахар в молочную кислоту. После этого содержимое ферментеров, в котором плавают бактерии, остатки глюкозы и целевой продукт (его там кот наплакал, всего 10%), сливают, выделяют из него молочную кислоту и начинают цикл заново. Принципиально упростить этот процесс как раз и удалось группе менделеевских микробиологов под руководством Н.С.Марквичёва. Главную роль в разработанной ими технологии играет мембрана. Она позволяет не только повысить выход продукта, но и сделать процесс непрерывным. Правда, бактерии в ферментерах по воле авторов теперь скорее не живут, а выживают. Зато и стресс от переезда на новое место они не испытывают.

Итак, место действия — по-прежнему ферментер. Но не замкнутый: в одной из стенок есть вставка — мембрана. Внутри, как и положено, живут бактерии, но сырьё, содержащего глюкозу, им дают ровно столько, чтобы они могли питаться и выделять продукты обмена, а вот на размножение сил у них уже не хватает. При этом еда поступает непрерывно, и столь же непрерывно образующаяся молочная кислота выходит из ферментера через поры мембраны.

Правда, возникает вопрос: неужели мембрана столь селективна, что пропускает только молекулы молочной кислоты, или сквозь нее могут просачиваться все достаточно маленькие молекулы, в том числе и глю-



*Установка
исправно делает
бензин*



ТЕХНОЛОГИИ

коза? Вот как отвечает на этот вопрос руководитель работы профессор Швец: «Поскольку бактерии достаточно быстро превращают глюкозу в молочную кислоту, концентрация глюкозы в реакторе и на выходе из него невелика. Конечно, небольшое количество глюкозы, так же как и примеси некоторых солей, проходят через мембрану вместе с основным продуктом, но это всего лишь примеси, в то время как концентрация самой молочной кислоты достаточно высока — около 12%. Выделить ее из такого раствора гораздо проще, чем из «супа» с бактериями, получаемого в традиционном производстве. Кроме того, бактерии живут в реакторе и фактически являются катализатором, а не отходом производства, как в периодическом процессе».

Пока что ученые разработали технологию на уровне лаборатории. Однако в небольшом опытном реакторе, работающем по новой методе, бактерии живут уже три месяца и исправно снабжают ученых молочной кислотой, которую те умеют превращать с помощью катализатора сначала в лактид, а затем и в биоразлагаемый полилактид. Некоторые подробности этого процесса ученые тоже запатентовали, поскольку и здесь есть элементы новизны. Можно не сомневаться в том, что при финансовой поддержке дело дойдет и до организации промышленного производства отечественного полилактида, который сегодня делают в США, Китае и Германии. Между прочим, по той самой традиционной, далекой от совершенства и потому довольно дорогой технологии, в то

время как способом, разработанным в РХТУ, полимер можно получать гораздо проще и дешевле, нисколько не проиграв в качестве.

Бороться с полиэтиленовым мусором, который микроорганизмы разлагают на составляющие настолько медленно, что его считают вечным, помогает другая технология, тоже созданная в лаборатории профессора Швеца. «Идея переработки углеродсодержащих отходов в углеводороды, разумеется, не нова, — говорит он. — Недавно в США, например, заработали две установки, опытная и промышленная, по переработке в моторное топливо отходов индюшачьей фабрики, в основном кожи, перьев и жира. Ну а мы решили сосредоточить усилия на получении бензина в основном из техногенных углеродсодержащих отходов — таких, как полиэтиленовые, полипропиленовые, полистирольные и полиэтилентерефталатные. И кое-что у нас уже получилось».

В основе технологии — термokatалитическая переработка полимерных материалов. Суть ее в следующем. Сначала отходы нужно измельчить (мыть не обязательно) и расплавить, затем смешать с порошком-катализатором и подвергнуть термической деструкции, проще говоря, выдерживать в течение некоторого времени в реакторе при определенных температуре и давлении.

Состав катализатора ученые в открытой печати не обсуждают — сейчас они его патентуют. Известно лишь, что это измельченные отходы одного из производств. Далее из

полученной массы отгоняют и собирают жидкую углеводородную фракцию — фактически это бензин. Газообразные продукты разложения можно частично сжечь в том же производстве, чтобы обеспечить нужную температуру процесса переработки, а остаток — в любом другом процессе.

Действующая модель установки, точнее, опытный образец стоит на лабораторном столе и исправно работает. Она-то и позволяет из килограмма полиэтиленового мусора сделать литр бензина (содержание бензиновой фракции в продуктах переработки достигает 90%) и немного топливных газов. В качестве отходов остается черная вязкая субстанция, похожая на смолу, пропитанная порошком-катализатором. На литр бензина ее получается приблизительно столовая ложка. В принципе и этот продукт можно использовать, а можно и сжечь — тогда удастся вернуть в процесс катализатор.

Сейчас ученые продолжают работу сразу в нескольких направлениях. С одной стороны, реактор для промышленности должен быть большим, так что необходимо проводить масштабирование. Эту задачу решают коллеги менделеевцев из Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники им. Н.А.Доллежала.

С другой стороны, исследователи хотят сделать процесс непрерывным и уже добились немалых успехов. И наконец, еще одна задача — создание аналогичной технологии для переработки отходов животного происхождения, то есть тех же перьев, кожи и жира, которые умеют перерабатывать их американские коллеги. Ведь американцы свою технологию запатентовали и ноу-хау, разумеется, не открыли. Однако российские химики уверены: то, что придумал и сделал один человек, может придумать и другой, причем еще лучше. И, судя по уже достигнутым результатам, им это по силам.

Кандидат химических наук
О.О.Максименко



Кандидат
физико-математических наук
С.Г. Лебедев,
Институт ядерных исследований
РАН, lebedev@inr.ru

Горячая сверхпроводимость углерода?

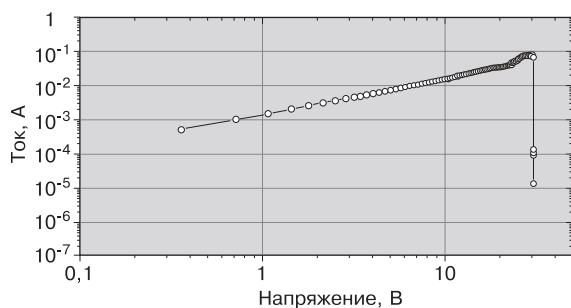
Поиски горячего сверхпроводника, то есть вещества, способного при комнатной температуре пропускать сквозь себя электрический ток без сопротивления, можно по эмоциональному накалу сравнить с поисками Святого Грааля или философского камня. Искателей укрепляет в их вере обнаруженная в 1986 году высокотемпературная сверхпроводимость. К сожалению, температуру этой сверхпроводимости можно назвать высокой только по сравнению с абсолютным нулем, и за двадцать с лишним лет, прошедших со времени нобелевского открытия Георга Беднорца и Алекса Мюллера, материаловеды хоть и перешагнули температуру жидкого азота, но следующего рубежа, температуры сухого льда, так и не достигли. Может быть, не там ищем? Попробуем внимательнее приглядеться к углероду: не это ли вещество, единственный неметалл, способный проводить электрический ток, — искомый горячий сверхпроводник? Идея не столь безумна, какой кажется поначалу.

Углеродные странности

После того как в 1964 году нобелевский лауреат 2003 года В.Л. Гинзбург и В. Литтл обосновали возможность сверхпроводимости при температуре выше комнатной, исследователи с энтузиазмом принялись за поиски «горячей» сверхпроводимости в различных материалах, а путеводной звездой им с тех пор и по сей день служат следующие соображения.

В 1957 году американские ученые Джон Бардин, Леон Купер и Роберт Шриффер построили микроскопическую теорию сверхпроводимости (теорию БКШ), за что и получили Нобелевскую премию 1972 года. В соответствии с теорией БКШ отдельные электроны через цепочку атомов кристаллической решетки связываются в так называемые куперовские пары, и каждый электрон пары как будто постоянно дергает за эту цепочку, согласуя свое движение с напарником. Такая пара движется в кристаллической решетке как единое целое и, подобно сверхтекучей жидкости, не рассеивает энергии. Чем выше частота обменов «рывками», тем сильнее электроны связаны в пары и тем выше температура разрушения сверхпроводимости. Замечено, что частота «рывков» выше у материалов с высокой температурой плавления. Поскольку самая высокая она у углерода — предположительно 4300K, — этот элемент одним из первых попал под подозрение.

Справедливость подозрений подтвердил польский ученый Казимеж Антонович. В 70-х годах XX века он исследовал проводящие свойства стеклоглерода и обнаружил, что свежеприготовленные пленки из этого материала ведут себя



1
Когда ток, протекающий через пленку, превышает критическое значение около 100 мА, ее сопротивление резко возрастает



ГИПОТЕЗЫ

необычно. В частности, при пропускании критического тока их проводимость при комнатной температуре скачком падала в тысячу раз. Именно так ведут себя сверхпроводники, поэтому ученый объяснил наблюдаемые эффекты сверхпроводимостью при комнатной температуре, а его статью журнал «Nature» опубликовал в 1974 году.

Аномалии в электромагнитном поведении углерода наблюдали и другие исследователи. Так, китайские ученые Г.М.Жао и И.С.Ванг в 2001 году, работая в Техасском университете, обнаружили признаки горячей сверхпроводимости в чешуйках из нанотрубок (впрочем, их работы специалисты подвергали сильной критике). В 1999 году В.И.Цебро, О.Е.Омельяновский и А.П.Моравский из Института химической физики наблюдали в композите из нанотрубок слабое затухание сверхпроводящих токов при комнатной температуре, о чем и рассказали в «Письмах в ЖЭТФ». Ученые из международного коллектива под руководством Т.Л.Макаровой из Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе в 2001 году сообщили в журнале «Nature» о ферромагнетизме образцов из частично разупорядоченных фуллеренов. Эти фуллерены получают в троицком Институте нанотрубок под руководством В.Д.Бланка.

Электронные бесконтактные выключатели

Более двадцати лет назад мы в Институте ядерных исследований РАН начали изучать тонкие углеродные пленки, которые применяют в качестве перезарядных мишеней для ускорителей ионов. В ходе работы возник интерес к их электромагнитным свойствам, которые оказались довольно необычными. Первая статья по этой теме «Наблюдение слабой сверхпроводимости в углеродных пленках» была опубликована при поддержке В.Л.Гинзбурга и А.И.Головашкина в журнале «Краткие сообщения по физике ФИАН» в 1994 году.

Как оказалось, у тонких, менее одного микрона, пленок, полученных распылением графита в электронной дуге, а также химическим осаждением из газовой фазы, тоже есть критический ток: по его достижении проводимость пленки резко, за одну наносекунду, падает в десятки тысяч раз (рис. 1). С понижением температуры величина критического тока возрастает. После того как ток отключали, состояние низкого сопротивления спустя некоторое время полностью восстанавливалось, так что образцы можно было использовать для переключений много раз. Малое время, за которое происходит падение проводимости, предполагает действие какого-то электронного механизма. Одним из таких механизмов может быть сверхпроводимость.

Магнитные вихри?

Сочетание быстрого переключения с длительной релаксацией можно объяснить наличием абрикосовских вихрей, открытых лауреатом Нобелевской премии 2003 года А.А.Абрикосовым, работающим ныне в Аргоннской лаборатории (США). Эти вихри возникают при проникновении внешнего магнитного поля в сверхпроводник: они представляют собой

круговые образования, ограниченные сверхпроводящими токами, внутри которых находится ядро нормальной фазы. Каждый вихрь несет в себе ровно один квант магнитного потока $\Phi_0 = 2 \cdot 10^{-7}$ Гс·см². Эта величина имеет размерность магнитного поля, умноженного на площадь: если площадь вихря составляет 1 см², то он несет магнитное поле $2 \cdot 10^{-7}$ Гаусс. Для сравнения: магнитное поле Земли составляет 0,5 Гаусс, а постоянного магнита — до 10000 Гаусс.

Предположим, что скачок сопротивления связан с разрушением сверхпроводимости в углеродной пленке, тогда нет ничего удивительного в том, что после отключения тока она постепенно восстанавливается. На начальном этапе восстановления в образец проникают в виде абрикосовских вихрей внешние магнитные поля, которые всегда есть вокруг образцов. Оказавшись внутри пленки, вихри могут мигрировать под действием электрических и магнитных полей, а также зацепляться за многочисленные дефекты и неоднородности. Приложение достаточно большого электрического напряжения нейтрализует закрепляющие барьеры и заставляет вихри быстро перемещаться внутри пленки. Фактически в рамках предлагаемой модели высокая проводимость углеродной пленки определяется движением вихрей под действием приложенного напряжения. Электромагнитное поле от протекающего тока выталкивает вихри из пленки наружу, и по достижении критического значения эффект сверхпроводимости пропадает. То, что проводимость пленки восстанавливается спустя большое время, может быть связано с медленным вхождением в нее вихрей.

СВЧ и сверхпроводник

Вторая интересная особенность углеродных пленок — появление на контактах постоянного напряжения при СВЧ-облучении. Подобный эксперимент в простейшей форме также впервые выполнил Антонович. Однако, планируя наш эксперимент, мы ничего еще не знали о результатах Антоновича, поэтому проводили его в принципиально другой постановке и с применением техники и представлений, которые отсутствовали тридцать лет назад. А за это время в понимании сверхпроводимости изменилось многое. В частности, была развита теория эффекта Джозефсона, открытого в 1964 году.

Суть эффекта в том, что сверхпроводящий ток может проходить из одного сверхпроводника в другой через достаточно тонкий слой изолятора или нормального металла за счет туннельного эффекта. Вся эта система из сверхпроводников и изолятора называется джозефсоновским контактом. Если к нему приложить напряжение, то возникнет переменный сверхпроводящий ток, который сопровождается излучением с частотой $\nu = 2eV/h$, где e — заряд электрона, h — постоянная Планка, а V — приложенное напряжение. Это называется нестационарным эффектом Джозефсона.

Существует и обратный эффект Джозефсона — возникновение на контакте постоянного напряжения при облучении светом: куперовские пары поглощают фотоны с некоторой резонансной частотой ν , которая для сверхпроводников как

раз лежит в диапазоне от радиоволн до дальнего инфракрасного света. Для нормального проводника такая частота равна нулю, и в нем этот эффект фактически отсутствует. В соответствии с соотношением $h\nu=2eV$ поглощенное излучение приводит к увеличению напряжения на контакте.

Именно этот обратный эффект Джозефсона хорошо помогает изучать сверхпроводники: их критическую температуру можно определить как точку обращения в нуль постоянного напряжения, наведенного на контактах при микроволновом облучении. В самом деле, ведь если СВЧ-излучение включено, а наведенное напряжение стремится к нулю, то сверхпроводимость исчезла и перед нами нормальный проводник.

Тридцать лет назад ученые обычно рассматривали образец как один джозефсоновский контакт. Однако позднее было введено ключевое понятие современной физики сверхпроводников — джозефсоновская среда, и современные высокотемпературные сверхпроводники представляют собой именно такую среду. В ней есть много контактов, хаотично соединенных между собой в цепочки и комплексы. Наведенное напряжение на каждом контакте зависит от температуры, уровня и частоты СВЧ-сигнала, и его изучение позволяет выявить много интересного.

Одним из примеров служит работа Дж.Т.Чена и его коллег из Университета Уэйна (США), опубликованная в «Physical Review Letters» в 1987 году. Они исследовали нестабильную примесь особой сверхпроводящей фазы в образце ВТСП-керамики с критической температурой 90К. Благодаря доскональному изучению его реакции на СВЧ-излучение им удалось доказать, что в керамике с критической температурой 90К имеется примесь фазы с небывало высокой критической температурой — 240К. К сожалению, выделить эту «горячую» фазу из общей смеси им не удалось.

Эффекты СВЧ в пленках

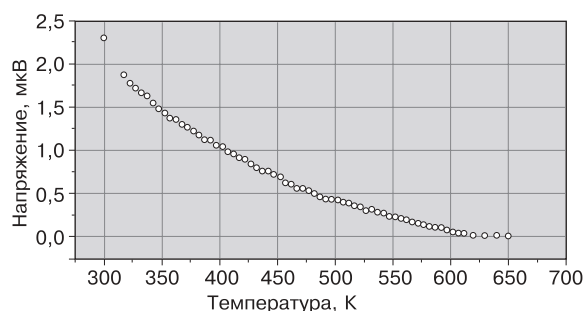
Однако вернемся к нашим углеродным пленкам. Как указывают, например, Ц.З.Ванг, К.М.Хо и Ц.Т.Чан из Эймсовской лаборатории (США) в «Physical Review Letters» за 1993 год, их структура — внедренные в «матрицу» из аморфного углерода конгломераты графитоподобных нанокластеров-гранул. Такие гранулы, разделенные прослойкой аморфного углерода (который обладает большим сопротивлением), вполне могут образовать джозефсоновский контакт, а много гранул — джозефсоновскую среду.

Исследование пленок с помощью СВЧ выявило все характерные реакции сверхпроводника. Так, амплитуда и полярность наведенного постоянного напряжения изменялись по синусоиде с ростом амплитуды СВЧ-сигнала, в то время как в обычном проводнике или выпрямительном диоде в таком эксперименте напряжение может только расти, а полярность — сохраняться. Точка обнуления наведенного напряжения на рис. 2 соответствует огромной критической температуре — 650К (на 350 градусов выше комнатной), что странным (или закономерным) образом совпадает с результатами измерений Жао и Ванга в нанотрубках.

Мечты о горячей сверхпроводимости или реальность?

Эти эффекты — резкий рост сопротивления при критическом токе и реакция на СВЧ — очень напоминают горячую сверхпроводимость. Однако возникает вопрос: почему же тогда сопротивление углеродной пленки при комнатной температуре не обращается в нуль, а имеет весьма большое значение?

Дело в том, что сверхпроводящие системы не всегда могут



2

По зависимости амплитуды постоянного напряжения, наведенного под действием СВЧ-облучения от температуры образца, можно установить точку потери сверхпроводимости: при этой температуре амплитуда обращается в нуль

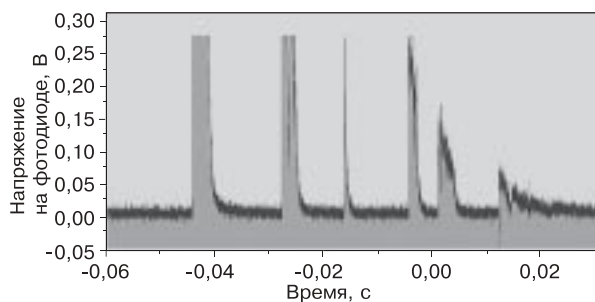
приобретать общее нулевое сопротивление, или, говоря точнее, состояние общей фазовой когерентности: оно становится возможным, когда обычное сопротивление пленки (то есть при температуре выше критической) меньше характерной величины 7 кОм. Это показал в 1985 году Б.Г.Орр с сотрудниками в журнале «Physical Review». Как видно на рис. 1, нормальное сопротивление пленки составляет десятки МОм.

Высокое сопротивление сверхпроводника означает, что система сверхпроводящих гранул не образует единого кластера, то есть разбита на несколько подсистем. Они соединены так называемыми слабыми связями — мостиками из несверхпроводящего материала (в нашем случае — из аморфного углерода), которые мешают протеканию сверхпроводящего тока. Критический ток разрушает сверхпроводимость в кластерах один за другим, и общий ток быстро уменьшается.

А есть ли основания предполагать наличие сверхпроводимости в наноразмерных графитовых гранулах? Оказывается, да. Академик В.Л.Гинзбург в своих статьях в «Успехах физических наук» за 1968 и 1991 годы предсказал возможность высокотемпературной сверхпроводимости в «сэндвичах», составленных из высокопроводящей фазы с большой диэлектрической проницаемостью ϵ , окруженной диэлектриком. Оценки диэлектрической проницаемости в графитовых зернах дают значения $\epsilon=15$ (обычно эта величина бывает порядка единицы). Получается, что гранулированные углеродные пленки — прямое воплощение идеи В.Л.Гинзбурга. Из свежих аргументов в пользу рассматриваемой гипотезы можно назвать статью итальянских исследователей Н.Бреда и др. в «Physical Review» за 2000 год, в которой они на основании расчета предсказывают возможность создания сверхпроводника на основе наноразмерных кластеров фуллерена C_{28} с критической температурой 320К.

Планы на будущее

Если рассуждать о программе дальнейших исследований, то мы возлагаем большие надежды на легирование углеродных пленок. Возможно, так удастся увеличить фазовую когерентность и приблизиться к сверхпроводимости. Однако прежде всего нужно найти оптическое излучение с характерной частотой, определяемой энергией связи куперовских пар в момент разрушения сверхпроводимости: оно было бы дополнительным свидетельством наличия самого явления. Для сверхпроводника с критической температурой 650К следует искать импульсы инфракрасного излучения с длиной волны в несколько микрон. Первые попытки регистрации такого излучения с помощью быстрого высокочувствительного фотодиода увенчались успехом (рис. 3). На фоне «подложки» видна серия импульсов излучения, величина которых настолько превышает уровень фона, что фотодиод зашкаливает. Однако длитель-



3

Многоступенчатая генерация оптического излучения, вызванная переключением проводимости



ГИПОТЕЗЫ

ность этих импульсов превышает ожидаемое значение в одну наносекунду. По-видимому, это расплывание связано с затратами времени на процессы высвечивания и распространения света в пленке и подложке. Кроме того, имеется не один, а несколько импульсов оптического излучения. Возможно, так проявляется постепенное выключение отдельных сверхпроводящих кластеров.

Параллельно с исследованием джозефсоновских сред в углеродных пленках следует уже сейчас подумать об их возможных применениях: это различные приборы некриогенной джозефсоновской электроники, бесконтактный выключатель для защиты электросетей (подробнее о нем можно прочитать в «Science», 2000, № 288), детектор гамма-излучения для регистрации нейтрино и темной материи, генераторы и детекторы СВЧ-излучения. Однако сначала нужно понять, будут ли новые электронные приборы иметь какие-либо конкурентные преимущества по сравнению с существующими.

Интересно попробовать применить гранулярные углеродные пленки для контроля магнитного поля. Механизм тут такой. Воздействие электрического тока разрушает магнитные вихри в пленке. При возврате в высокопрово-

дящее состояние накачка вихрей идет с поглощением магнитных полей из окружающего пространства. Облицевав помещение углеродной пленкой, можно было бы, измеряя электросопротивление отдельных участков покрытия, узнавать о проникновении магнитных полей внутрь.

Оптическое излучение пленок при скачкообразном переключении проводимости открывает перспективу создания нового типа лазеров — на магнитных вихрях. Мощность подобного лазера может оказаться весьма значительной. Как видно на рис. 1, в момент переключения мощность, развиваемая током, составляет несколько ватт. И вся она высвечивается за несколько импульсов длительностью в одну наносекунду. Отсюда получается импульсная мощность лазера на магнитных вихрях порядка одного ГВт.

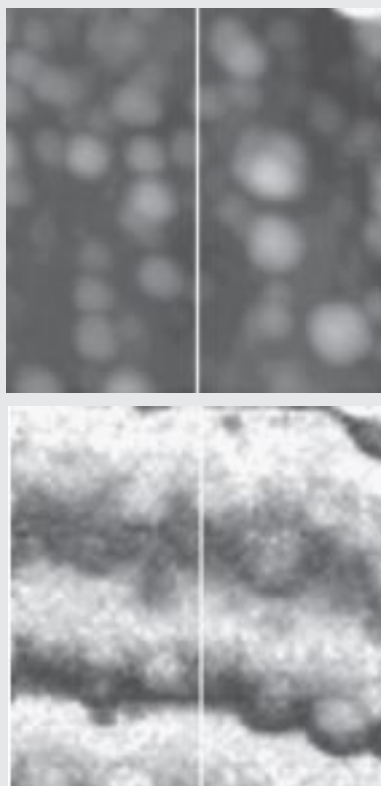
Все это позволяет надеяться, что гранулярным углеродным пленкам уготовано светлое инновационное будущее в энергетике и электронике.

Автор благодарен В.Л.Гинзбургу и А.И.Головашкину, а также дирекции ИЯИ РАН в лице директора В.А.Матвеева и зам. директора Л.В.Кравчука за поддержку исследований электромагнитных аномалий в гранулярных углеродных пленках и проявленный к этой работе интерес, а РФФИ — за финансовую поддержку.

Магнитные свойства углеродных пленок

Детектирование СВЧ в углеродных пленках — лишь одно из подтверждений присутствия в них джозефсоновской среды. Другие свидетельства проявляются в магнитных свойствах. Для измерения малых магнитных полей идеально подходит СКВИД-магнетометр. Он позволяет измерять магнитные потоки, сравнимые с квантом магнитного потока. Принцип измерения основан на взаимодействии магнитных полей внутри образца с полями в кольце СКВИДа. Стоит прибор дорогой, и провести измерения с его помощью — большая удача и высокое доверие. Нам посчастливилось воспользоваться магнетометром в Лейпцигском университете, в лаборатории сверхпроводимости и магнетизма. Для измерений использовалась пачка пленок общей массой 13 миллиграмм.

Как оказалось, в области полей 15 000—50 000 Гаусс возникают осцилляции намагниченности, обусловленные вхождением магнитных вихрей в объем образца. Каждая осцилляция связана с увеличением магнитного потока в кластере на величину одного кванта магнитного потока Φ_0 . Исходя из данных по осцилляциям намагни-

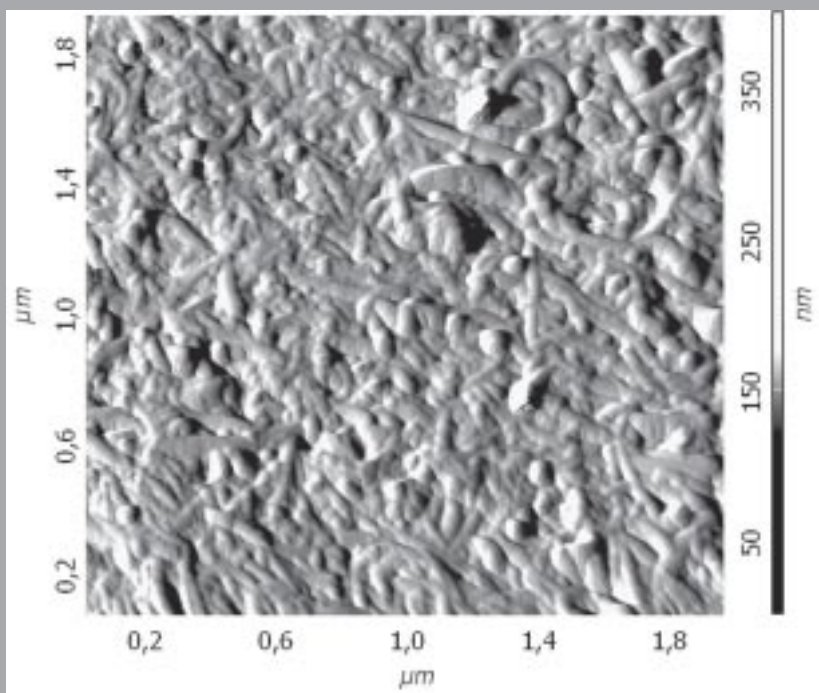


ченности, можно оценить размеры магнитных кластеров в 0,1 мкм.

Параллельно со СКВИД-измерениями углеродные пленки изучали в магнитном силовом микроскопе. Данный прибор позволяет одновременно увидеть как магнитные, так и структурные кластеры в пленке. Как оказалось, их средний размер — 0,16 мкм, что близко к величине, определенной в СКВИД-измерениях.

На фото сверху представлены структурные, а внизу — магнитные кластеры при комнатной температуре, причем их расположение и величины неплохо коррелируют друг с другом. На нижнем фото хорошо видны токи, обтекающие границы кластеров. Они выглядят как темные полосы вдоль цепочки магнитных кластеров и похожи на горную реку с валунами. После воздействия постоянного магнита в «реках» начиналось «половодье». Это напоминает магнитные вихри. Можно ли считать, что видимые в магнитном силовом микроскопе кластеры как раз и представляют собой магнитные вихри? Пока это только предположение, которое следует проверить в новом цикле магнитных измерений.

ФОТОФАКТ



Нанотрубки для аналитиков

На фотографии, сделанной с помощью атомно-силового микроскопа, видна плоскость, сплошь покрытая изогнутыми червяками. Так выглядит активная поверхность электрода после того, как ее покрыли тонким и прочным слоем углеродных нанотрубок. С его помощью удается напрямую, без дополнительных меток или индикаторов, определять ДНК. «Мы создаем принципиально новый прибор — гибридационный электрохимический ДНК-сенсор. Теперь можно будет очень быстро определять, содержатся ли в исследуемом растворе молекулы с какими-то специфическими последовательностями нуклеотидов, например теми, что принадлежат вирусу или обуславливают генетические заболевания человека», — говорит один из авторов работы Т.И.Абдуллин, ассистент кафедры биохимии Казанского государственного университета.

Обычно для того, чтобы провести анализ ДНК, прибегают к следующей процедуре. Сначала ДНК размножают с помощью ПЦР (ведь, как правило, в исходном образце ее мало). Затем проводят какую-либо биохими-

ческую процедуру: сиквенирование, рестрикционный или гибридационный анализ (иначе говоря, определяют всю последовательность ДНК или ищут в ней характерные участки. — *Примеч. ред.*). Электрод же позволит выявить наличие искомого участка за считанные секунды. Правда, до недавнего времени считалось, что сделать его невозможно.

Причина такой «невозможности» — низкие электроактивные свойства нуклеиновых кислот: в окислительно-восстановительные реакции под действием электричества эти кислоты вступают неохотно. Чтобы заставить их принимать или отдавать электроны, нужно приложить настолько высокое напряжение, что скорее начнет реагировать вода, чем растворенные в ней ДНК или РНК. Для того-то и понадобились нанотрубки на поверхности электрода — чтобы помочь нуклеиновым кислотам эффективно окисляться при гораздо меньших, но строго определенных значениях потенциала. А уж зная, при каком именно потенциале окисляется вещество и насколько сильно изменится при этом ток в цепи, иденти-

фицировать это вещество и выяснить его количество труда не составит.

Авторы разработки — сотрудники сразу трех подразделений Казанского государственного университета: физического, биолого-почвенного факультетов, а также Химического института им. А.М.Бутлерова.

И сам электрод, и нанотрубки состоят из графита. Только электрод — из графита особо прочного и столь тщательно отполированного, что он кажется стеклянным. Поэтому он и называется стеклоуглеродным. А нанотрубки — из слоев графита, свернутых в рулоны наподобие ковра. Изюминка метода в предварительной обработке нанотрубок сильным окислителем — смесью концентрированных серной и азотной кислот. Благодаря ей покрытая нанотрубками поверхность приобретает особые свойства — электрокаталитические.

Молекулы ДНК, правда в денатурированном виде — разорванные на отдельные нити, охотно соединяются с поверхностью электрода, и, если на них есть участки, которые окисляются при поданном на электрод потенциале, в приборе возникает сигнал.

На многие вопросы, особенно те, что касаются механизмов явления, авторы ответов пока не знают — исследования продолжаются. Однако проведенные эксперименты убеждают, что такие электроды можно использовать не только для прямого определения ДНК, но и для более широких исследований. Например, изучать, не повреждают ли те или иные антибиотики ДНК, или даже выявлять мутагенное действие различных веществ. Так что работа для новых сенсоров найдется. А в том, что сделать их можно, ученые теперь не сомневаются.

Кандидат
химических наук
О.О.Максименко

ДНК-наноробот



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Гидрогель — это полужидкая субстанция, состоящая из длинных переплетенных молекул полимера, в промежутках между которыми удерживается водный раствор каких-то полезных веществ. Для кулинара типичный пример гидрогеля — это студень. А для ученого такое вещество — перспективный носитель всевозможных лекарств, а также каркас для выращивания искусственных биологических тканей или целых органов, например стекловидного тела глаза. Как правило, при изготовлении гидрогеля применяют органические растворители или кислоты, а порой и нагрев до высокой температуры. Поэтому целебные вещества в гель приходится вводить после того, как он приготовлен.

Ученые из Корнелльского университета (США) во главе с профессором Дан Луо сумели приготовить дешевый гель без использования агрессивных химикатов или сильного нагрева. А полимером для него послужили искусственно синтезированные молекулы ДНК. Ученые сделали три базовые разновидности этих молекул в виде букв Х, Y и T. На концах всех палочек этих букв находились «липкие» фрагменты, которыми молекулы могут соединяться друг с другом, причем не самопроизвольно, а после добавки специальных ферментов. Таким образом, молекулы ДНК вели себя прямо



Гелевые надписи

в их раствор добавляют ферменты, и отдельные буквы соединяются в трехмерную сеть. Из молекул X выходит прямоугольная слоистая сетка, из Y — шестиугольные ячейки, а T дает хаотическую структуру. Ученые обнаружили, что, подбирая концентрацию ДНК в исходном растворе, а также сочетание типов разных ДНК, они могут легко менять жесткость получаемого геля и его способность поглощать те или иные вещества. Более того, гелю можно придать форму, залив его в подходящую матрицу. Так ученым удалось синтезировать название своего университета длиной как в сантиметры, так и в микроны, а введя в него флуоресцентный краситель, они заставили это название гореть ярким оранжевым или зеленым цветом.

В ДНК-гель можно будет вводить и белки, и даже живые клетки, в чем американские ученые убедились, проведя соответствующий опыт. Смешанные с гелем инсулин и антираковый препарат выделялись впоследствии из него с нужной скоростью. А клетки, помещенные в гель, оставались живыми и спустя трое суток.

С.Анофелес

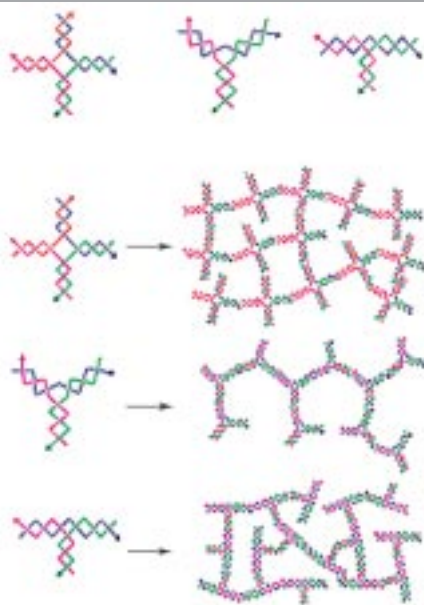


Схема строения геля из разных молекул-букв

как нанороботы-сборщики Дрекслера (см. «Химию и жизнь», 2000, № 5) — самоорганизовывались в структуру, получив команду извне.

Процесс приготовления гидрогеля из таких молекул-нанороботов очень прост:



ChemBridge Corporation

ChemBridge Corporation приглашает на постоянную работу химиков-синтетиков

Требования

- высшее образование
- опыт экспериментальной работы в области тонкого органического синтеза (для выпускников профильных вузов трудовой стаж не обязателен)

Условия работы:

- оклад 11000 - 30000 рублей (по результатам собеседования)
- оформление по ТК РФ
- достойные ежеквартальные и годовые премии
- иногородние сотрудники на испытательный срок обеспечиваются жильем, а затем выплачивается частичная компенсация за съем жилья

Резюме присылайте по адресу:

vacancy@chembridge.ru или turina@chembridge.ru
(тема - "резюме химик-синтетик")

тел: +7(495)775-06-54 (доб.10-96)
www.chembridge.ru

Е.Клещенко

Москва генетическая



Вот и начался первый год новой демографической политики в России. В мае 2006 года все вдруг вспомнили, что у нас есть проблемы с рождаемостью, которые надо срочно решать. Трудно поверить, и тем не менее факт: и за десять, и за пятнадцать лет до выступления президента демографические проблемы были предметом научных исследований, по ним публиковались статьи в открытой печати, в этих статьях «имеющие место негативные процессы» были названы своими именами, даны прогнозы на будущее — и эти прогнозы, к сожалению, сбывались один за другим...

То, что происходит сейчас с населением нашей страны, у специалистов называется «депопуляция»: численность россиян сокращается. Статистические данные показывают, что вместо естественного прироста мы уже давно имеем естественную убыль. Этот феномен нашей действительности получил у демографов название «русский крест», из-за пересечения графиков возрастающей смертности и убывающей рождаемости.

Превратить убыль в прирост быстро не получится, даже если все плохое в нашей жизни мгновенно изменится хорошим: демографические

процессы отличаются большой инерционностью. Однако на численность российской популяции, как и любой другой, влияет не только соотношение между рождаемостью и смертностью, но и миграции. В 1994 году был отмечен небывалый приток иммигрантов: в Россию переселилось более миллиона человек, в основном из ближнего зарубежья, тогда как выехало «всего» 337 тысяч. Впрочем, даже такой миграционный прирост не превысил сокращения численности россиян. Убыль населения показали и данные Госкомстата за 2004 год.

Приток мигрантов в Россию у разных людей вызывает различные эмоции. Часть граждан предлагает немедленно перерезать всех черных, желтых и вообще чужих (и не спра-

шивайте их, хватит ли после этой полезной акции в стране людей, чтобы не остановились предприятия, — считать они не умеют). Другие задают конкретные вопросы: например, как вести урок в классе, где для трети учеников русский язык — фактически иностранный. Третьи говорят: хватит проповедовать расизм и мракобесие, какая разница современному человеку, какой у кого оттенок кожи, вон Америка — страна эмигрантов, а как хорошо живут! А четвертые доказывают, что депопуляция — именно то, что нужно России: наконец-то наша уникальная природа избавится от давления антропогенного фактора. «Зеленые» на вид в среднем интеллигентнее черносотенцев, но спрашивать, хорошо ли они себе представляют все экономические и социальные последствия депопуляции, их тоже не надо...

Оставим в стороне политику, экономику, социологию и культуру и взглянем на проблему с точки зрения естественных наук. Действительно ли «при прочих равных» не важно, представители каких этнических групп населяют российские города и деревни, работают на заводах и в

По материалам статьи О.Л.Курбатовой и Е.Ю.Победоносцевой «Городские популяции: возможности генетической демографии (миграция, подразделенность, аутбридинг)». «Вестник ВОГиС», 2006, т.10, № 1.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

лабораториях, ездят в метро и водят автомобили — были бы, как говорится, люди хорошие?

Оказывается, не все так просто.

Два критерия нормы

Популяционная генетика не первое десятилетие изучает миграции: приток генов в популяцию, отток генов из нее, а также их возможные последствия для генофонда. Не все специалисты согласны, что термин «генофонд» применим к современному городу или государству. Однако классическое определение А.С. Сербровского: «Генофонд — совокупность генов, которыми обладают все члены данной популяции или вида» позволяет говорить и о генофонде города, и о генофонде страны. Генофондами человеческих популяций занимается демографическая генетика (в англоязычной литературе — генетическая демография). Для нее важны не только число иммигрантов и эмигрантов, но в первую очередь их этнический, половой и возрастной состав, а также генетические последствия миграционных процессов.Подробнее обо всем этом мы расскажем

дальше, а пока обратимся к теории. Дает ли она ответ на вопросы типа: «Миграции: хорошо это или плохо»?

Ключевые критерии для оценки перемен, происходящих с генофондом, сформулировал недавно ушедший из жизни Ю.П. Алтухов, один из ведущих специалистов в области популяционной генетики, замечательный ученый и популяризатор науки: «Генетический процесс следует считать нормальным, если он обеспечивает, во-первых, устойчивое воспроизводство генофонда в поколениях, во-вторых, сохранение оптимального уровня генетического разнообразия».

Очевидно, что первому критерию российская популяция не соответствует: вместо устойчивого воспроизводства у нас налицо убыль. Для оценки популяции по этому показателю используют так называемый дельта-коэффициент: отношение числа взрослых дочерей к числу матерей. (Понятно, что производить аналогичные подсчеты по мужской линии было бы значительно труднее...) Если этот коэффициент, к примеру, равен 0,5, это значит, что численность каждого следующего поколения уменьшится вдвое. Для российских городов

дельта-коэффициент уже очень давно не превышает единицу — иначе говоря, коренных горожан становится все меньше. Но, разумеется, убыль коренного населения компенсируют приезжие, стремящиеся если не в Москву и Петербург, то хотя бы из села в областной центр. Такая тенденция типична для городов вообще: по образному выражению Л.Кавалли-Сфорца и У.Бодмера, «гены рождаются в провинции и умирают в городе». Приезжие постоянно увеличивают генетическое разнообразие городской популяции, а низкая рождаемость уменьшает его. В сельской местности России дельта-коэффициент до начала 90-х годов был выше единицы, так что убыли населения по стране в целом не наблюдалось. Теперь же воспроизводство сужено и там.

(Маленькое замечание, представляющее не только теоретический интерес. За последние полвека дельта-коэффициент у наших горожан приблизился к единице только однажды — в 1986—1987 годы. Единственную причину этого маленького демографического чуда можно увидеть только в печально знаменитой антиалкогольной компании...)

А что со вторым критерием? Для начала разберемся, что такое «оптимальный уровень генетического разнообразия». Из общих соображений, казалось бы, в разнообразии нет ничего плохого и чрезмерным оно быть не может. Все мы знаем, что опаснее скорее инбридинг, близкородственное скрещивание, при котором могут встретиться аллели, способные стать причиной заболевания. А чем выше разнообразие, тем, очевидно, меньше вероятность подобной встречи и меньше больных людей?

До известной степени это верно, но уменьшение вероятности инбридинга — лишь один из процессов, которыми сопровождается возрастание генетического разнообразия. На территории России проживают около 120 коренных народов, и генофонд каждого — уникальная ценность, сумма приспособлений к конкретным природным условиям. (Возможно, не только к природным, но и к социальным. Так, представителям малых народов трудно существовать в мегаполисе: даже при полноценной адаптации и удачно сложившейся карьере у них отмечается статистически достоверное сокращение жизни, и причину этого специалисты видят в наследуемых особенностях психики — см. «Химию и жизнь», 2006, № 5.) Нашим постоянным читателям известно, какое приспособительное значение могут иметь цвет кожи и форма носа, особенности метаболизма и состав крови.

Но коль скоро особенности каждой этнической группы адаптивны, логично предположить, что любое отклонение от генетических характеристик коренного населения, сложившихся в результате естественного отбора, будет отклонением от оптимума. Большим ли, маленьким, но — отклонением. Кроме того, при чрезмерном увеличении разнообразия растет и генетический груз: ведь в каждой этнической группе неизбежно присутствуют не только «полезные», но и «вредные» гены, которые связаны с генетическими болезнями, характерными для данной группы.

Генетическое разнообразие российской популяции изменяется не только за счет иммигрантов и эмигрантов. Есть еще одна причина: естественный прирост по России неодинаков в разных этнических группах, и не во всех группах он отрицателен. Расширенное воспроизводство наблюдается у грузин, армян, практически у всех представителей мусульманской конфессии, а также у молдаван. Самое низкое значение

прироста оказалось у евреев. Это связано конечно же в первую очередь с возрастным фактором: молодые поколения данной этнической группы живут не в России. Если средний возраст азербайджанцев в Москве — около 25 лет, то евреев — 55. Похоже, пресловутый «еврейский вопрос» у нас приблизился к полному и окончательному решению...

Здесь важно отметить, что за увеличение численности одних этносов и уменьшение других отвечают не биологические, а социальные факторы. В XIX веке и русские семьи были многодетными, но с тех пор славянские группы перешли к низкой рождаемости, и произошло это по биологическим меркам очень быстро. В мусульманских же группах рождаемость осталась высокой.

Из вышесказанного понятно, что через несколько поколений этнический состав населения изменится, а, следовательно, изменится и генетическое разнообразие. Налицо несоответствие второму «критерию Алтухова». Тем больше оснований для ученых (и власть имущих) уделить этим процессам больше внимания.

Формула миграции

Ольга Леонидовна Курбатова (Институт общей генетики РАН, Москва) первой в России защитила докторскую диссертацию по результатам исследования генетико-демографического процесса в мегаполисе. Такие исследования О.Л. Курбатова с коллегами ведет в Москве уже более 30 лет, и эта работа очень важна для всех нас. Сколько бы ни уверяли нас

писатели-«почвенники», что Россия — не в городах, со статистикой не поспоришь: по данным переписи 2002 года, в городах проживает 73% граждан нашей страны, а 13 крупнейших городов с населением больше миллиона — это почти пятая часть всех россиян.

«Химия и жизнь» уже писала о том, как составляются базы данных по частоте маркерных генов в различных популяциях — для нужд медицинской генетики и судебной медицины (смотрите, например, статьи Л.А. Животовского). Демографическая же генетика интересуется не только генами, но в первую очередь их носителями: половозрастной и этнической структурой населения, миграцией, рождаемостью, смертностью и заключением браков. Как-никак, частота определенного гена в популяции — лишь результат процессов, протекающих на более высоком уровне, на уровне отношений между особями... Собирать подобные данные можно и не прибегая к биохимическим и молекулярно-биологическим методикам, а, например, анализируя материалы загсов. К сожалению, графа «национальность» из российских паспортов не так давно была исключена. С одной стороны — демократично и правильно (хотя бьют у нас, как известно, не по паспорту, а по морде). С другой — эта мера лишила исследователей важного источника информации, а нас с вами — новых результатов их работ, о которых будет сказано дальше.

Понятно, что важнейшая характеристика городской популяции — ее динамика, высокий уровень миграции. Те из читателей, кто сами проживают в большом городе, наверняка без труда вспомнят двух-трех своих знакомых, которые переехали жить в другое место (возможно, даже в другое полушарие), и еще двух-трех, которые родились в другом месте (возможно, тоже очень далеко), но теперь живут здесь. А некоторые люди хотя и родились здесь, но папа с мамой у них не местные... Как это описать не в виде сплетни, а объективно и достоверно?

Для этого нет другого способа, кроме математического:

$$q_t = (1 - m)^t (q_0 - Q) + Q.$$

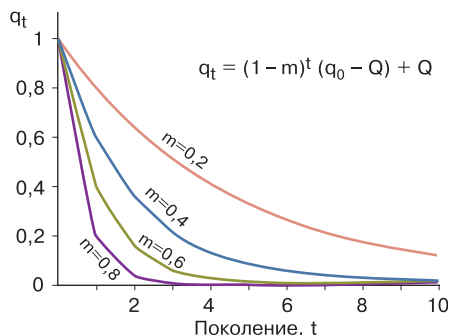
В этой несложной формуле t — число поколений, q_t — частота произвольно выбранного гена в популяции



Вот как выглядят генетические последствия миграции, представленные в виде графиков: t — число поколений, m — доля мигрантов в популяции. Если доля гена q_0 в исходной популяции больше, чем доля гена Q у мигрантов, она будет убывать, если меньше — расти

через t поколений, q_0 — исходная частота этого гена, Q — его частота у тех, кто приезжает в город, а m — доля мигрантов в популяции (рис. 1). В переводе с математического языка — частота гена в популяции с каждым новым поколением будет ближе к частоте, характерной для приезжих (естественно, имеется в виду средняя частота для всех этнических групп, приезжающих в город), и сближение будет происходить тем быстрее, чем больше m (рис. 2).

Но это общий случай, а для прогнозирования динамики конкретных генов — например, тех, что сцепле-



2
Темп замены исходного генофонда популяции зависит от доли мигрантов m : если она велика, ген может полностью заместиться новыми аллелями уже через три поколения, если мала — не хватит и восьми поколений

ны с полом, — понадобятся уточнения. Далеко не всегда в город приезжает равное число мужчин и женщин, и если, допустим, мужская миграция интенсивнее — понятно, что гены, находящиеся в Y-хромосоме, будут заменяться быстрее, чем получается по вышеприведенной формуле, а ДНК митохондрий, которая, как известно, передается только по материнской линии, — наоборот, медленнее.

Кроме того, очевидно, что многое зависит и от разности между q и Q . Когда в город приезжают люди, генетически мало отличающиеся от потомственных горожан, изменения будут менее резкими, даже если таких людей окажется много.

Теперь можно перейти от теории к практике и посмотреть, какие значения принимают все эти переменные в конкретном мегаполисе.

Сколько и откуда?

Значение m , которое, как мы помним, определяет количество «понаехавших в Москву», был весьма высоким и в XIX веке. После крестьянской реформы 1861 года доля неместных уроженцев, вступающих в брак, вы-

численная по записям в церковно-приходских книгах, составляла 0,7—0,8 (если все население брать за единицу)! В 1955 году таких людей было 76% — кажется, ничего не изменилось?

Изменилась, и очень сильно, дальность миграции. В XIX веке в столицу приезжали из ближайших губерний, в середине XX века — со всех концов нашей необъятной Родины, в том числе и из других республик, а средняя дальность перемещения мигранта увеличилась с 230 до 562 км. Соответственно больше стали и различия между генами коренных москвичей и приезжих: согласно так называемой модели Малеко, степень генетических различий между индивидами определяется как функция от расстояния между местами их рождения.

Конечно, эту модель нельзя применять без учета прочих факторов. Генетические различия между русскими москвичами и русскими, родившимися во Владивостоке, больше, чем между двумя русскими москвичами, и, возможно, больше, чем между русским и украинцем, если они оба живут в Донецке. Однако представители этнической группы с высокой брачной ассортативностью, то есть склонные заключать браки только между своими, будут сильно отличаться от русских москвичей, даже прожив в Москве несколько поколений. Но об этом подробнее поговорим дальше.

Так вот, в 1980 году коэффициент брачной миграции в Москве упал до 0,4, зато дальность возросла до 1046 км — в основном за счет южных и восточных регионов СССР. «В 1990-е годы... уменьшилась доля уроженцев всех регионов России (за исключением Северо-Кавказского, Уральского и Северо-Западного, а также Московской области) и возросла доля выходцев из республик прежнего СССР, за исключением Беларуси. Особенно резко возрос вклад в генофонд московской популяции уроженцев Закавказья: по сравнению с 1980 годом — в три с лишним раза,

с 1955 годом — в 15 раз. Средняя дальность миграции увеличилась до 1175 км... Миграционные процессы имеют ярко выраженные гендерные особенности:.. из Московской области прибывает больше женщин, а из Закавказья, Средней Азии и с Северного Кавказа — мужчин, поэтому мужская миграция отличается не только большей интенсивностью, но и большей дальностью» (из статьи О.Л.Курбатовой и Е.Ю.Победоносцевой в «Вестнике ВОГиС»).

В других крупных городах России и Украины высокие коэффициенты миграции также снизились лишь после 60-х, когда появилось понятие «лимита». Зоны миграционного притяжения (это официальный термин), конечно, у всех городов разные: у Москвы — практически все «ближнее зарубежье», у Твери — в первую очередь Тверская область, у Санкт-Петербурга — север и северо-запад страны. Самые большие миграционные расстояния (почти 4000 км) отмечены для крупных городов Сибири и Дальнего Востока.

Южные гены идут на север

Теперь, вооружившись теорией и собрав фактические данные, попробуем найти ответы на конкретные вопросы — например, о частотах определенных генов. По брачной статистике середины 90-х годов авторы рассчитали коэффициенты миграции m — общий (0,38), а также мужской (0,40) и женский (0,36), чтобы можно было строить прогнозы по генам, сцепленным с полом. Частоты генов у разных этнических групп взяли из базы данных Института общей генетики РАН и посчитали средневзвешенные величины с учетом долей этих групп в потоке миграции.

Результаты представлены на рис. 3. Если все и дальше будет идти как идет, в Москве увеличится процент людей с геном 0 системы групп крови ABO (то есть больше станет людей с первой группой крови), в то время как аллель d системы групп крови Rhesus, наоборот, станет





Крайний случай этнической ассортативности внутри маленькой группы — инбридинг. Для современных городских популяций, однако, характерен аутбридинг, его противоположность. Американские идеологи в свое время придумали для этого термин «плавильный котел», имея в виду переплавку различных рас и этнических групп в единую американскую нацию. (Наш аналог этой теории — многонациональный, но единый советский народ.) Важно отметить, что модель «плавильного котла» сегодня ушла в прошлое, уступив место «мультикультурности» и «толерантности». Даже в диснеевских мультфильмах тезис «мы все равны» сменился новым: «все мы разные, но все мы дружим и уважаем друг друга». И види-

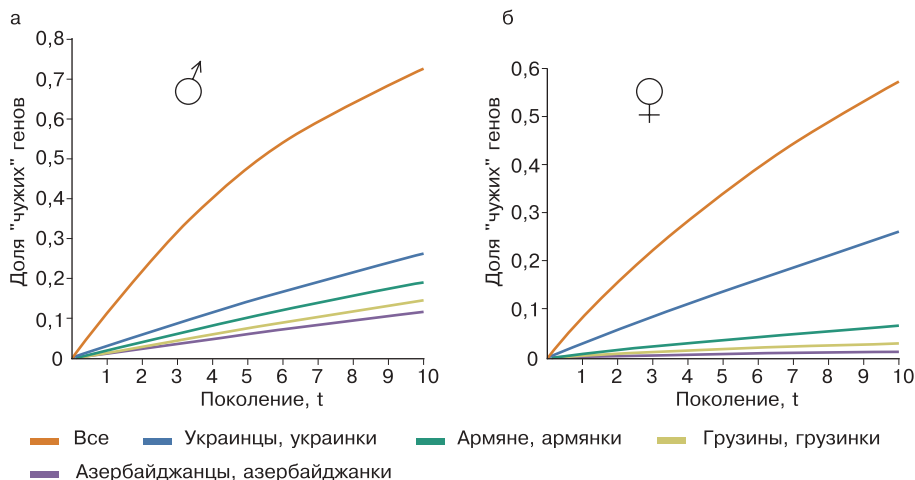
циональной напряженности (с социальных и внутривидовых) — скорее хорошо. С другой стороны, специалисты из ИОГен РАН показали, что для каждой популяции существует оптимум гетерозиготности. Когда разнообразие генов возрастает чрезмерно, в каждом новом поколении

даже превысила уровень, ожидаемый при панмиксии, что и является истинным свидетельством наступления эры аутбридинга в московской популяции», — констатируют исследователи.

Здесь следует учесть еще один фактор: направление потока генов. Если ребенок, родившийся в русско-грузинском браке, будет называть себя грузином, это вклад русских в грузинский генофонд; если русским — дело обстоит в точности наоборот. Хорошо известно, что в Москве дети от браков русских с представителями других этнических групп чаще воспринимают себя как русские. Иначе говоря, русских в Москве становится больше, но в результате формируется весьма своеобразная популяция русских, не такая, как в среднем по России.

Возможный результат показан на рис. 5. Согласно расчетам, в конце XX века вклад русских матерей в генофонд следующего поколения составлял 93%, отцов — 88%. Через 10 поколений Y-хромосомы русских заменятся Y-хромосомами мигрантов на 70%, а митохондриальная ДНК — наполовину.

Что сказать в заключение? Пожалуй, только одно: тут есть над чем подумать, и не стоит подменять мыслительный процесс ни призывами к борьбе за чистоту русской крови, ни даже цитатами из документов ООН о равенстве всех людей Земли — ведь право на равную частоту генов предрасположенности к болезням и равную приспособленность к среднерусскому климату в декларациях ООН не записано. Зато важнейшим преимуществом человека в борьбе за выживание всегда было (и, хотелось бы верить, остается по сей день) умение запоминать и анализировать информацию. Лучше живет тот, кто понимает, как устроен мир, в котором он живет.



5
Поток генов других национальностей в генофонд русских детей, родившихся в Москве (слева — по линии отцов, справа — по линии матерей)

мо, новая модель лучше соответствует реальности, как в сфере культуры, так и в сфере биологии. Наивные мечты шолоховского персонажа о том, как «все будут приятно-смуглявые» и не будет расизма, потому что не будет рас, едва ли могут сбыться в полном объеме — хотя бы потому, что разные люди живут в разных условиях и говорят на разных языках.

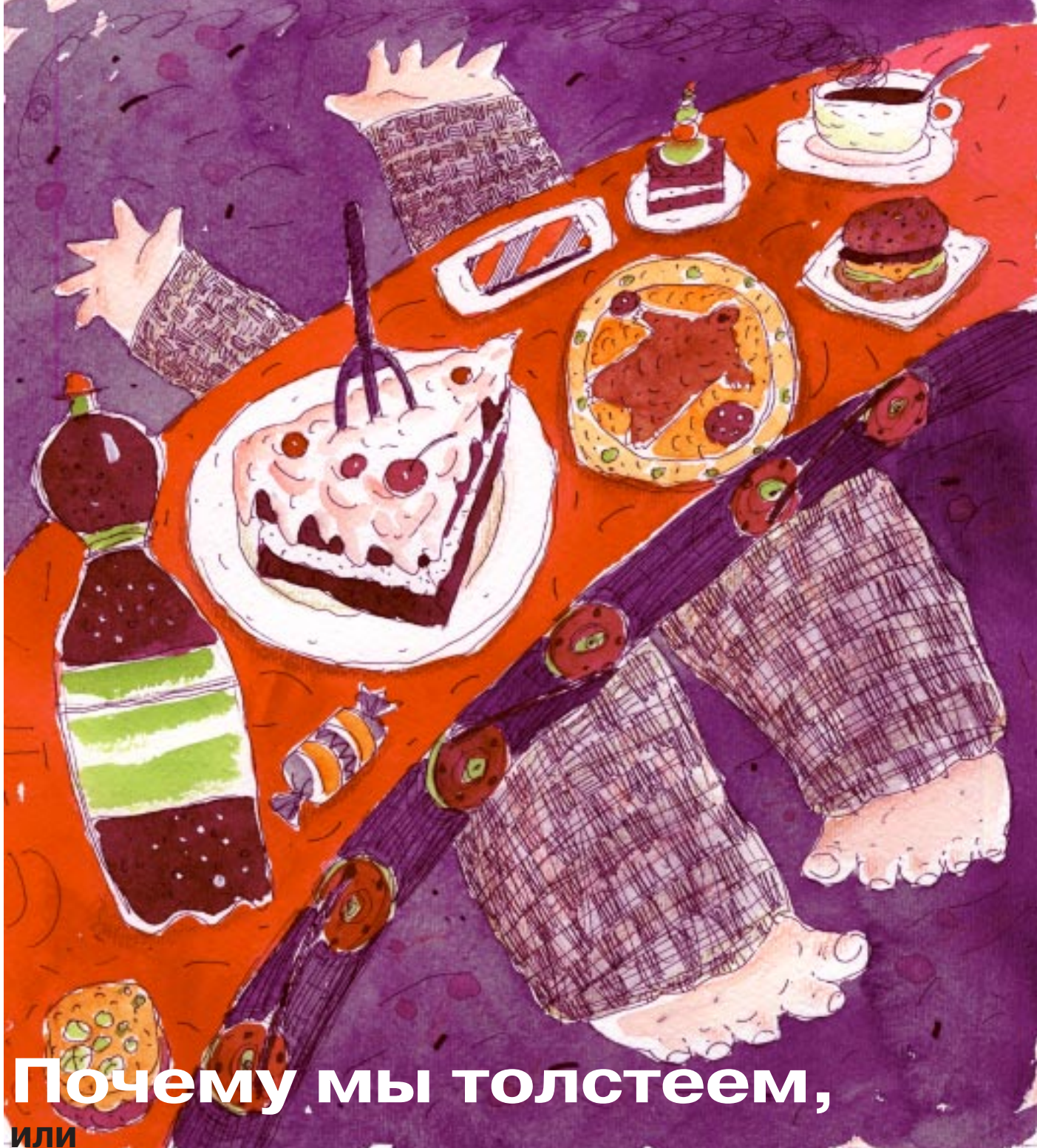
Тем не менее хотя этническая ассортативность не исчезает полностью, в больших городах она уже не достигает 100% ни в одной этнической группе и в каждой группе неуклонно снижается. А чего бы вы хотели, если дети русских, марийцев, татар и азербайджанцев учатся в одной школе, слушают одну и ту же музыку и выпрашивают у родителей одинаковые роликовые коньки, на которых и катаются все вместе?

Хорошо это или плохо, мы обсуждали в начале статьи. С одной стороны, как альтернатива инбридингу (с биологических позиций) и межна-

разрушаются адаптивные комплексы генов — уникальные их комбинации, идеально приспособленные к местным условиям, «разбавляются» генами мигрантов. Известно, например, что самые здоровые дети рождаются в тех случаях, когда родители происходят из смежных (а не удаленных) популяций. Казалось бы, мелочи, — однако Ю.П.Алтухов употреблял по отношению к недостаточно изученным процессам аутбридинга такое резкое выражение, как «бомба замедленного действия».

Так что же с аутбридингом в современной Москве? В середине 90-х московскую популяцию нельзя было назвать полностью панмиксной. Уровень межэтнических браков, как и следовало ожидать, был выше у русских, украинцев, белорусов (отсутствие языкового барьера) и ниже — у выходцев с Кавказа. Но всего за пять лет многое изменилось. «К 1999 году доля межэтнических браков, заключенных русскими женщинами,





Почему мы толстеем, или

Что такое метаболический синдром

Избыточный вес — очень распространенная проблема нашего времени, на решение которой тратятся немалые деньги. С ней сталкиваются более миллиарда взрослых и детей по всему миру. Прибыль от хорошо разрекламированного средства, помогающего бороться с ожирением, и представить себе трудно. Равным образом не иссякает поток теорий, объясняющих склонность все большего числа людей к полноте.

Толстеем от лени?

В конце XIX века для лечения патологической тучности врачи прописывали вытяжку из щитовидной железы животных — это был если не первый, то самый живучий препарат против ожирения. Вытяжка, содержащая, как потом выяснилось, гормоны щитовидной железы — тироксин и трийодтиронин, — быстро устраняла симптомы недостаточности щитовидной железы, ускоряла метаболизм и попутно снижала вес больных. Заметив это, немецкий врач О.Лейхтенштерн еще в 1894 году начал применять щитовидную железу для лечения ожирения.

Затем появилась теория, объясняющая ожирение низкой активностью щитовидной железы. Она была выведена умозрительно, как обобщение клинических наблюдений, и имела весьма сомнительное отношение к науке — может быть,

Кандидат биологических наук
Р.С. Минвалеев



ЗДОРОВЬЕ

именно поэтому у нее до сих пор есть свои приверженцы. Мысль о том, что тучность связана с вялым метаболизмом, прекрасно вписывалась в распространенное представление о лениности и безынициативности толстяков: стоит «раскошегарить» обмен веществ и все проблемы — как физические, так и моральные — разрешатся. Однако применение гормонов щитовидной железы как «сжигателей жиров» одновременно вызывало угрожающие нарушения сердечного ритма и неминуемо вело к снижению выработки собственных гормонов. (Последнее обстоятельство стало известно только в середине XX века, когда определили роль гипофиза в регуляции внутренней секреции.)

В конце XIX века ученые измерили содержание гормонов щитовидной железы в крови разных людей и сопоставили эти данные с уровнем их метаболизма. И тут же выяснилось, что у полных людей энергетический обмен в среднем более активен, чем у худых. Тогда же немецкий физиолог Макс Рубнер, разработавший методы количественного определения энергетической ценности продуктов, установил, что основным источником энергии у теплокровных служит поглощенная и переработанная пища, а интенсивность обмена веществ пропорциональна площади поверхности тела. У полных людей поверхность тела больше и соответственно выше обмен веществ, как это ни кажется странным! В начале XX века вывод ученого удалось подтвердить, оценивая уровень метаболизма по потреблению кислорода. Если вдуматься, он совсем не удивителен. Совершенно очевидно, что человек массой 120 кг совершает значительную работу, просто передвигаясь по комнате. Тучные люди в состоянии покоя потребляют больше кислорода, чем средние, а при физической работе их энергозатраты могут быть очень высокими. Просто удивительно, что эти очевидные, давно известные, объективные факты всякий раз приходится повторять как нечто сенсационное...

Что говорят психологи и почему надо слушать биологов?

А пока продолжим наш краткий обзор теорий ожирения. Особо отличились на этом поприще психологи. Большинство из них, конечно же, — фантазеры, чуждые какой бы то ни было доказательности. При всей популярности психологии как науки о поведении человека к реальным физиологическим механизмам их так называемые концептуальные подходы зачастую имеют весьма отдаленное отношение. Так, последователи Зигмунда Фрейда, опираясь на свой ни разу не обоснованный психоанализ, усмотрели у полных людей инфантильную потребность в непрестанном сосании и сглатывании, вплоть до самого что ни на есть, простите, «пищевого оргазма». Толстяки, по мнению психоаналитиков, много едят, чтобы сублимировать неудовлетворенную сексуальную активность, и от этого толстеют. Или наоборот: едят и толстеют, чтобы сексуальной активности избежать. Далее психологи вышли на оперативный простор собственного воображения, и чуть ли не каждый специалист по психоанализу поспешил внести свое слово в уточнение этой бессодержательной концепции. Так, появились бесподобные объяснения причин

ожирения — от удовлетворения скрытых садомазохистских потенций до совсем уж безудержных фаллических фантазий, которые ставят в тупик невинные души полных женщин.

Однако в 1997 году генетики убедительно доказали, что незначительный дефект в одном-единственном гене, кодирующем гормон лептин, может кардинально повлиять на пищевое поведение. Иными словами, оказалось, что склонность к перееданию имеет генетические корни. И хотя впоследствии выяснилось, что лептин призван не предохранять нас от тучности, а, наоборот, защищать от излишнего похудения, фронт был прорван. Сегодня в вопросах причин ожирения биология оказалась состоятельнее психологии, и излишний вес при серьезном обсуждении уже рассматривается именно как результат комплексного взаимодействия между генами и окружающей средой, но не как следствие психологических особенностей личности, недостаточной силы воли, подавленной сексуальности и тому подобного. На сегодня известно более дюжины биохимических механизмов, лежащих в основе регуляции аппетита и соответственно пищевого поведения, в которых психология выступает всего лишь как исполнитель генетических программ. Последние представляют собой целый лабиринт, включающий в себя множество генов, которые, в свою очередь, порождают гормоны, рецепторы и белки, ответственные за поддержание или набор веса. В настоящее время ключевой вопрос, стоящий перед учеными, можно сформулировать так: почему при одинаковых условиях существования одни люди стремительно толстеют, а другие остаются худыми?

Что узнали в Вермонтской тюрьме?

Надо признать, современная наука достаточно далеко продвинулась в понимании механизмов неконтролируемого ожирения. Уже в начале 70-х годов стало точно известно, что переедание и малоподвижный образ жизни не становятся прямыми причинами избыточного веса. В широко известном среди специалистов «Вермонтском исследовании», проведенном в одноименной государственной тюрьме, заключенным с умеренным весом предложили съедать двойные порции ежедневного рациона. Арестанты принялись с радостью набивать брюхо во имя науки и не без удовольствия толстели на дармовщину. Однако вскоре их аппетиты стали уменьшаться, принудительное переедание давалось все с большим трудом. Некоторые волонтеры не выдержали и вышли из числа испытуемых, и только 20 человек продержались все двести назначенных дней. В среднем по группе прибавка в весе составила 9–11,5 кг.

А дальше началось самое интересное. После отказа от высококалорийной диеты и малоподвижного образа жизни почти все они быстро сбросили набранные излишки. Как будто бы и не было переедания, гиподинамии и существенной прибавки в весе! Исключение составили только двое испытуемых. Именно они в начальной стадии эксперимента толстели быстрее других. Кроме того, у них была обнаружена отягощенная наследственность (ожирением страдали один или оба родителя).

Этот наглядный эксперимент доказывает, что нормально функционирующий организм обладает специальным механизмом, поддерживающим баланс между поступлением и расходом калорий, и демонстрирует типичную реакцию гомеостаза — динамического постоянства внутренней среды. Вес каждого индивида оказался более или менее точно фиксированной величиной, устойчивой к краткосрочным изменениям, а организм проявил себя как пондеростат — устройство, поддерживающее его постоянным. Иными словами, склонные к ожирению испытуемые генетически предрасположены к поддержанию гомеостаза при большем весе, а высококалорийная диета лишь помогла проявиться этой генетической предрасположенности.

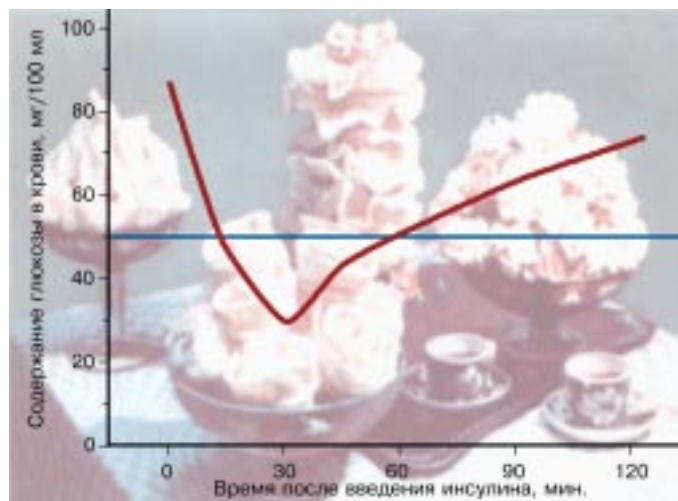
В чем виноваты мамы?

С этого времени интерес большинства исследователей вызвали только условия активизации (или, как говорят генетики, экспрессии) генов ожирения. В 1999 году были проанализированы данные медицинских карт голландцев, родившихся до и после голодной зимы 1944–1945 годов. Оказалось, что склонность к ожирению записана в генах и нужна для противодействия чрезмерному похуданию. Реализуется ли эта склонность, в значительной степени определяется состоянием матери в период вынашивания плода. Лица, испытывавшие голодание на ранних стадиях эмбрионального развития, в зрелые годы более склонны к тучности, чем те, кто испытывал недостаток питания в последние недели. Вопреки широко распространенному мнению вес новорожденного имеет прямое отношение к экспрессии генов ожирения в зрелом возрасте. А именно: чем лучше питалась мама при вынашивании плода и соответственно чем больше был вес новорожденного, тем с меньшей вероятностью человек страдал от ожирения в зрелом возрасте. Вот вам еще одно свидетельство абсолютного превосходства количественного, то есть единственно научного, подхода в сравнении с любыми, казалось бы, вполне «логичными» концепциями, которые на деле зачастую дают результаты, противоположные реальности.

К сожалению, не только психологи имеют склонность к бездоказательным концепциям. До сих пор многие будущие мамы выслушивают настоятельные рекомендации врачей уменьшить свой вполне естественный двойной аппетит: «Дорогуша! Как же вы располнели! Срочно на диету!» На деле этот совет — еще один шаг к планетарной эпидемии ожирения. Впрочем, с недавних пор на смену обычным клиническим наблюдениям, составляющим основу пресловутой врачебной интуиции, пришла так называемая доказательная (по-английски — evidence-based) медицина, в которой на первое место ставятся измерения и математическое доказательство достоверности результатов. Врачам с их изначально естественнонаучным мышлением можно хоть что-то объяснить, в отличие от подавляющего большинства психологов, нередко ставящих себя вне какого бы то ни было естествознания.

Трамплин на пути к ожирению

Следующий период, когда наследственная склонность к ожирению может быть активизирована, — это время полового созревания. Как раз в это время особое значение для подростка приобретает его внешность. Оказалось, что если двухлетний толстый, но в целом здоровый ребенок еще имеет шанс с возрастом обрести стройность, то тучный пятнадцатилетний подросток, скорее всего, и в дальнейшем будет набирать вес.



Максимальное падение уровня глюкозы через 30 минут после введения инсулина.

Тогда внимание исследователей обратилось к характеру питания подростков и молодых людей, и тут обнаружилось, что у него есть несколько принципиальных особенностей. Во-первых, это питание, что называется, на ходу, в многообразных точках общественного питания: в кафетериях, закусочных, буфетах, бистро, пиццериях, студенческих столовых, интернет-кафе и ночных клубах.

Во-вторых, это питание спонтанное, и оно сопровождается непрерывным общением, которое нередко и составляет главную цель посещения подобных заведений. Молодые люди зачастую идут в кафе не для того, чтобы поесть, но прежде всего для того, чтобы поговорить и поближе познакомиться.

И самое главное: выбор обычно падает на продукты с высоким содержанием углеводов, особенно легкодоступных: кофе и чай с сахаром, пирожные, конфеты, шоколадки, сладкие батончики типа «Марс» и «Сникерс», газированные напитки все с тем же сахаром и т. д. Примерно такая же ситуация и со школьным питанием, которое давно уже переместилось в буфет с тем же ассортиментом.

В специальной литературе такой режим питания получил название «режим кафетерия», и следствие его — так называемый метаболический синдром. Это словосочетание означает не что иное, как пресловутое нарушение обмена веществ. До недавнего времени, когда врач говорил больному: «Ваша болезнь есть следствие нарушения обмена веществ», то в переводе с русского на русский это означало примерно следующее: «А черт его знает, почему вы заболели!»

В настоящее время твердо установлено, что как минимум ожирение, сахарный диабет второго типа, начальные стадии атеросклероза и несколько других распространенных заболеваний объединяются общим патофизиологическим механизмом. Он и получил название «метаболический синдром», или «синдром избытия», или «синдром X», или, по нарастающей, «смертельный квартет», «синдром инсулинорезистентности» и, наконец, «смертельный секстет»!

Реактивная гипогликемия и школьная успеваемость

Последствия режима кафетерия уже давно подробно изучены объективными методами. Регуляция уровня сахара в крови поддерживается согласованным квартетом гормонов поджелудочной железы, среди которых только инсулин понижает уровень глюкозы. Когда в организм поступает очередная порция сахара, к чему и сводится, по сути, рацион режима кафетерия, содержание глюкозы в крови сразу же резко возрастает. В ответ на это из поджелудочной железы в кровь выбрасывается инсулин. Он отправляет глюкозу из крови в клетки тела, прежде всего в мышечные, где она фактически «сгорает» как главное топливо. В результате примерно через полчаса уровень глюкозы опять снижается, причем резко (см. рисунок). Далее возможны два варианта: либо она поступит извне с очередной порцией пищи, либо будет мобилизована из внутренних резервов, которые у нас всегда наготове в печени и мышцах в виде гликогена — той же глюкозы, но упакованной в полимерные молекулы. Для распаковки и высвобождения глюкозы из гликогена необходим другой гормон поджелудочной железы — глюкагон. Поэтому на рисунке видно, что падение уровня глюкозы сменяется ее нарастанием (благодаря поступлению из резервов и работе других механизмов).

Известно, что нервные клетки также нуждаются в глюкозе, без которой они не проживут и десяти секунд. Для усвоения этого вещества инсулин им не нужен. Именно поэтому факторы регуляции уровня сахара в основном противодействуют гипогликемии — уменьшенному содержанию сахара в крови (50 мг/100 мл и ниже). К сожалению, пресловутый режим кафетерия ведет к нарушению этой согласованной регуляции. Дело в том, что для высвобождения всего квартета гормонов поджелудочной железы необходимо присутствие достаточного количества белков, которых в пирожных, кофе, «пепси» и

«коке» не хватает. Иными словами, если в организм поступит сразу много глюкозы, причем без белкового сопровождения, то из островковой части поджелудочной железы в кровь будет выброшен только инсулин, который быстренько раскидает поступившую глюкозу в клетки мышц и жировые клетки, минуя нервную ткань. Наступит состояние, которое получило название реактивной гипогликемии. Его легко почувствовать, обжевшись сладким натошак. Поначалу будет очень вкусно, а потом может быть и не очень хорошо: слабость, снижение физической и умственной работоспособности и, самое главное, резко возросший аппетит, заставляющий опять что-то съесть.

Гипогликемия далеко не всегда выражается в виде чувства голода, но снижение работоспособности, прежде всего умственной, практически неизбежно. Особенно это заметно на учащающихся школах и студентах вузов, которые после бестолковых реформ образования да при занятых своими делами родителях фактически перешли на режим кафетерия. Такие дети, как правило, гиперактивны, поскольку мышечные клетки у них переполнены топливом (глюкозой), но испытывают большие затруднения в учебе из-за реактивной гипогликемии, нередко наступающей как раз посередине урока (лекции). Эти дети вполне могли бы учиться гораздо лучше (и поменьше хулиганить), если бы в их рационе не преобладали легкодоступные углеводы, а было бы организовано полноценное здоровое питание.

Более того, именно режим кафетерия, похоже, напрямую связан со склонностью к употреблению наркотиков, которые с этих позиций выступают как психостимуляторы и доступные антидепрессанты, корректирующие неприятные последствия реактивной гипогликемии. Получается, что, нарушая режим питания, мы теряем целые поколения! И это, кстати, не шутка, а доказанный факт. Однако вернемся к обсуждению того, как режим кафетерия ведет к метаболическому синдрому.

Чем опасна гиперинсулинемия

Итак, режим кафетерия, то есть прием преимущественно углеводов с промежутком примерно в час, приводит к тому, что в крови нарастает уровень глюкозы, а за ним и инсулина, опять-таки с интервалом час-полтора. Однако функции инсулина вовсе не исчерпываются отправкой глюкозы в клетки мышц и жировой ткани. Накачав мышечные клетки глюкозой, инсулин и дальше занят ее судьбой, уже внутри клеток (через так называемых вторичных посредников, которые действуют именно внутри).

И вправду: что делать, если глюкоза не сгорела полностью, например, вследствие недостаточной мышечной нагрузки (а такое в наше время не редкость)? Тогда ее надо отправить на более длительное хранение. Глюкоза превращается в гликоген, из которого по мере необходимости образуется вновь. Однако организм не способен накопить больше определенного количества гликогена, и остальная глюкоза в жировых клетках преобразуется в жиры. Таким образом, при ежечасном поступлении еды возрастает уровень инсулина в крови (это состояние и называется гиперинсулинемией), что, в свою очередь, ведет к избыточному синтезу жиров из углеводов. И вот мы в одном шаге от почти неизбежного ожирения.

Что происходит дальше, более или менее известно. Ожирение ведет к прогрессирующей инсулинорезистентности, при которой снижается чувствительность жировой ткани к инсулину. Вскоре может наступить и сахарный диабет второго типа — заболевание, которое в современном цивилизованном мире приобретает характер пандемии.

Далее повышенный синтез жиров ведет к увеличению содержания в крови так называемых липопротеинов очень низкой плотности — жиробелковых частиц с повышенным содержанием жировой компоненты. А это один из главных факторов риска атеросклероза, еще одной «болезни цивилизации». Список заболеваний, связанных с ожирением, можно было бы продолжить. Получите метаболический синдром!



ЗДОРОВЬЕ

Что же делать с метаболическим синдромом?

Как минимум — не толстеть, а для этого не допускать постоянного повышения уровня инсулина в крови, которое не только ведет к превращению глюкозы в жир, но и тормозит использование жира как энергетического материала. Оказывается, для этого достаточно всего лишь делать трех-четырех часовые перерывы между едой, то есть соблюдать трехразовый режим питания. Казалось бы, что может быть проще? Но современные диетологические новации, а также навязчивая реклама фаст-фуда настолько вытравивали из нашего сознания традицию, что эту старую как мир последовательность приемов пищи теперь приходится подкреплять строгими биохимическими выкладками.

Дело в том, что для инсулина установлен циклический характер действия, который в упрощенном виде можно разбить на три стадии: 1) транспорт глюкозы в соматические клетки; 2) депонирование глюкозы (гликогенез в мышцах или липогенез в жировой ткани); 3) деление клеток.

Традиционный трехразовый режим питания всего лишь отражает этот цикл. Причем для полноценного действия инсулина в ответ на прием пищи она каждый раз должна включать в себя белки, жиры и углеводы, поскольку все эти компоненты используются под контролем инсулина (и других регуляторов) для энергетических и строительных нужд организма. Именно этим объясняется положительный эффект санаторного режима дня, когда пациент вынужден соблюдать знакомые с детства незамысловатые завтрак, обед и ужин с интервалом в 3–4 часа, без кофе и перекусов. Если избыток жира уже накопился, а наследственность в порядке, то при возврате к трех- или даже двухразовому питанию в день гомеостатические механизмы возврата к нормальному весу тела, выявленные в «Вермонтском исследовании», не заставят себя долго ждать!

В последнее время распространенным способом преодолеть метаболический синдром стало резкое ограничение в рационе так называемых быстрых углеводов (моно- и дисахаридов). Называются эти диеты по-разному: диета Монтиньяка или Аткинса, «кремлевская диета» или как-нибудь еще, но суть их проста: исключить сырье для синтеза жиров из глюкозы и снизить выброс инсулина. Это действительно позволяет снизить вес, но уменьшаются также интеллектуальные возможности и способность к запоминанию, поскольку они требуют именно свободной глюкозы из легкодоступных углеводов.

Так вот, ничего этого не нужно! Просто сделайте перерыв в еде. Вы мне не верите? Проверьте и убедитесь сами!

Что еще почитать:

Дильман В.М. Большие биологические часы (Введение в интегральную медицину). М.: Знание, 1981.

Минвалеев Р.С. Вся правда о диетах. Очерки прикладной физиологии. М.: Фитон+, 2006.

Теппермен Дж., Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. М.: Мир, 1989.

Шелл Э.Р. Голодный ген. СПб.: Амфора. 2004.



Что ели на Руси

Отрывок из книги известного историка Н.И.Костомарова «Домашняя жизнь и нравы великорусского народа» напоминает, что даже в постные дни жители России не сидели на одном углеводном рационе и метаболический синдром им, как правило, не грозил.



Мясные кушанья были вареные или жареные. Вареные подавались в щах, ухе, рассоле и под взварами; щи забеливались сметаной во время варения, а не при столе. Обыкновенный приварок к щам была кочанная и крошенная, свежая и кислая капуста. К щам подавалась гречневая каша. Ухой назывался суп или похлебка. Огромное количество разных пряностей составляло принадлежность русской ухи в равных видах: уха с гвоздикой называлась черною ухой, с перцем — белою, а без пряностей — голою. Рассол был род нынешней солянки: варилося мясо в огуречном рассоле с примесью пряностей. Взваром назывался всякого рода соус. Жареные мясные кушанья были верченые (жаренные на вертеле), шёстные (вяленные на шестках русской печи), печеные, сковородные. Баранина составляла самый обычный вид мясных кушаний в скоромные дни с весны до поздней осени. «Домострой» научает, как поступать с бараньим мясом: купив целого барана, следовало облупить его и распределить на несколько дней части его мяса; грудинка подавалась на уху или щи; лопатки и почки на жареное; крюки подавались под взваром; ножки начинялись яйцами; рубец кашею; печенку иссекали с луком и, обернув перепонкою, жарили на сковороде; легкое приготавливали со взболтанным молоком, мукою и яйцами; из головы вынимали мозги и делали из них особую похлебку или соус с пряностями, а из густосваренной с бараньим мясом ухи, ставя ее на лед, приготавливали холодный студень. Для говядины служили яловые коровы,

поэтому говядина вообще носила в старину название яловичины. Яловиц покупали осенью и убивали; мясо солили впрок, а потроха, к которым причисляли губы, уши, сердце, ноги, печень, языки, служили для обыденной пищи и подавались под студнем, под взварами, с кашей, на жареное. Вообще свежей говядины русские ели мало, а употребляли более соленую. Многие содержали во дворах своих свиней и откармливали их в течение года, а перед праздником Рождества кололи. Свиное мясо солилось или коптилось, и ветчина употреблялась на зимние щи, а голова, носы, кишки, желудок подавались свежими в разных приготовлениях, как-то: голова под студнем с чесноком и хреном; из кишок делали колбасы, начиняя их смесью мяса, гречневой каши, муки и яиц. Русские в старину любили свинину, как жареную, больше, чем теплую. Зайцы подавались душенные (духовые), рассольные (в рассоле варенные) и под взварами, особенно сладкими. Были люди, которые считали зайцев нечистыми животными, как и теперь, но другие объясняли, что зайца есть не грешно, только надобно смотреть, чтобы он не был задушен во время травли. Стоглав запрещает продавать на торгах зайцев без испущения крови. Такое же предостережение было от московского патриарха в 1636 году; но нигде не видно, чтобы Церковь вооружалась против употребления зайцев в пищу. Наравне с зайцами некоторые чуждались или по крайней мере остерегались оленины и лосины; но мясо этих зверей составляло роскошь царских и боярских торжеств.

Куры подавались в щах, ухе, рассоле, жаренные на рожнах, вертелах, называемые по способу их приготовления нарожными и верченными. Щи с курицей назывались богатыми щами и всегда забеливались. К жареной курице обыкновенно подавали что-нибудь кислое: уксус или лимон. Кура рафленая была употребительной в XVII веке в соусе из курицы с сарацинским пшеном (рисом), изюмом и разными пряностями, кура бескостная в соусе из курицы без костей, с начинкою из баранины или яиц с шафранною похлебкою. За роскошными обедами подавались особыми блюдами куриные пупки, шейки, печенки и сердца. Другие птицы, употребляемые в пищу, были утки, гуси, лебеди, журавли, цапли, тетерева, рябчики, куропатки, перепела, жаворонки; утки — в щах и жареные, гуси — шёстные, начинялись гречневой крупой и приправлялись говяжьим салом; из гусей приготавливали полотки (полоток — половина расплавленной птицы, соленой, вяленой, копченой, засушенной в печи). Иногда и целая соленая и копченая птица, из которой вынуты кости, которые ели зимою с хреном и уксусом; гусиные потроха шли в уху или в особые кушанья под взварами. Рябчики, тетерева и куропатки — кушанья зимние — обыкновенно подавались: первый приправленный с молоком, прочие жаренные со сливами и другими плодами. Лебеди во всякое время считались изысканным блюдом: их подавали под взваром с топешками, то есть изрезанными ломтиками калача, опущенными в коровье масло; потроха лебязьи, как и гусиные, подавались под



медвяным взваром, иногда же с говядиной или в пирогах и перепечах. Прочей дичи в Московии было много, и она была дешева, но вообще русские не очень любили ее и мало употребляли. Каждое мясо имело свои огородные и пряные приправы; так, репа шла к зайцу, чеснок к говядине и баранине, лук к свинине.

Исчисляя мясные кушанья, нельзя не упомянуть об одном оригинальном кушанье, которое называлось похмелье; это изрезанные ломтики холодной баранины, смешанной с мелко искрошенными огурцами, огуречным рассолом, уксусом и перцем; его употребляли на похмелье.

Московское государство изобиловало рыбою, составлявшею половину года обычную пищу. Употребительные роды рыб были: лососина, привозимая в Москву с севера из Корелы, осетрина шехонская (из Шексны) и волжская, волжская белорыбца, ладожская ладога и сырть, белозерские снетки и рыбы всех небольших рек: судаки, караси, щуки, окуни, лещи, гольцы, пескари, ерши, вандыши, хохолки, вьюны. По способу приготовления рыба была свежая, вяленая, сухая, соленая, провесная, ветряная, паровая, подваренная, впрок щипанная, копченая. По принятому обыкновению закупать для дома съестные припасы в оптовом количестве везде продавалось множество рыбы, приготовленной впрок посредством соли. Домовитый хозяин покупал для домашнего обихода большой запас и складывал в погреб, а чтобы она не испортилась, вывешивал на воздух, и это называлось выветривать: тогда уже рыба получила название провесной, а если хорошо выветривалась, то ветряной. С тех пор рыба складывалась уже не в погреб, а в сушиле пластами и прутами; пластовая рыба клалась на приделанных к стенам сушилах полицах, а прутовая — кучею под рогожами.

При затруднительности путей сообщения свежей рыбой могли пользоваться только жившие около рыбных мест; в Москву свежая красная рыба доставлялась только для царского стола и для знатных князей и бояр; она привозилась живая и содержалась в прудах, сделанных нарочно в их садах; масса жителей довольствовалась соленою осетриною,

приготавливаемой на астраханских учугах.

Горячие рыбные кушанья были щи, уха и рассольное. Рыбная уха делалась из разных рыб, преимущественно чешуйчатых, а также из рыбных потрохов, смешанных вместе с пшеном или с крупами и с большим прибавлением перца, шафрана и корицы. По способам приготовления в русском столе различалась уха рядовая, красная, черная, опеканная, вялая, сладкая, пластовая; в уху бросали мешочки или толченники, приготовленные из теста с искрошенной рыбой. Щи делались кислые со свежей и с соленой рыбой, иногда с несколькими сортами рыб вместе, часто с рыбой сухой вроде истертой в порошок муки; при этих горячих кушаньях подавали пироги с рыбными начинками или кашею. Рассольное приготавливалось обыкновенно из красных рыб: осетрины, белужины и лососины. При горячих кушаньях подавали пирожки с разными рыбными начинками и с кашею. В постные дни летом подавалась ботвинья с луком и разными кореньями. Из тертой рыбы разных родов, смешанных вместе с примесью крупы или пшена, приготавливалось кушанье, называемое рыбная каша; а в скоромные дни примешивали туда и мяса; такую же кашу клали и в пироги. Приготавливали из рыб тельное вроде котлет, смешивали с мукою, обливали ореховым маслом, прибавляли туда пряностей и пекли; это называлось рыбным караваем. Жареную рыбу подавали облиту какую-нибудь взваром. Икра была в числе обычных кушаний: свежая зернистая из осетра и белорыбцы составляла роскошь; но во всеобщем употреблении была паюсная, мешочная, армянская — раздражающего свойства и мятая, самого низшего достоинства, которую покупали бедные простолудины. Икру вообще употребляли с уксусом, перцем и искрошенным луком. Кроме сырой икры, употребляли еще икру, варенную в уксусе или маковом молоке, и пряженую (жаренную в масле): в посты русские делали икрайки, или икражные блины: это была взбитая, после продолжительного битья, икра с примесью крупитчатой муки и потом запеченная.

В те постные дни, когда считалось грехом употреблять рыбу, пища русских состояла из растительных веществ: ели

кислую и ставленную капусту, свеклу с постным маслом и уксусом, пироги с горохом, с начинкою из растительных веществ, гречневую и овсяную кашу с постным маслом, луковники, овсяный кисель, левашники, оладьи с медом, караваи с грибами и с пшеном, разного рода грибы варенные и жареные (масленники, грузди, сморчки, рыжики), разные приготовления из гороха: горох битый, горох тертый, горох цеженный, сыр гороховый, то есть твердосбитый мятый горох с постным маслом, лапшу из гороховой муки, творог из макового молока, хрен, редьку и разные овощные приготовления: взвар из овощей и коливо (коливо — род каши).

Вообще ко всяким кушаньям русские любили примешивать пряные приправы, а в особенности лук, чеснок и шафран. Эти два зелья — лук и чеснок — делались как бы предметом первой необходимости: таким образом, они давались в числе кормов, которые обязаны были жители давать писцам, посылаемым для составления писцовых книг. Перец, горчица и уксус ставились всегда на столе как необходимость обеда; и каждый гость брал, сколько хотел. При изготовлении кушаний обыкновенно не употребляли соли, как это делается во многих местах и теперь; но из этого не следует, чтобы русские не любили соленого: это делалось для того, чтобы каждый гость мог брать сколько хотел, и в те времена русские не находили разницы во вкусе того, что посолено во время приготовления кушанья, от того, что солили уже на столе. Зато все любили соленое впрок и не только употребляли, как уже сказано, мясо и рыбу больше в соленном виде, но и заправляли с солью и уксусом разные овощи и плоды: огурцы, сливы, яблоки, груши, вишни. У домовитых хозяев всегда стояло несколько посуды с такими соленьями, нагнетенных камнями и засеченных в лед. Они подавались к жареному мясному и рыбному, а белая соленая капуста была обычным запасом на зиму как у богатых, так и у бедных.



ФОРУМ ОРГАНИЗУЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



Правительства
Российской Федерации



Правительства
Москвы

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
МЕНЯЮТ МИР

BT XXI
2007

23-26 апреля 2007 г.

Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.VT21.ru



МОСКВА - 2007

VIII Международный форум
**ВЫСОКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**
HIGH
TECHNOLOGY OF **XXI**
ВЕКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ВТ XXI-2007»

Специализированные салоны:

- «Нанотехнологии»
- «Технопарк»
- «Hi-Tech-Наука»
- «Криогенные технологии»
- «Hi-Tech-Медицина»
- «Высокотехнологичные
товары народного потребления»
- «IT-технологии»
- «Композиционные материалы и сплавы»
- «Наукоград»

Специализированные выставки:

- 2-я Международная выставка «Океан-2007»
- 1-я Международная выставка
«Сертификация и технические регламенты-2007»
- 1-я Международная выставка «Энергия-2007»

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

- Международная конференция
- Конкурсная программа
- Бизнес-клуб
- Презентации

Организаторы:

Министерство промышленности и энергетики РФ
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
ЗАО «Экспоцентр»

По вопросу участия в мероприятиях Форума обращайтесь:

ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

117209, Москва, ул. Зюбинская, д. 6, корп. 2

Тел.: (495) 332-3595, 331-0501, 331-2333. Факс: (495) 331-0511, 331-0900
E-mail: vt21@vt21.ru; arena@vt21.ru. <http://www.vt21.ru>; www.expoecos.com

**14-я международная выставка
химической индустрии**

Х И М И Я

3-7 сентября

www.chemistry-expo.ru

2007



ОРГАНИЗАТОР:
EXPOCENTR

при содействии
ЗАО "Росхимнефть"

**Центральный
выставочный
комплекс
"ЭКСПОЦЕНТР"**

При поддержке
- Министерства промышленности
и энергетики РФ
- Российского союза химиков

**Экспоненты - более 900 фирм и
организаций из 29 стран**

ЦВК "Экспоцентр"
123100, Россия, Москва,
Краснопресненская наб., 14
Тел.: (495) 255-37-99, 255-25-28
Факс: (495) 205-60-55
E-mail: mir@expocentr.ru
chemical@expocentr.ru
www.expocentr.ru



Доктор технических наук

Г.Е.Кричевский

В 2006 году исполнилось 150 лет синтезу мовеина, проведенному восемнадцатилетним студентом Лондонского королевского колледжа Уильямом Генри Перкином, а также 100 лет со дня смерти этого замечательного ученого, организатора производства и общественного деятеля мирового масштаба.

Почему я решил написать о великом Перкине? Это действительно выдающийся химик, о котором в России знает только узкий круг специалистов, и в основном то, что он синтезировал мовеин. А ведь это случилось в самом начале его профессиональной карьеры химика-органика, когда он был студентом третьего курса колледжа. Впрочем, даже это открытие, безусловно, вошло в анналы истории современной органической химии. На самом деле У.Г.Перкин занимался химией продуктов разложения угля. В середине XIX века добыча угля как основного топлива, а также получение множества полезных и важных продуктов переработки угля было главным направлением индустрии. Термическое разложение угля дает четыре главных продукта: газ, кокс, аммиачную воду, каменноугольную смолу. Последующие стадии позволяют получить множество ценных продуктов, в том числе ароматических. Планомерно исследуя химию этих продуктов, Перкин синтезировал многие новые классы соединений — и дал начало новым направлениям в химии.

Чтобы понять его роль в органической химии, необходимо вспомнить в какой мир вступил молодой У.Г.Перкин, каков был в то время уровень знаний в области химии и технологии колорирования текстиля.

Органическая химия до Перкина

Кратко обрисую большой период времени от XVII до XIX века. Конечно, это субъективное изложение истории органической химии, и каждый волен внести в него свои коррективы.

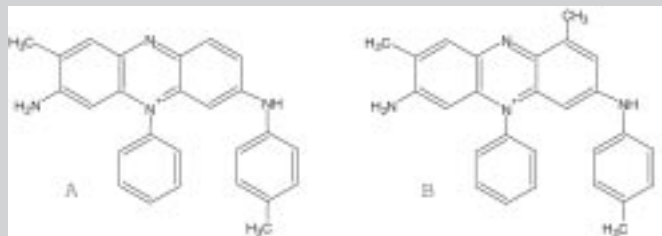
Период 1600–1800 годов можно назвать алхимическим, поскольку основная цель химиков того времени — поиск эликсира жизни, который исцелял бы недужных и превращал бы обычные металлы в золото. Эликсир найден не был, однако алхимия по пути к недостижимой цели сделала много замечательных открытий.

Человек, создавший цветное завтра

К 150-летию синтеза мовеина — первого синтетического красителя, перевернувшего мир колористики



Поскольку Перкин и его коллеги получили мовеин из анилина, содержащего примеси толуидина, ксилидина и других «инов», то, согласно последним современным исследованиям, реальный мовеин представляет собой смесь по крайней мере двух продуктов — мовеина А и мовеина Б:



мовеин А

мовеин Б:

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Антуан Лоран Лавуазье и Джон Далтон заложили основы современной химии. Далтон предложил атомистическую теорию, опубликованную в 1808–1810 годы, как «новую систему философии химии». Он ввел понятие «комбинация атомов», которое впоследствии трансформировалось в понятие «молекула». Однако эти фундаментальные понятия укоренились в сознании ученых-химиков многие годы. Только в 1815 году Якоб Берцелиус показал, что органические молекулы можно так же, как и неорганические, охарактеризовать количественно молекулярной формулой. В это время не было еще номенклатуры органических веществ, ее систематики и рубрикации, не ввели понятие валентности (это произошло лишь в 1825 году), не решена была проблема определения атомарной и молекулярной массы. Только в 1858 году Станислао Канницаро, опираясь на гипотезы Амадео Авогадро, решил эту важнейшую проблему физики и химии.

Ближе к концу XIX века ученые сформулировали, что такое неорганические и органические вещества. Первые определили как содержащиеся в неживых минеральных материалах или получаемые из них. Вторые — как получаемые из субъектов живой природы или ее продуктов. Считалось, что необходимо наличие особой «жизненной силы» для получения органического вещества. Эта точка зрения просуществовала вплоть до 1828 года, когда Фридрих Велер синтезировал мочевины — типичный метаболит животного организма. Мочевина была синтезирована из неорганических веществ, это опровергло теорию «жизненной силы» и побудило ученых к дальнейшим поискам путей синтеза органических веществ.

Ф.Велер и Ю.Либих в 1832 году предложили теорию ассоциации атомов в радикалы (сейчас мы сказали бы «функциональные группы») в органических молекулах. А.М.Бутлеров внес свой вклад в теорию реакционной способности органических соеди-

нений, связав ее с химическим строением вещества. Также он определил роль любых изменений в структуре, влияющих на химические свойства вещества. В этот же период создавалась теория реакций замещения, вводились понятия о гомологических рядах, валентности. Либих создает в Германии, в Университете города Гессена, школу химиков, обучает студентов современной новой химии по новой методологии. Из Германии новые идеи распространяются в другие страны.

Проводником идей ведущих немецких химиков в Англии стал известный ученый Вильгельм Август Хофман (1818—1892), которого пригласили преподавать химию в Лондонский химический колледж (потом его назвали Royal College of Chemistry, то есть Королевский колледж химии). Хофман был любимым учеником Либиха, а Перкин стал любимым учеником Хофмана в Англии. Главным научным интересом Хофмана были химия угля, коксохимия, химия каменноугольной смолы. Во времена молодого Перкина именно эти направления, наряду с производством текстиля, были основными в Англии.

До мовеина

До мовеина в крашении и печати использовали природные красители растительного и животного происхождения. Да и сами ткани были только из природных волокон. Переход к химическим волокнам произойдет в конце XIX века, всего через одно поколение после открытия мовеина.

Примитивные приспособления для крашения мало отличались от тех, что использовали в Средние века. Это были открытые емкости из железа, камня или дерева, обогреваемые открытым огнем. Красильный раствор перемешивали с помощью деревянных весел (см. рисунок).

В цехах, где красили в открытых емкостях, было очень влажно, зимой холодно, а летом жарко. Позже красильные емкости начали обогревать

прямым или глухим паром. Обогрев до кипения и последующее охлаждение занимали много времени. Условия труда напоминали дантесские круги ада. Сотрудники красильных фабрик имели практические навыки в крашении, но в химии они разбились плохо. Основная работа заключалась в подгонке цвета под образец — эмпирические сведения для этого хранились в книгах рецептов (они лежали в секретной комнате) и в головах мастеров-колористов. Даже при наличии книг и опыта колорист подгонял окраску под цвет образца иногда не один день. Это было искусством, которое ценилось и передавалось из поколения в поколение. Таких мастеров, профессионалов своего дела, я еще застал в 60—70-е годы на московских фабриках, но они уже были хорошими химиками. Природные красители использовали и после открытия мовеина, даже во время Первой мировой войны, но уже к 1902 году почти 90% красителей были синтетическими.

В печатании тканей (печатание сложнее, чем крашение, так как в этом случае речь идет о нанесении на ткань цветного узора в несколько красок) сначала в Англии, а затем и в Европе и России в конце XVIII века начали использовать механические валичные машины, изобретенные шотландским механиком Томасом Беллом (1783). В Европе также использовали механические машины с медными блоками, изобретателем которых был Перро (1834). По-прежнему применялась и ручная печать на столах с помощью металлических блоков — манер. Производительность на механических печатных машинах была почти в сто раз выше, чем на ручных столах, поэтому к середине XIX века механическая печать уже составляла 1/5 от ручной печати, а в начале XX века ручная печать почти сошла на нет. В печатании также требовалось перейти от природных красителей к синтетическим.

Шел в комнату — попал в другую

Справедливости ради надо отметить, что мовеин не был первым синтетическим красителем. Первой была пикриновая кислота (2,4,6-тринитрофенол), полученная еще в 1771 году П.Вульфом при действии на природное индиго азотистой кислотой. С помощью пикриновой кислоты натуральный шелк красили в ярко-желтый цвет. Но, строго говоря, поскольку сырьем для нее служил природный индиго, это был не совсем синтетический краситель. По аналогии с классификацией, принятой в химии полимеров и волокон, пикриновая кислота — искусственный краситель. Значительно позднее (1855) пикриновую кислоту получили из фенола (продукта перегонки каменноугольной смолы), и вот это уже был действительно синтетический краситель. В 1834 году Ф.Рунге синтезировал краситель аурин из неочищенной карболовой кислоты, который давал ярко-красный цвет. Он же получил несколько окрашенных соединений фиолетового, синего, красного и черного цветов, используя в качестве сырья анилин. Российский ученый, профессор Варшавского университета (тогда Польша входила в состав Российской империи) Я.Натансон в 1856 году синтезировал краситель фуксин. Таким образом, к 1856 году было проведено много ценных исследований по синтезу красителей и даже получены разрозненные положительные результаты, но эти синтезы были сугубо лабораторными.

Во время каникул в 1856 году Перкин по собственной инициативе решил синтезировать лекарство против малярии — хинин, используя в качестве исходного вещества нафталин. Профессор В.Хофман сформулировал эту задачу еще в 1849 году, но она так и не была решена. Синтез хинина был крайне актуальным для того времени: от малярии в британских колониях гибло и местное население, и англичане-колонисты. Единственным спасением был хинин, алкалоид растительного происхождения, извлекаемый из коры экзотического тропического хинного дерева. Лекарство было дорогое, и его не хватало.

К тому моменту, когда молодой Перкин приступил к выполнению этого амбициозного проекта, Либих уже установил общую формулу хинина — $C_{20}H_{24}N_2O_2$ (правда, его точная структура стала известна намного позже).

Сначала Перкин получил из толуидина аллилтолуидин. Затем перевел его в соль и окислил бихроматом калия: $2(C_{10}H_{13}N) + 3[O] \rightarrow C_{20}H_{24}N_2O_2 + H_2O$, после чего выпал грязноватый красно-коричневый осадок. Студент Перкин

решил упростить схему и взял вместо толуидина в качестве исходного продукта анилин ($C_6H_5NH_2$). Он обработал серноокислый анилин (водорастворимая соль) бихроматом калия — и получил черный осадок.

Химики того времени стремились получать искомое вещество в чистой кристаллической форме, поэтому грязноватый смолянистый осадок на первый взгляд был неинтересен. Но Перкин решил идти дальше. Экстрагировал осадок метанолом — и после выпаривания получил вещество розовато-лилового цвета, как цветок мальвы. Поэтому его и называли мовеином. Все просто — эксперимент мог остаться в рамках домашней лаборатории, а он перерос в открытие, которое изменило мир колористики и дало импульс многим направлениям в органической химии.

За великим открытием всегда стоит элемент удачи и случая. Но он не имеет смысла без знаний, навыков, характера, интуиции, умения разглядеть будущую практическую значимость открытия. Всеми этими качествами, как ни удивительно, обладал Уильям Генри Перкин. Он понял, что полученное им вещество — краситель, которым можно красить ткани. Поскольку Уильям работал в домашней лаборатории, он взял из шкафа кусок шелковой (тогда шелк был только натуральный) ткани от платья сестры и успешно покрасил его в очень красивый лиловый цвет.

Учитель Перкина, профессор Хофман, узнав о результатах этого эксперимента и оценив его практическую перспективу, посоветовал юноше ос-

тавить учебу в колледже и сосредоточиться на организации промышленного производства мовеина. Перкин так и сделал. Он ушел из колледжа и больше никогда не учился в университетах, а занимался самообразованием. При этом он достиг высочайших профессиональных знаний, признанных коллегами во всем мире. Такой поступок, совершенный в 18 лет, характеризует его как исключительную личность, сформировавшуюся очень рано.

Синтезировав краситель, Перкин дал четкую пропись его получения, разработал технологию. Вместе со своим старшим братом Томасом они наладили в сарае, в саду своего лондонского дома, получение и очистку мовеина, а также провели дополнительные опыты по окраске образцов шелка. А потом Перкин проявил недюжинные организаторские способности.

Раздобыв адрес одной из ведущих красильных фабрик в Шотландии, они отправили ее хозяину Роберту Пулларту образцы с предложением использовать мовеин для крашения шелка. Хозяин фабрики сразу ответил братьям, что он в восторге от образцов, и предсказал большое будущее новому красителю в том случае, если он будет недорогой. Перкину посоветовали оформить патент на изобретение, но в Англии патент мог получить человек не младше 21 года, а Уильяму было только 18, поэтому патент от 20 февраля 1857 года он оформил вместе со старшим братом.

Дальше жизнь Перкина бурно развивалась в двух направлениях: синтез

История не знает сослагательного наклонения. Но что было бы с промышленностью по производству красителей и пигментов, если бы Уильям Перкин не синтезировал мовеин и не организовал его промышленное производство? Наверняка она была бы иной, и ее развитие могло оказаться более долгим и извилистым. А все потому, что в это время сошлись в одной точке две составляющие: потребность мировой текстильной промышленности в большом количестве разнообразных и доступных красителей с воспроизводимыми колористическими свойствами и достаточно высокий уровень науки и технологии.

Природные красители растительного и животного происхождения, используемые на протяжении многих тысяч лет для окраски тканей, уже не удовлетворяли требованиям динамично развивающейся текстильной промышленности. Производство текстиля в середине XIX века сформировалось в индустрию (первая промышленная революция) с механизированным прядением, ткачеством, белением, крашением, печатанием и аппретированием. А производство природных красителей оставалось ремеслом, преимущественно с ручным трудом. Природные красители имели плохо воспроизводимые свойства, были дорогими, и их не хватало.

То, что это произошло в 1856 году, было одновременно и закономерно и случайно. Закономерно потому, что совпали потребности и возможности науки того времени. Эти два условия — потребности и возможности — были и будут базисом для решения важных задач. То же самое чуть позже произошло в производстве химических (искусственных и синтетических) волокон. В конце XIX века природные волокна не удовлетворяли потребность в волокнах для производства текстиля, а развитие полимерной химии позволило сначала создать искусственные целлюлозные волокна, а затем и синтетические.

и изучение новых органических веществ и организация и расширение собственного производства мовеина и других красителей.

Перкин получил новый краситель нитрозоафталин, синтезировал первые азосоединения, ставшие основой для самого многочисленного класса азокрасителей, получил патент на синтез первых сульфированных азокрасителей (прототип прямых и кислотных красителей).

Перкин продолжал опыты с анилином с примесью толуидина и получил краситель маджента (фуксин), а также анилиновый краситель, который Хофман назвал розанилин. Еще раз отмечу, что мадженту синтезировал и Я.Натансон.

Малый семейный бизнес

Первое в мире производство синтетического красителя Перкин создавал в непростых условиях. Его проект кажется почти безумным, если учесть тогдашнее состояние коксохимии, органической химии, а также уровень теории и практики колорирования. Проблемы, возникающие при создании нового производства на пустом месте в период становления капитализма, в общем, одинаковы — они хорошо известны современным россиянам. Необходимо найти начальный капитал для проекта; получить гарантии, что потребители (текстильные фабрики) проявят интерес к новой продукции и будут покупать ее в достаточном количестве; найти или произвести доступное по цене сырье (полупродукты — анилин, толуидин и т.д.) в нужном количестве; выбрать подходящее место для строительства; разработать технологию производства. Весь этот маршрут семья Перкин прошла очень быстро.

Восемнадцатилетний Уильям не имел никакого опыта химического производства, у него не было достаточных знаний в технологии колорирования. То, что он собирался создать, до него не существовало. Это был рискованный венчурный проект. Но он был молод, полон идей и амбиций, и рядом с ним была его дружная семья. Главным помощником Перкина стал старший брат, отец тоже не испугался риска и вложил в семейное дело большую часть своих скромных накоплений. Это был, по существу, малый семейный бизнес, из которого потом выросла вся мировая анилиноокрасочная отрасль химической промышленности. Завод, а правильнее сказать, заводик фирмы «Perkin and Sons» построили уже в 1857 году.

По ходу дела отбирали поставщиков сырья, совершенствовали аппаратуру и технологии синтеза, отработывали технологии колорирования (крашения и печатания) и многое другое. Через

семь месяцев после окончания строительства завода текстильные фабрики Англии стали получать первые партии нового красителя.

Производство мовеина началось в 1858 году, достигло пика в 1862-м и практически прекратилось к 1873 году, поскольку появились новые синтетические красители. Многие из них синтезировал У.Г.Перкин, он же предлагал новые решения по совершенствованию технологии колорирования и использования различных протрав для более стойкой окраски.

У.Г.Перкин 17 лет занимался производством синтетических красителей, внедрял их в текстильную промышленность. Очень важно отметить, что еще тогда, 150 лет назад, Перкин придумал осуществлять технологическое сопровождение своей продукции, то есть контролировать и совершенствовать применение красителей на текстильных фабриках. Кстати, российские производители и сегодня делают это недостаточно эффективно, потому и проигрывают зарубежным фирмам.

Через 17 лет после начала производства У.Г.Перкин решает уйти из бизнеса. Они с братом продают свою фирму за 105 000 английских фунтов, и Перкин, вполне обеспеченный человек, возвращается вновь к любимому делу — к научным исследованиям. Второй раз он совершает нетривиальный поступок, непонятный с точки зрения линейной логики. В первый раз он прервал успешную учебу в колледже ради организации производства, второй раз, в 35-летнем возрасте, оставляет собственное производство и вновь возвращается к научным исследованиям. Такие поступки могут совершать только самодостаточные, мужественные личности, хорошо понимающие свое призвание в жизни.

Сам Перкин так объяснил это непростое решение: он достаточно полно реализовал себя в промышленном производстве; постоянное внимание к заводу отвлекало его от научных исследований, а идей было много; производство красителей — дело взрыво- и пожароопасное, а он не мог подвергать этому риску сотрудников; расширение производства требовало

значительного увеличения штата квалифицированных сотрудников, а в Англии в то время не готовили таких специалистов (немецкие профессора, в том числе и В.Хофман, вернулись в Германию, где на подъеме было развитие химии и индустрии); английская патентная практика сильно уступала немецкой и французской, и Перкину все труднее было защищать свои открытия и производство от агрессивной конкуренции зарубежных фирм. Конечно, эти объяснения вполне убедительны, но, думаю, все же перевесил главный мотив — любовь к науке. Как по-другому объяснить, что Перкин построил себе новый, удобный и красивый дом, большую часть которого занимали прекрасно оснащенные исследовательские лаборатории? Круг замкнулся.

Попробуем перечислить те области науки и техники, на которые оказал прямое или косвенное влияние У.Г.-Перкин: синтез органических красителей и пигментов, душистых веществ, чернил для печати, полимеров, адгезивов, лаков и красок, косметических средств, синтетических моющих веществ, синтетических волокон, пестицидов и гербицидов, синтетических лекарств, синтетических взрывчатых веществ. Без всего этого трудно представить современный мир, а ведь все эти направления так или иначе инициировал У.Г.Перкин. К нему применима меткая характеристика, которую дали великому изобретателю Т.А.Эдисону: «Человек, изобретший завтра».

Что еще почитать о красителях:

Read J. Perkin Centenary, London 100 years of Synthetic dyestuff. London, Pergamon Press, 1956, 1.

Czaikowski W.S. Modern Colorants. Vol.3, 1 Edn. London: Blackie Academic and Professional, 1995, 63.

Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Учебник в 3 т. М.: Изд-во МГУ, 2000—2001.



Ледяные узоры высокого давления

О «тонущем» льде

Джек Лондон в рассказе «На Сороковой Миле» описал удивительное явление — донный лед. Этот феномен, со слов очевидца, Лона Мак-Фэйна, выглядел так:

«Бросили мы грести, предоставив лодку течению, а сами свесились по обе стороны и всматривались в сверкающую воду. Знаешь, мне это напомнило те дни, которые я провел с искателями жемчуга, когда мне приходилось видеть на дне моря коралловые рифы, похожие на цветущие сады. Мы увидели донный лед: каждый камень на дне реки был облеплен гроздьями льда, как белыми кораллами.

Но самое интересное было еще впереди. Не успели мы обогнуть порог, как вода вокруг лодки вдруг стала белеть, как молоко, покрываясь на поверхности крошечными кружочками, — как бывает, когда хариус поднимается весной или когда на реке идет дождь. Это всплывал донный лед. Словно лодка продвигалась вперед в густой каше, как клей прилипавшей к веслам».

В это не очень-то верится. Всем известно, что при четырех градусах тепла и нормальном давлении у воды аномальная плотность — при температуре и выше, и ниже ее плотность меньше. В результате при дальнейшем охлаждении этой удивительной жидкости слои с температурой от 0 до 4°С вытесняются вверх, и плотность льда в точке затвердевания равна 0,92 г/см³, то есть на 0,08 г/см³ меньше, чем плотность нижележащей воды.

Однако здравый смысл нас подводит: донный лед действительно существует в природе. При быстром наступлении сильных морозов вода в северных реках может переохлаждаться до отрицательных температур, опускаться вниз в результате перемешивания и там кристаллизоваться на камнях, корягах и даже на взвешенных в воде песчинках. Донный лед легче воды и удерживается внизу, только если примерзает к подводным предметам или грунту. Это кристаллическая модификация водного льда с гексагональной структурой —

единственно возможная на поверхности нашей планеты.

Нечто похожее на лед лежит также на дне океанов, морей и некоторых озер в огромном количестве, но это отнюдь не застывшая чистая вода. Речь идет о кристаллогидратах газов, прежде всего метана и CO₂; с точки зрения специалиста по физической химии, это совсем особые вещества.

Четырнадцать братьев и прочая родня

А возможен ли в принципе тяжелый лед? Чтобы ответить на этот вопрос, следует приглядеться к тому, как вообще устроена твердая вода. И уже первый взгляд на нее показывает, что дело обстоит очень непросто. Сейчас известно целых четырнадцать братских разновидностей кристаллических водных льдов (причем один из них принимает два обличья), а также много аморфных льдов. Столь большое разнообразие структур связано с тем, что эти льды построены не из круглых атомов, а из сильно несимметричных молекул воды. Соединяют же эти молекулы в монолит водородные связи.

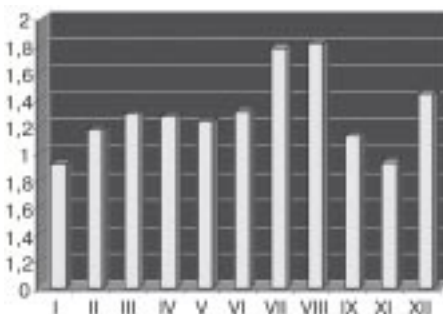
В школьном курсе химии водородная связь предстает как нечто эфемерное и в подметки не годящееся настоящим химическим связям — ковалентной или ионной. Однако именно эта связь придает ледяному кристаллу настолько высокую прочность, что из него можно делать скульптуры и строить чудесные дворцы (см. «Химию и жизнь», 2007, № 1). Во льду на каждую молекулу воды приходится четыре водородные связи. Две из них тянутся от ее атома кислорода к кислородам двух других молекул, а к ее атому кислорода, в свою очередь, протягиваются связи еще двух молекул воды. Эти связи образуют в пространстве разные узоры, поэтому разнообразие льдов получается большим.

Дополнительные нюансы вносит и расположение атомов водорода. Когда молекула воды одна-одинешенька, не возникает вопрос, где находятся ее атомы водорода. Когда же эта молекула пришла в соприкосновение с другими, да еще объединилась с ними в кристалл, этот вопрос уже не кажется лишенным смысла. В самом деле, у каждого кисло-

рода теперь не две, а четыре связи. И где именно находятся родные ему водороды? Казалось бы, ответ очевиден — это те, что ближе. А где гарантия, что он не стянул протоны у соседней молекулы? Связи-то эквивалентные. Это рассуждение позволяет сделать вывод, что на каждой межкислородной связи имеется по два положения для протона. Одно из них всегда занято, другое свободно, но какое именно? Тут возможны варианты. Если протоны занимают определенные места в соответствии с какой-то закономерностью, лед будет протонупорядоченным. Как правило, при таком упорядочении резко, в десятки раз, меняется диэлектрическая проницаемость льда и несколько уменьшается плотность. Когда же вероятности протона занять то или иное место равны, лед будет неупорядоченным.

Закономерность в расположении протонов должна подчиняться предложенному в тридцатые годы правилу Бернала — Фаулера. В соответствии с ним для того, чтобы лед можно было назвать протонупорядоченным, нужно, чтобы, во-первых, около каждого атома кислорода находились два и только два атома водорода, которые соединены с этим атомом ковалентными связями; во-вторых, на каждой водородной связи размещается один и только один атом водорода. При нарушении первой части этого правила возникают ионные дефекты, то есть вместо молекулы воды появляются ионы гидроксония H₃O⁺ либо гидроксильная группа OH⁻. При нарушении второй части — дефекты Бьеррума, когда на месте водородной связи есть два либо нет ни одного атома водорода.

1
Плотности кристаллических льдов (измерения проведены на льдах из тяжелой воды)





ЦИКЛ ВОДЫ

Вот так и возникло более дюжины видов льда, различающихся строением кислородного каркаса и порядком расположения протонов. Кстати, полиморфизм льда в конце XIX века открыл Густав Генрих Тамман, наш соотечественник (родился в 1861 году в Ямбурге, ныне Кингисепп). А большинство видов льда обнаружил в 1910–1930 годы американец Перси Уильямс Бриджмен, замечательный физик-экспериментатор и философ.

Водные кристаллические льды по сложившейся традиции обозначают римскими числами, которые присваивали им в порядке обнаружения, аморфные же льды называют аббревиатурами. Например, АЛВП — аморфный лед высокой плотности, АЛНП — аморфный лед низкой плотности и так далее. Плотности льдов можно увидеть на рисунке 1.

Льды нормального давления

Не следует думать, что все разнообразие льдов или хотя бы его часть можно получить в нормальных, привычных нам условиях, скажем, заморозив воду до крайне низкой температуры. Нет. При нормальном давлении всегда будет получаться один-единственный лед I_h с гексагональной структурой, подобной пчелиным сотам (рис. 2). Именно этот лед мы наблюдаем в природе и в собственном холодильнике. Протоны в нем не упорядочены, то есть способны занимать какие угодно места на соединяющих атомы кислорода водородных связях. При этом это состояние лед I_h сохраняет при охлаждении вплоть до абсолютного нуля.

А можно ли добиться у этого льда порядка? Да, для этого существует хитрый способ: добавить в воду немного щело-

чи. Тогда при затвердевании в структуре льда получают дефекты в виде ионов гидроксидов. Из-за этого молекулы воды обретают некоторую степень свободы, например им будет проще поворачиваться. Такой дефектный лед I_h при глубоком охлаждении, ниже 72K при нормальном давлении, упорядочивается и становится льдом XI, в котором протоны упорядочены. У него ромбическая кристаллическая решетка, а структура, если взглянуть вдоль одной из осей, гексагональная, как у I_h . Лед XI зарождается сразу во многих центрах, и в результате монокристалл льда I_h превращается в поликристалл. Скорее всего, эти кристаллики нового льда возникают около гидроксильных дефектов.

Льды быстрого охлаждения

При нормальном давлении можно получить и кубическое обличье льда I. Такой лед не вырастет из гексагонального при глубоком охлаждении, для этого требуется идти другим путем, а именно — очень быстро охладить жидкую воду до низкой температуры. Например, заморозить ее на чрезвычайно холодной металлической пластине (с температурой 163–183K) или охладить эмульсию капель до 150–190K за десятитысячные доли секунды. При отогревании, достигнув температуры 193K, метастабильный кубический лед I_c превращается в стабильный гексагональный. Лед I_c порой появляется и при замораживании воды в капиллярах, чему, видимо, способствует взаимодействие воды с материалом стенки и наследование его структуры.

Кстати, аналогичным способом — быстрым охлаждением — получают и аморфные льды. В этом ничего удивительного нет, почти любое кристаллическое вещество можно быстрым охлаждением из расплава перевести в метастабильное аморфное состояние. Именно при осаждении водяного пара на медную пластинку, охлажденную ниже 163K, впервые был получен аморфный лед с плотностью 0,93 г/см³, он же аморфная твердая вода, или стеклообразная вода. Если менять температуру подложки и скорость осаждения, то можно получать и лед другой плотности. Так, при 77K и скорости осаждения 10 мг в час получается лед плотности 0,94 г/см³, а при 10K и скорости 4 мг в час — 1,1 г/см³, причем его структура, хоть и лишенная дальнего порядка, оказывается гораздо сложнее, чем у предыдущего аморфного льда. До сих пор неясно: одна и та же модификация аморфного льда (с плотностью 0,94 г/см³) образуется при нагревании АЛВП и при осаждении из пара или они различаются?

Самый тяжелый из аморфных льдов получают, однако, из льда I_h . Для этого кристаллический лед охлаждают до 77K,

а потом сдавливают. Когда давление достигает интервала 1–1,5 ГПа, объем образца резко уменьшается — это означает, что кристаллическая структура как-то перестроилась. Как именно — показывает рентгеновское исследование порошка полученного льда: дальний порядок в расположении молекул воды оказывается разрушенным и получается аморфный лед, причем при возврате к атмосферному давлению порядок не восстанавливается. Плотность такого льда при давлении 1 ГПа равна 1,3 г/см³, а при нормальном давлении — 1,17 г/см³. Если лед высокой плотности нагреть при нормальном давлении, он не превратится в исходный лед I_h , а вместо этого станет еще одной модификацией аморфного льда, на сей раз с низкой плотностью, 0,94 г/см³. Этот лед при дальнейшем нагревании в районе 150K закристаллизуется, но опять не в исходный лед I_h , а примет кубическое обличье льда I_c . Вот так, однажды загнав систему в сильно неравновесное состояние, никак не удается вернуть ее в состояние стабильное.

С аморфными льдами можно ставить и другие интересные опыты, превращая их в новые льды. В частности, одно из таких превращений приводит к получению аморфного льда сверхвысокой плотности: при атмосферном давлении она равна рекордным 1,25 г/см³.

Тяжелые аморфные льды вполне могли бы утонуть в обычной воде, но этого не случается: слегка нагретшись, они превратятся в кристаллический лед, плотность которого окажется меньше водяной, и тот, не успев растаять, всплывет вверх. Обратите внимание, что слово «плавление» к аморфному льду неприменимо, поскольку этот процесс происходит в интервале температур, что по-английски называется «softening» (размягчение). Но мы рискуем использовать для него слово «таяние», как и для кристаллических льдов. С таянием аморфных льдов связана одна из тех загадок, что не дают спать многочисленным исследователям замерзшей воды.

Глядя на диаграмму состояния льда, то есть на зависимость его структуры от температуры и давления, можно увидеть очень интересную особенность. Оказывается, граница между аморфными льдами низкой и высокой плотностей протягивается и в область жидкой фазы. Получается, что при плавлении каждого из этих льдов должна получаться соответственно менее и более плотная вода, причем разница удельных объемов у этих двух вод может достигать 20%. Температура же этого плавления лежит в интервале от 130 до 200K (в зависимости от давления). Можно предположить, что есть еще точка, где сосуществуют три жидких фазы: две соответствуют размягченному АЛНП и АЛВП, и одна — обычной жидкой. Ее координаты — 0,1 ГПа и

2

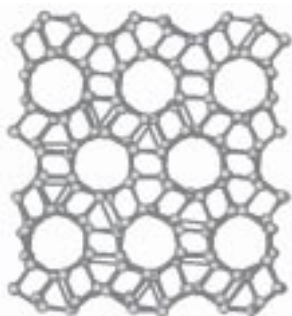
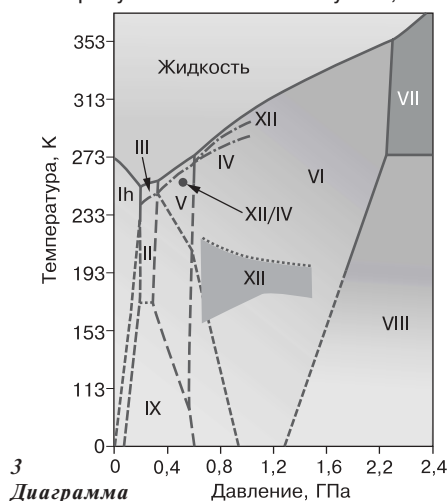
Структура льда I_h



200K. Одну из научных статей с описанием этого интересного гипотетического явления автор так и озаглавил: «Две воды и без льда, будьте любезны». Возможна ли такая ситуация в реальности? Пока неизвестно. К сожалению, довести аморфные льды до прямого превращения в жидкость не удастся; при нагреве до примерно 150K они становятся кристаллическим льдом. А он тает при гораздо более высокой температуре.

Давление порождает тяжелые льды

Читатель уже, наверное, и сам догадался, что игры со льдами, как правило, связаны с их охлаждением до температур сухого льда, жидкого азота, а то и гелия, а также со сжатием до давления в тысячи атмосфер. Общее представление о результатах можно получить, гля-



4
Лед II

дя на рисунок 3, где показана диаграмма состояния кристаллических льдов. Детали же таковы.

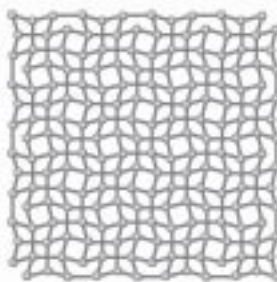
Многие льды высокого давления можно сохранить и при нормальном давлении. Для этого их охлаждают в жидком азоте, а затем давление сбрасывают. Именно на таких закаленных льдах и были проведены основные исследования. Они показали, что их строение весьма разнообразно.

Структуру первого льда высокого давления, льда II, определили на заре исследований в этой области, когда появились первые мощные приборы для рент-

геноструктурного анализа, а именно в 1964 году. Как оказалось, этот лед состоит из полых колонок, образованных шестизвенными гофрированными циклами. Каждая колонка окружена шестью такими же колонками, сдвинутыми друг относительно друга на треть периода. Структуру этого льда можно получить, если часть сот льда I_h развалить и превратить их в ажурные каркасы, связывающие остальные соты (рис. 4). При этом размер получившихся шестигранных каналов сильно увеличивается — именно у льда II самые широкие каналы, их диаметр составляет 3Å. В таких каналах могут располагаться атомы гелия, неона и даже молекулы водорода.

Главная странность, связанная с льдом II, состоит в том, что в чистом виде его никто не получал — он стабилизируется в присутствии следовых количеств газов. Если, например, давление создают с помощью гелия, он неизбежно растворится в замерзающей воде. Есть сведения, что аргон — другой инертный газ, пригодный для использования в этой установке, — тоже способен дать твердые растворы. А расположен лед II на диаграмме состояния между льдом III и льдом IX. Они различаются между собой упорядочением протонов, кислородный же каркас у них одинаков: спирали из одних молекул воды, как будто нанизанные на оси из других молекул воды (рис. 5). Исследования льда III проводить сложно: нет никакой возможности его закалить. При охлаждении до температуры жидкого азота, 78K, он неизбежно упорядочивается и становится льдом IX. Расположение льда II с его оригинальной структурой между двумя столь похожими льдами представляется не совсем законным, однако исследователи все-таки считают его настоящим льдом.

5
Льды III и IX обладают одинаковыми каркасами



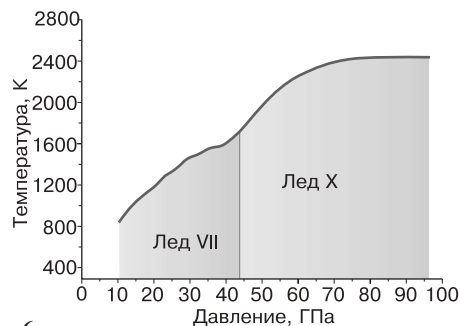
Получить гидраты того же гелия на основе льда II можно двумя способами. Во-первых, приложить (в атмосфере гелия) к воде давление в 0,28–0,5 ГПа и охладить ее до 250–270K. Хотя в этой области диаграммы стабильны льды III и V, получится гидрат на основе льда II. Что интересно, протоны в нем уже упорядочены. (Обычно они упорядочиваются только при сильном охлаждении уже получившегося льда.) Во-вторых, можно растворить гелий во льду I_h при низкой температуре и давлении 0,3 ГПа.

Появление гелия приводит к расширению кристаллической решетки, и затем ее нагрев до 180K помогает пройти структурному превращению.

Относительная легкость получения твердых растворов в льду II, а также его высокий потенциал в качестве хранилища газообразного водорода (одна молекула газа на шесть молекул воды) привлекают к нему внимание ученых-практиков: сейчас активно обсуждается возможность его применения в водородной энергетике.

Порядок среди протонов

Точно так же, как нельзя закалить лед III, невозможно закалить и лед VII — он всегда будет превращаться в лед VIII с упорядоченным расположением протонов. Со льдом VII связана такая любопытная история. Согласно диаграмме состояния, при высоком, свыше 30 ГПа, давлении его температура плавления сильно возрастает — до 1600K (рис. 6). Однако при таких давлениях и температурах жидкой воды уже нет, есть сверхкритический флюид. Получается, что с этим льдом возможен необычный фазовый переход — из твердого вещества сразу во флюид и обратно. В связи с развитием сверхкритических технологий этот процесс может представлять некоторый интерес. В недрах Земли такие температуры и давления не редкость, значит, вода там может оказаться не в виде жидкости или флюида, а в твердом состоянии, на что исследователей, не знакомых с учением о льде, может и не рассчитывать.



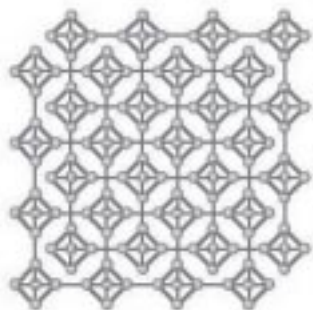
6
Линия плавления льдов VII и X в области высоких давлений

Структуры льдов VII и VIII представляют собой два каркаса льда I_c , вставленных друг в друга. В результате получается полноценная объемноцентрированная кристаллическая решетка. Различие между каркасами таково: молекулы, входящие в каркас, связаны друг с другом водородными связями, а сами каркасы друг с другом не связаны никак. По мере увеличения давления расстояние между атомами кислорода будет уменьшаться. И однажды окажется, что энергия нахождения протона посередине этой связи будет самой маленькой по сравне-

нию с другими местами. В результате получится структура льда X. Это совсем необычный лед: в нем молекулы воды утратили свою индивидуальность. В то же время это фактически предельный лед — атомы кислорода у него выстроены в правильную решетку, протоны упорядочены. Единственное, что от него можно ожидать, — это переход к более плотной решетке. И намеки на это имеются: при дальнейшем увеличении давления плотность льда X сначала растет плавно, а затем меняется скачком. Тем не менее провести исследования структуры как льда X, так и этой модификации высокого давления пока не удалось.

Льды V и VI

Однако вернемся к не столь большим давлениям. В этой области стабильны льды V и VI. Они обладают самыми напряженными структурами среди всех кристаллических льдов. Например, в льде V углы между соседними атомами кислорода составляют от 86 до 132°, что силь-



7
Лед VI
состоит из двух вставленных друг в друга каркасов, между которыми нет водородных связей

но отличается от валентного угла в свободной молекуле воды (105°). Такая структура обладает большим запасом энергии. Видимо, поэтому охлаждением не удастся добиться того, чтобы все протоны заняли свои места: этот лед всегда остается не до конца упорядоченным.

У льда VI вообще нет никакого желания упорядочивать свои протоны. Структура же его, как и льдов более высокого давления, представляет собой два вставленных друг в друга каркаса (рис. 7). У этого льда есть интересная особенность: основу его структуры составляют гексамеры — блоки из шести молекул воды. Их конфигурация в точности повторяет строение устойчивого кластера воды, которую дает расчет. Исследователи полагают, что такие кластеры присутствуют в водяном паре, особенно при высоком давлении. Тогда лед VI можно считать конденсатом этих устойчивых кластеров.

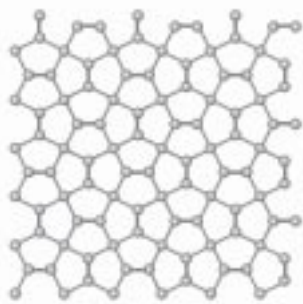
Метастабильные льды

Помимо стабильных, есть и два метастабильных льда, IV и XII. Лед IV заме-

тили еще во время первых работ по созданию диаграммы состояния льда. Он получается вместо льда V или VI при замерзании переохлажденной воды в соответствующем интервале давлений. Как видно из рисунка (см. анонс статьи), этот лед обладает самой красивой структурой.

Вообще-то обычно при застывании переохлажденной воды возникает сразу несколько метастабильных льдов, но лишь лед IV существует достаточно долго, чтобы его можно было исследовать, остальные же переходят в стабильные фазы за считанные секунды. Один из таких метастабильных льдов — это лед XII (рис. 8). В 1998 году его случайно открыли Джон Финни с коллегами, изучая гидраты аргона. Они медленно охлаждали тяжелую воду в атмосфере аргона при 0,55 ГПа и температуре 260K и неожиданно получили новую модификацию льда.

А спустя два года оказалось, что лед XII существует не только в узкой полоске вблизи линии холодной воды, но и в



8
Лед XII

большой области низких температур в районе стабильности льда VI. Правда, попасть туда с помощью охлаждения нельзя. Для этого надо сжимать лед I_h до давления 1,8 ГПа при температуре жидкого азота. Обычно при этом получается аморфный лед высокой плотности. Однако в одном из опытов М.Коза с коллегами получили кристаллический лед. Как оказалось, дело было в несовершенстве аппаратуры. Во время сжатия возникали внезапные скачки давления, которые сильно нагревали образец, местами до 260K. Этот-то нагрев и приводил к кристаллизации аморфного льда. Несмотря на то что энергия льда XII оказывается выше, чем у стабильного льда VI, он, образовавшись, ведет себя как вполне стабильная фаза. В конце концов, алмаз при нормальных условиях тоже метастабилен, но это не мешает ему существовать миллионы лет, не превращаясь в стабильный графит.

Что за льды есть в природе?

Конечно, человеку проще всего встретить лед I_h. С остальными он, как правило, не сталкивается. Однажды было



ЦИКЛ ВОДЫ

высказано предположение, что за долгие миллионы лет лед I_h Антарктиды или Гренландии мог превратиться в протоупорядоченный лед XI. Однако тщательное изучение кернов, извлеченных из глубин ледяных щитов, эту гипотезу не подтвердило. Есть разговоры и о том, что в результате надвигания материковых плит, когда возникают гигантские давления, может образовываться и накапливаться в огромных количествах лед VII, но эта гипотеза не подвергалась экспериментальной проверке. Некоторые редкие виды гало вокруг Солнца и Луны удается объяснить присутствием в атмосфере необычных льдов, в частности льда I_c. Другим свидетельством существования такого льда в воздухе служат странные снежинки, в которых оси соседних сросшихся кристалликов составляют 70°: зародышем для таких снежинок мог стать кристалл льда I_c.

На планетах Солнечной системы может встретиться больше разных льдов, особенно на покрытых ледяным щитом спутниках Юпитера и Сатурна. Расчет плотности и тепловых потоков с поверхности спутников позволяет прийти к выводу, что у Ганимеда и Каллисто должна быть ледяная оболочка, в которой чередуются льды I, III, V и VI. У Титана льды образуют не кору, а мантию. Ее внутренний слой состоит из льда VI, других льдов высокого давления и клатратных гидратов, а сверху расположен лед I.

В общем, кристаллические льды высокого давления могут быть широко представлены в Солнечной системе, и человек, приступив к их освоению, неизбежно столкнется с этими веществами. «Я много лет исследую льды и не перестаю удивляться: насколько разнообразны те структуры, которые может порождать вода. Воистину, как писал Пиндар, это самое благородное вещество на Земле», — говорит доктор химических наук Г.Г.Маленков из Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина. Его обзор, написанный в соавторстве с кандидатом физико-математических наук Е.А.Желиговской («Успехи химии», 2006, №1), послужил основой для этой статьи.

В оформлении статьи использованы результаты компьютерного моделирования структур льда, полученные Г.Г.Маленковым и его сотрудниками.



Полоний: что нового?

И.А.Леенсон

В предыдущем номере было рассказано об открытии полония, его изотопах, нахождении в природе, радиоактивных превращениях и оценена вероятность попадания природного полония в организм человека. Причем речь шла о людях, не занятых на урановых рудниках и не работающих с радионуклидами уранового ряда. Среднее содержание урана в земной коре — $3 \cdot 10^{-4}$ % по массе. В некоторых минералах уран встречается вместе с кальцием, а иногда частично замещает его в кристаллической решетке, так как их ионные радиусы близки. Таким образом, и в известняке, и в доломите, и в апатите могут в принципе содержаться весьма незначительные примеси урана. Все упомянутые минералы прямо или опосредованно применяются в сельском хозяйстве. Известняк и доломит — для раскисления почв, апатит — для получения минеральных удобрений (суперфосфатов). Таким образом, какие-то количества урана могут попасть на поля, а оттуда — в сельскохозяйственные растения. Как уже упоминалось, на тонну урана в минералах приходится менее 0,1 мг полония, или 1 атом полония на 12 млрд. атомов урана. Это даже не иголка в стоге сена, а иголка в целом поле, заваленном сеном! Значит, в растение, выросшее на почве, куда с удобрениями попало немного урана, могут попасть в худшем (для нас) случае, вероятно, уже не микро-, а фемто- или даже аттограммы ($1 \text{ ат} = 10^{-18} \text{ г}$) полония, и пока продукты дойдут до потребителя, от них ничего не останется. Можно сделать и другую оценку. В книге Дж.Эмсли «Элементы» сказано, что в организме среднего человека содержится 0,1 мг урана. Значит, если бы между ним и ^{210}Po сохранялось радиоактивное равновесие, в человеке полония было бы в 10^{10} раз меньше, то есть 10^{-11} мг. Но достижение равновесия лимитируется ураном-234 (с периодом полураспада 250 000 лет). Кроме того, продукты превращения ^{238}U и других членов ряда постоянно выводятся из организма. Так что неудивительно, что в упомянутом справочнике Дж.Эмсли

о полонии говорится: «Содержание в человеческом организме: нулевое».

Однако возможен другой механизм «отравления» полонием. Считается, например, что при курении он попадает в организм курильщика. Как это может случиться? Вот что говорит об этом в своем учебнике химии профессор Реймонд Чанг из Массачусетса. Известно, что при выращивании табака в почву вносят много фосфатных удобрений. Если в них попадет один из продуктов распада — радий, то он в почве будет медленно превращаться в радон. Газообразный радон концентрируется в почве и в приповерхностном слое воздуха под воздушным «куполом», который образован табачными листьями (см. фото). Дочерние продукты распадающегося радона прочно приклеиваются к поверхности листьев и проникают в них. Далее они быстро образуют радиоактивный свинец-210. Постепенно его концентрация достигает довольно высоких значений. При курении человек вдыхает с дымом мельчайшие твердые частицы, содержащие ^{210}Pb , которые оседают в дыхательных путях, а затем переносятся в печень, селезенку и в костный мозг. Медленно распадаясь, ^{210}Pb превращается в ^{210}Po , и это происходит в течение всего периода, когда человек курит. Постоянное облучение упомянутых органов и костного мозга увеличивает вероятность возникновения рака у курильщика.

Чтобы такой механизм сработал, в удобрение должен попасть не сам уран, а радий. Возможность этого процесса зависит от того, какие именно ископаемые были использованы для получения фосфатных удобрений и какова была технология их переработки.

Получение полония

Полоний (речь идет только о его изотопе ^{210}Po) можно получить из природных источников или синтезировать. Первый способ малопродуктивен, но когда-то он был единственным. При переработке урановых руд 90% полония остается в отвалах гидратированного кремнезема, из кото-

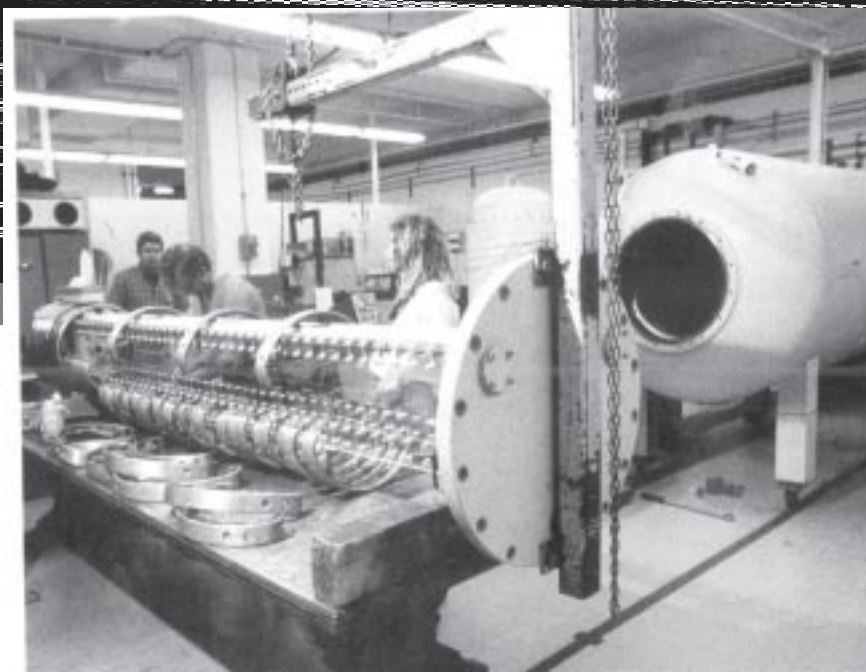
рого его очень трудно извлечь. Поэтому используют другой метод: выделяют из руды предыдущие члены радиоактивного ряда и ждут, пока в них в результате распада накопится достаточно полония. Так, если выделить значительные количества ^{210}Pb (этому способствует его большое время жизни), то из него периодически можно «вылавливать» ^{210}Po путем отгонки. Когда-то применяли такой способ: выделяющийся из радия газообразный радон запаивали в стеклянные ампулы, и после полного его распада (на это требовалось чуть больше месяца) в них появлялся тот же ^{210}Pb . Можно отметить в связи с этим, что дочь Марии Кюри Ирэн в 1925 году защитила докторскую диссертацию, посвященную α -излучению полония. Она и ее муж Фредерик (в будущем оба — лауреаты Нобелевской премии по химии) располагали мощным для того времени полониевым источником α -частиц.

Сейчас ^{210}Po синтезируют путем облучения нейтронами природного висмута, который содержит только нуклид ^{209}Bi , в ядерных реакторах (промежуточно образуется β -активный изотоп висмута-210): $^{209}\text{Bi} + n \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} + e^-$ (период полураспада ^{210}Bi равен 5 суткам). При этом



Табачное поле

Окончание, начало см. в №1, 2007



Современный масс-спектрометр в процессе сборки

интенсивность нейтронного потока должна быть исключительно высокой. Так, если на 1 см^2 каждую секунду будет попадать 500 млрд. нейтронов, то через месяц облучения в 100 г висмута образуется только 2 мкг полония. Увеличение плотности нейтронного потока до 100 трлн. в секунду даст в том же количестве висмута за месяц 0,4 мг ^{210}Po . Далее полоний можно отделить от висмута отгонкой в вакууме при нагревании — как это делала Мария Кюри. Чистый полоний получают гальваническим методом, осаждая его из раствора в азотной кислоте на катоде. Эти данные наглядно показывают огромные трудности синтеза граммовых и даже миллиграммовых количеств полония.

Первый образец чистого полония был получен только в марте 1944 года в Дейтоне (штат Огайо). В России методику выделения полония разработала Зинаида Васильевна Ершова (1905–1995). В 1937 году она была командирована в Париж, в Институт радия в лабораторию Марии Кюри (руководимую в то время Ирэн Жоллио-Кюри). После этой командировки коллеги стали называть ее «русской мадам Кюри». Под научным руководством З.В.Ершовой в СССР было создано постоянно действующее, экологически чистое производство полония, что позволило также реализовать программу запуска луноходов, в которых полоний использовали как источник тепла.

Полоний-210 — предпоследний перед свинцом член радиоактивного ряда урана — радия. Зная его период полураспада, нетрудно подсчитать, что каждые сутки распадается примерно 0,5%

полония и образуется столько же свинца. Если с образцом полония после его синтеза не проводили никаких манипуляций, то, проанализировав этот образец на содержание полония и свинца, можно определить, как давно этот образец был получен. Например, через 4,5 месяца число атомов полония и свинца в образце сравняются, через 9 месяцев свинца будет уже втрое больше и т. д.

Для получения более долгоживущих изотопов ^{208}Po и ^{209}Po можно использовать ядерные реакции $^{207}\text{Pb} + \alpha \rightarrow ^{208}\text{Po} + 3n$, $^{209}\text{Bi} + p \rightarrow ^{208}\text{Po} + 2n$, $^{209}\text{Bi} + d \rightarrow ^{208}\text{Po} + 3n$, $^{209}\text{Bi} + p \rightarrow ^{209}\text{Po} + n$, $^{209}\text{Bi} + d \rightarrow ^{209}\text{Po} + 2n$, где d — ускоренные дейтроны (ядра дейтерия), облучение природного висмута проводят в циклотроне. Все эти методы позволяют получить лишь ничтожные количества ^{208}Po и ^{209}Po , достаточные только для изучения их радиоактивных свойств.

Свойства полония

Полоний — один из самых опасных радиоэлементов. Эксперименты с ним требуют соблюдения строжайших мер безопасности. Исследователь должен быть надежно защищен от попадания даже малейших следов этого элемента в дыхательные пути, в пищеварительный тракт. Недопустим также контакт полония или его химических соединений с кожей. Несмотря на все эти трудности, физические и химические свойства полония и его соединений изучены. Полоний — мягкий серебристо-серый металл, похожий на свинец, с температурой плавления 254°C . Это тяже-

лый металл, его плотность близка к $9,5 \text{ г/см}^3$ — больше, чем у меди, но меньше, чем у серебра. Кстати, плотность полония определена не непосредственным измерением, а путем рентгенографического определения параметров кристаллической решетки. Это — следствие высокой радиоактивности: она не позволяет получать значительные количества компактного металла, плотность которого можно было бы определить непосредственно. Непрерывная бомбардировка α -частицами собственной кристаллической решетки полония приводит к тому, что каждый ее атом в среднем раз в сутки меняет свое место. Это делает рентгенограммы полония размытыми и затрудняет их расшифровку. Тем не менее исследователи сумели установить, что существуют две кристаллические модификации полония. Низкотемпературная кубическая модификация (ее плотность 9,496) при нагревании выше 36°C переходит в гексагональную (плотность 9,398).

Известно, что препараты радия ($t_{1/2} = 1600$ лет) у Марии Кюри светились в темноте. Что уж говорить о полонии-210! Он не только светится, но и очень сильно нагревается за счет поглощения собственных α -частиц, несущих огромную энергию. Ведь при равных массах полоний в 4500 раз активнее радия. Кусочек полония размером с наперсток выделяет около 2 кВт тепловой энергии. Огромное тепловыделение помогает определять количества полония-210 по скорости выделения теплоты, но этот способ удобен, если полония достаточно много — более 0,1 мг.

Если получить весомые количества полония, от них необходимо непрерывно отводить теплоту, иначе полоний расплавится, а затем испарится. Но даже когда от образца эффективно отводят тепло, от его поверхности отрываются микрочастицы металла. Поэтому металлический полоний легко образует в воздухе мельчайшие частицы аэрозоля, что резко увеличивает опасность работы с ним. Этот эффект типичен для сильно радиоактивных металлов и объясняется быс-

трым накоплением на них отрицательных зарядов при вылете в воздух положительно заряженных α -частиц. Кроме того, осевшие на мельчайших частицах пыли атомы полония в результате механической отдачи при вылете α -частиц приводят к тому, что такие пылинки совершают «прыжки» и потому способны отрываться от поверхностей, на которые они осели.

Полоний кипит при сравнительно невысокой температуре — 949°C , и это определяет его летучесть (для сравнения: температура кипения свинца — 1710°C , олова — 2360°C). В парах полоний находится в виде молекул Po_2 . Летучесть полония облегчает его очистку, а также перемещение микроколичеств металла из одной части аппаратуры в другую путем их нагрева и охлаждения. При 25°C с 1 см^2 поверхности металла испаряется в секунду более 100 млн. атомов, создавая в замкнутом объеме давление пара 10^{-11} мм рт. ст. А вблизи температуры плавления с той же поверхности за 1 секунду испаряется уже 10^{17} атомов полония, создавая смертельное для человека давление паров 10^{-3} мм рт. ст. При таком давлении в литре воздухе содержится 6,4 мкг полония, а смертельная доза составляет порядка 0,1 — 0,2 мкг. Так что с ощутимыми количествами полония работать трудно.

Для изучения химических свойств полония применяется только его изотоп ^{210}Po . Более долгоживущие изотопы для этой цели не используются: получить их трудно, а химические свойства одинаковы. По химическим свойствам полоний несколько похож на висмут, а также на свой ближайший аналог — неметалл теллур, и проявляет типичные для элемента VI группы степени окисления -2 , $+2$, $+4$, $+6$. На воздухе полоний медленно окисляется (быстро — при нагревании до 250°C) с образованием красного диоксида PoO_2 . При охлаждении до комнатной температуры этот оксид становится желтым из-за перестройки кристаллической решетки. Сероводород из растворов солей полония осаждает черный сульфид PoS . Сульфат полония $\text{Po}(\text{SO}_4)_2$ белого цвета.

В разбавленной соляной кислоте полоний медленно растворяется, образуя розовые растворы (цвет ионов Po^{2+}): $\text{Po} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{PoCl}_2 + \text{H}_2$, однако под действием собственной радиации дихлорид превращается в желтый тетрахлорид PoCl_4 . Разбавленная азотная кислота пассивирует полоний, а концентрированная быстро его растворяет. С неметаллами VI группы полоний роднят реакция с водородом, при которой образуется летучий гидрид PoH_2 (т. пл. -35°C ,

Работа с радиоактивными препаратами — герметичный бокс с прозрачными стенками, герметичные резиновые перчатки. Человек держит кусок плутония-239 — альфа-излучателя с небольшим испусканием гамма-лучей (как и у полония-210). Его период полураспада более 24 тысяч лет, но он всегда теплый из-за саморазогрева

т. кип. $+35^\circ\text{C}$, легко разлагается), реакция с металлами (при нагревании) с образованием твердых полонидов черного цвета (Na_2Po , Ag_2Po , BePo , MgPo , CaPo , ZnPo , HgPo , PbPo , NiPo , PtPo) и реакция с расплавленными щелочами с образованием полонидов и солей полониевой кислоты: $3\text{Po} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{Po} + \text{Na}_2\text{PoO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. С хлором полоний реагирует при нагревании, образуя ярко-желтые кристаллы PoCl_4 , с бромом получаются красные кристаллы PoBr_4 , с йодом уже при 40°C — черный летучий йодид PoI_4 . Известен и белый тетрафторид полония PoF_4 . При нагревании тетрагалогениды разлагаются с образованием более стабильных дигалогенидов — рубиново-красного PoCl_2 и фиолетово-коричневого PoBr_2 . Известны комплексные галогениды, например $(\text{NH}_4)_2\text{PoBr}_6$. В растворах полоний существует в виде катионов Po^{2+} , Po^{4+} , анионов PoO_3^{2-} , PoO_4^{2-} , а также разнообразных комплексных ионов, например PoCl_6^{2-} .

Сильная радиоактивность полония отражается на свойствах его соединений, которые почти все очень быстро разлагаются. Так, практически невозможно получить полониевые соли органических кислот: они обугливаются уже в момент синтеза. Из иодата полония быстро выделяется свободный иод, из аммиачных комплексов галогенидов — свободный металл (восстановителем здесь служит атомарный водород, который образуется при разложении молекул аммиака под воздействием радиации). Из водных растворов соедине-

ний полония медленно выделяются пузырьки газа, а в растворе образуется перекись водорода. И даже в стеклянной посуде с сухим соединением полония из-за α -облучения уже через несколько дней появляются заметные трещины — в тех местах, где вещество соприкасалось со стеклом. Такие стеклянные сосуды становятся очень хрупкими. Если соединение полония содержало воду, она разлагается на кислород и водород, которые в герметичной ампуле повышают давление. Оно повышается также из-за непрерывно образующегося гелия. В результате маленькая ампулка с полонием уже через неделю может взорваться.

Полоний при попадании в организм можно считать одним из самых ядовитых веществ: для ^{210}Po предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе составляет количество, при котором за 1 с в 1 м^3 распадается не более одного его атома. Это соответствует содержанию полония $6 \cdot 10^{-14}\text{ г}$ на 1 м^3 воздуха. Полоний при вдыхании почти в 170 млн. раз «токсичнее» синильной кислоты. То есть при гипотетическом распылении 1 г полония в воздухе ПДК будет превышена в 10 000 кубических километрах воздуха — в слое атмосферы высотой 100 м и площадью 100 тыс. кв. км, что намного больше площади Московской области.

Применение полония

Применение находит только ^{210}Po , его более долгоживущие изотопы прак-



тически недоступны. Удобное время жизни ^{210}Po позволяет использовать его как источник энергии в атомных батареях космических кораблей. В этом отношении он превосходит другие компактные «атомные» источники энергии. Такой источник энергии работал, например, на «Луноходе-2», обогревая аппаратуру во время долгой лунной ночи, когда за бортом было минус 130°C . Полоний может давать не только тепло, но и электроэнергию. Для этого в контейнер с полонием (как правило, используют не чистый металл, а его сплав со свинцом) помещают горячие спаи термопар, тогда как холодные спаи находятся снаружи. Мощность полониевых источников энергии со временем убывает — вдвое каждые 4,5 месяца. Свойство полония ионизировать воздух в очень ограниченных масштабах используют для снятия электростатических зарядов.

Полоний удобно применять для исследования воздействия α -излучения на различные вещества. Как α -излучатель полоний в виде сплава с бериллием применяют для изготовления удобных источников нейтронов: $^9\text{Be} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + n$. Эти компактные источники удобны для определения состава различных материалов (нейтронно-активационный анализ). Но есть у таких источников и другое применение. Так, сообщалось, что в 2004 году инспекторы Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) обнаружили в Иране программу по производству полония. Это привело к подозрению, что он может быть использован для «запуска» с помощью нейтронов цепной ядерной реакции в уране, приводящей к ядерному взрыву.

Неожиданное применение нашел полоний-210 в криминалистике для обнаружения мастерски сделанных подделок картин старинных мастеров. Такая датировка основана на измерении радиоактивности свинцовых белил. Для художников свинцовые белила в течение многих столетий были одним из наиболее важных пигментов (в настоящее время из-за ядовитости соединений свинца ис-

пользуют цинковые и титановые белила). Белила получали из свинцовых руд, которые всегда содержат радиоактивный уран. Один из промежуточных продуктов распада — радионуклид ^{210}Pb .

Идея метода проста. Пока свинец находится в составе руды, происходит как распад ^{210}Pb , так и его непрерывное образование. Поэтому в течение многих тысячелетий его содержание в руде остается постоянным. Но при переработке руды свинец отделяют от других элементов. С этого момента образование ^{210}Pb уже не поддерживается предшествующими радиоактивными элементами, поэтому его содержание, а следовательно, и радиоактивность с годами снижаются. Это позволяет датировать время изготовления белил, вернее, время выделения свинца из руды. В этом смысле анализ по свинцу напоминает известный метод радиоуглеродной датировки древних объектов по углероду-14.

В случае свинца дело осложняется тем, что неизвестно, сколько было ^{210}Pb в конкретной руде в момент ее переработки. Поэтому простое определение остаточного количества ^{210}Pb в белилах мало что дает, и используется другая методика. Суть ее в следующем. При химической переработке руды для извлечения из нее свинца значительная часть других элементов бывает удалена. Значительная — но не вся; например, радий очень трудно отделить от свинца полностью (с этим сталкивалась и Мария Кюри), и в свинце всегда остаются очень малые его количества. В любом случае после извлечения из руды свинца радиоактивное равновесие нарушается: образование ^{210}Pb уже не «поддерживается» малыми количествами радия в нем, так что скорость распада свинца становится значительно больше, чем у радия. Но по прошествии многих десятилетий баланс радий/свинец постепенно будет восстанавливаться, так что лет через 150 — 200 скорость распада этих нуклидов снова станет одинаковой (хотя и значительно меньшей, чем в исходной руде). Этим фактом и можно вос-

пользоваться, чтобы определить, давно ли был добыт свинец. Сделать это можно только с помощью очень чувствительных и небольших по размерам твердотельных детекторов излучения, регистрирующих не только интенсивность, но и энергию частиц и, следовательно, позволяющих отличить одни радионуклиды от других. Однако по чисто техническим причинам вместо измерения активности ^{210}Pb измеряют равную ему активность ^{210}Po . Поэтому на практике измеряют соотношение активностей ^{226}Ra и ^{210}Po .

Этот метод был применен в 1967 году американским исследователем Бернардом Кейшем с сотрудниками. Измерения подтвердили, что в художественных свинцовых белилах, изготовленных в разных странах в XX веке, активность ^{210}Po (а следовательно, и ^{210}Pb) была намного больше, чем радия. Когда удалось достать образцы белил, изготовленных в Англии, Франции и США в XIX веке, оказалось, что активность полония в них также превышает активность радия, хотя уже не так сильно. Наконец, для образцов из XVIII века активности обоих радионуклидов были примерно одинаковыми. Таким способом было доказано, что некоторые картины «старых мастеров», которые до этого считались подлинными, на самом деле — подделки.

Другие долгоживущие изотопы полония пока не получили заметного практического применения из-за сложности их синтеза.

Что еще можно прочитать о полонии:

- Эмсли Дж. Элементы. М.: Мир, 1993.
Вдовенко В.М. Современная радиохимия. М., 1969.
Несмеянов Ан.Н. Радиохимия. М., 1978.
Бэгналл К. Химия селена, теллура и полония. М.: Атомиздат, 1971.
Ампелогова Н.И. Радиохимия полония. М.: Атомиздат, 1976.



ИнформНаука



МИКРОБИОЛОГИЯ

Микробы прячутся в амебах

Многие болезнетворные бактерии обитают в почве и грязной воде. Как паразиты умудряются выживать без своего хозяина там, где им угрожают высыхание, холод, скудное питание и многочисленные пожиратели микробов? Убежище они находят внутри упомянутых пожирателей – простейших (амеб и инфузорий). К такому заключению пришла доктор биологических наук В.И.Пушкарева из НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф.Гамалеи РАМН, обобщив результаты собственных исследований и многочисленные литературные данные. Бактерию, засевшую внутри амебы или инфузории, можно уподобить сказочному персонажу, который весело распекает в животе проглотившего его волка (postmaster@niiem.msk.ru).

Все водоемы, от моря до небольшой лужи, и тонкая водяная пленка, обволакивающая частицы почвы, кишат хищными амебами и инфузориями. Питаются они бактериями, в том числе и возбудителями инфекционных болезней человека, животных и растений. Однако в последние годы ученые убеждаются в том, что простейшие хищники зачастую не уничтожают патогенов, а, напротив, служат для них убежищем. В неблагоприятных условиях простейшие покрываются особой защитной оболочкой, образуя цисты, и в таком виде переживают холод, голод и сушь. Внутри цист неблагоприятные условия переживают и проглоченные, но не переваренные возбудители инфекции. Если же простейшим хорошо и они цист не образуют, бактерии просто живут и размножаются в их клетках.

Внимание специалистов привлекли микроорганизмы, способные суще-

ствовать во внешней среде, — возбудители проказы, чумы, холеры, туляремии, брюшного тифа, сапа и мелиоидоза, листерии, возбудители болезни легионеров и др. Оказалось, что их взаимоотношения с простейшими часто строятся по типу «паразит — хозяин», а не «хищник — жертва». Встретив бактерию, хищная амеба или инфузория обязательно ее проглотят, но дальнейшая судьба микроба зависит от его вирулентности. Штаммы, не вызывающие болезни у человека или животных, хищник, как и положено, переваривает. Обречены и микроорганизмы, не приспособленные к внутриклеточному паразитизму, например стафилококки. А некоторых других бактерий простейшие не переваривают, поэтому такие бактерии могут довольно долго жить и размножаться внутри клетки. Там они ведут себя по-разному. Например, микобактерии не разрушают приютившие их клетки. А взаимоотношения почвенных простейших и возбудителей чумы заканчиваются гибелью простейшего, бактерии же выходят в окружающую среду, где их заглатывают другие инфузории.

Чем больше жизненных циклов бактерий проходят через клетки инфузорий или амеб, тем устойчивее к перевариванию они становятся. Так жизнь среди простейших способствует отбору наиболее вирулентных патогенов. Экологическое и эпидемиологическое значение таких процессов трудно переоценить. Ведь впоследствии эти особо вирулентные возбудители инфекции попадают в организм человека, где на них набрасываются фагоциты — защитные клетки организма, которые должны поглотить незваных гостей. Но между процессами заглатывания и переваривания у простейших и у фагоцитов много общего, поэтому микробы, прошедшие отбор на устойчивость в простейших, выдержат и атаку фагоцитов.

Генетические механизмы, обеспечивающие патогенным бактериям устойчивость к перевариванию простейшими, практически не изучены. Исследования в этом направлении, считает В.И.Пушкарева, весьма актуальны не только для молекулярной генетики и экологии патогенных бактерий, но и для эпидемиологии многих инфекций.

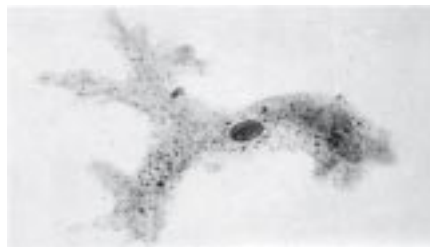
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

Как туберкулез выходит из спячки?

По данным ВОЗ, каждый третий человек на Земле латентно заражен возбудителем туберкулеза. И эта инфекция, долгое время никак себя не проявлявшая, может внезапно активизироваться. Механизмы активации микобактерий — возбудителей туберкулезной инфекции не первый год исследуют в Институте биохимии им. А.Н.Баха РАН. По мнению ученых, в пробуждении возбудителя туберкулеза ведущую роль играют белки семейства *Rpf*. Их секретируют как сами микобактерии, так и родственные им виды (arseny@inbi.ras.ru).

Латентную форму туберкулеза специалисты связывают с переходом возбудителя в некультивируемое состояние. Некультивируемые клетки (НК) очень трудно, а иногда невозможно вырастить в лабораторных условиях, но при этом они, несомненно, живы. Механизмы перехода бактерий в такую форму и обратно изучены еще очень плохо. Так, специалисты Института биохимии выяснили, что в лабораторных условиях возбудители туберкулеза переходят в НК-состояние при недостатке кислорода, но аэрируемая жидкая питательная среда возвращает их к активной жизни.

Пробуждающей активностью обладает бактериальный белок *Rpf*. Чтобы разбудить спящую бактерию, ее нужно поместить в среду, содержащую этот белок. Так получается, если микобактерии культивировать в среде, на которой до того росли активные формы бактерий того же или другого вида. Причем возбудитель туберкулеза пробуждается легче, чем непатогенные формы микобактерий. Погружение же микобактерий в «спячку» сопровождается снижением синтеза белков *Rpf*.





Механизм активирующего действия Rpf пока неизвестен. Ученые предполагают, что белок разрывает толстые клеточные стенки покоящихся бактерий, отчего они становятся более чувствительными к внешним воздействиям. Процедура пробуждения микобактерий, которую исследователи наблюдали в лаборатории, лежит, по-видимому, в основе активации латентного туберкулеза в организме. Это означает, что незначительное количество микобактерий, выделяющих белки Rpf (а такие всегда найдутся в организме латентно зараженного человека, особенно в условиях подавленной по тем или иным причинам иммунной системы), могут стимулировать размножение покоящихся бактерий и развитие болезни.

Этот процесс можно будет затормозить, если найдутся подходящие ингибиторы белков Rpf. Поэтому ученые считают эти белки перспективной мишенью для создания нового класса противотуберкулезных лекарственных средств.

онкология

Опасный свет В НОЧИ

Прошли времена, когда люди ложились и вставали вместе с солнцем. Теперь к их услугам яркий электрический свет в любое время дня и ночи. Но это благо цивилизации имеет и оборотную сторону: ночное освещение вредит здоровью человека. Ночная жизнь под электрической лампочкой вызывает множество серьезных расстройств поведения и физических недугов, включая рак. К такому заключению пришли специалисты ГУН НИИ онкологии им. Н.Н.Петрова Росздрава и Петрозаводского государственного университета, которые несколько лет исследуют влияние ночного освещения на здоровье людей (aging@mail.ru).

Ученые обобщили результаты собственных исследований и обширный зарубежный опыт, данные медицинской статистики и экспериментов, поставленных на грызунах. Вывод таков: постоянный яркий свет угнетает синтез мелатонина, гормона, который влияет на работу эндокринной систе-

мы и препятствует образованию и развитию злокачественных опухолей.

Ночное освещение, часто называемое световым загрязнением, стало почти неотъемлемой частью современной жизни. Яркий электрический свет льется на людей, вынужденных работать в ночную смену, на летчиков и стюардесс, которые часто перемещаются из одного часового пояса в другой, на жителей Севера в полярную ночь и просто любителей ночного образа жизни. Между тем нормальная работа человеческого организма требует регулярной смены дня и ночи, света и темноты. В темноте эпифиз (шишковидная железа) синтезирует гормон мелатонин, воздействие же света в ночные часы этот синтез подавляет. А мелатонин, между прочим, известный биологический блокатор развития злокачественных новообразований.

Чем интенсивнее ночной свет, тем сильнее он угнетает синтез мелатонина, причем голубое освещение действует эффективнее, чем обычное. Некоторые люди более чувствительны к действию ночного освещения, чем другие, а женщины чувствительнее мужчин. Световое загрязнение вызывает у женщин преждевременное старение репродуктивной системы и увеличивает риск развития рака молочной железы и толстой кишки. Но и мужчины не могут чувствовать себя в безопасности. Ночные рабочие и летчики чаще страдают злокачественными опухолями толстой или прямой кишки. Кроме того, беспорядочный световой режим вызывает нарушения сна, желудочно-кишечные и сердечно-сосудистые заболевания, нарушения обмена веществ и, возможно, увеличивает частоту развития диабета.



Данные медицинской статистики подкрепляют и результаты экспериментов на грызунах, которые реагируют на постоянное освещение так же, как люди. Оказалось, что у мышей и крыс в условиях постоянного освещения чаще развиваются злокачественные опухоли. Такие животные более восприимчивы к действию химических канцерогенов и прививке опухолевых клеток. Мыши, больные раком, в условиях светового загрязнения умирают чаще, чем животные с ненарушенной сменой дня и ночи.

Развитие злокачественных опухолей тесно связано с концентрацией мелатонина в сыворотке крови. Обычно концентрация меняется в зависимости от времени суток: ночью она максимальна, днем минимальна. Поэтому мелатонин называют «гормоном сна» и «гормоном ночи». У онкологических больных суточный ритм мелатонина нарушен, а концентрация его в крови ниже нормы. Экспериментируя на животных, и российские, и зарубежные ученые установили, что применение мелатонина тормозит возникновение и развитие опухолей молочной железы, кожи, подкожной клетчатки, легких, эндометрия, печени и толстой кишки. Эти данные хорошо согласуются с результатами клинических наблюдений. Мелатонин продлевает жизнь онкологическим больным, причем не оказывает побочных эффектов.

Влияние мелатонина на канцерогенез многообразно. Он снижает продукцию гормонов, которые способствуют старению и раку, стимулирует систему иммунного надзора, подавляет образование свободных кислородных радикалов и мобилизует антиоксидантную защиту. Мелатонин регулирует клеточное деление и стимулирует апоптоз, тем самым препятствуя возникновению и развитию опухолей. На генетическом уровне он подавляет работу некоторых онкогенов. Возможно, введение мелатонина или пептидных препаратов эпифиза эпителиамина и эпителиона, которые стимулируют продукцию собственного мелатонина в организме, окажется хорошим профилактическим средством для людей, которые вынуждены вести нерегулярную световую жизнь. А любителям ночной жизни лучше отказаться от своей привычки и вовремя ложиться спать.





Сейсмодесант в Калифорнию

Доктор геолого-минералогических наук, профессор Генрих Сенеке-римвич Вартанян — крупный российский специалист, разработавший концепцию гидрогеодеформационного поля Земли и нетрадиционные методы прогноза сильных землетрясений. Он автор научного открытия «явление глобально распространенных быстро протекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере Земли». Многие годы Г.С.Вартанян возглавлял институт ВСЕГИНГЕО (Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии). Семнадцать лет назад ему довелось участвовать в необычной экстренной командировке в США, где произошло мощное землетрясение. Вот как это было.

Трагедия в штате Калифорния случилась 18 октября 1989 года. В Советском Союзе она была воспринята с особой болью. Нам были памятные трагические дни спитакского землетрясения 1988 года в Армянской ССР, унесшего десятки тысяч жизней.



Вскоре после драматических событий в Калифорнии Г.С.Вартаняну позвонили из Министерства геологии СССР, которому тогда подчинялся ВСЕГИНГЕО, и сообщили, что ученого ввели в состав делегации советских сейсмологов. Наших специалистов пригласили в США по договоренности между президентом США Джорджем Бушем (старшим) и президентом СССР М.С.Горбачевым для консультации и обмена мнениями.

Надо заметить, что в те годы выезд советских специалистов за рубеж все еще был связан с непростыми бюрократическими процедурами. Однако делегации из пяти человек, направлявшейся в Калифорнию, была обещана «зеленая улица». Академик В.И.Кейлис-Борок, директор Института теории прогноза, его сотрудник Л.Ландер, а также два специалиста из Института физики Земли, доктора наук Н.В.Шебалин и В.В.Штейнберг, оформили свой выезд через Академию наук СССР, Вартаняну же пришлось оформлять выездные документы самому.

26 октября 1989 года Г.С.Вартанян со скромным багажом прибыл в аэропорт Шереметьево, захватив, разумеется, все, что требовалось для будущей работы в Калифорнии. Когда он с билетом и паспортом, в котором была представлена виза на въезд в США, стал проходить пограничный контроль, ученому вежливо сказали:

— Товарищ Вартанян! Мы не можем допустить вас к полету.

— Почему? — изумился ученый.

— Вам дали американскую въездную визу, но забыли, видимо, оформить выездную — из СССР.



— Но я лечу с коллегами по правительственному соглашению между руководителями СССР и США!

— Хорошо, — ответили ему. — Пройдемте к представителю МИДа для выяснения этого недоразумения.

В соседней комнате Вартаняна подвели к человеку вяляжного вида, одетому с иголки. Попыхивая трубкой, он окинул ученого снисходительно-пренебрежительным взглядом. Потом бегло взглянул на паспорт и вяло произнес:

— Да, у вас нет выездной визы. Это лишает вас права на вылет.

Вартанян не растерялся:

— В поездке заинтересованы прежде всего американцы. Тогда решайте за них. Мои коллеги по делегации уже ждут меня в «боинге». Мы летим одной командой.

— Ладно, будем разбираться, — лениво протянул сотрудник МИДа. Он снял телефонную трубку, кому-то позвонил и коротко изложил суть проблемы. — А пока посидите здесь, — сухо заметил он ученому.

Прошло с полчаса, как вдруг в комнату буквально ворвался какой-то человек в пограничной форме.



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

в Главном департаменте Геологической службы в городе Рестоне, находящемся под Вашингтоном. Ученый пробыл там еще две недели, участвуя в организованных американцами семинарах по прогнозу землетрясений, тогда как его товарищи по командировке покинули США.

А в январе 1990 года во ВСЕГИН-ГЕО приехали из США два сотрудника геологической службы — Анна Ленакс и Роджер Волф, встречавшиеся с профессором Г.С.Вартаняном в Рестоне. Они заключили с институтом договор о научно-техническом сотрудничестве.

Г.С.Вартанян — выпускник геологического факультета МГУ (1953–1958). Мы учились с ним на одном курсе и были близкими друзьями. Сейчас он живет и работает в Канаде, опубликовал несколько оригинальных работ, в том числе две по сейсмопрогнозу: «Флюидосфера и эндодренажные системы Земли как ведущие факторы геологической эволюции» и «Эндодренажная система Земли и сейсмичность: перспективы мониторинга».

Г.С.Вартанян уверен: землетрясения можно заблаговременно предсказывать. Эта задача разрешима, если создать разветвленную сеть контрольных сейсмических станций в странах, где проявляются опасные очаги напряженного состояния в глубинных зонах горных массивов. Подобный мониторинг можно и нужно организовать при совместных усилиях и финансовой поддержке как можно большего числа заинтересованных стран.

Рассказанная выше история — яркое подтверждение высокой авторитетности российских ученых в совсем недавнее время.

Кандидат
технических наук
С.В.Глушнев

На фотографиях представлены последствия землетрясений, случившихся в Калифорнии в разные годы.

— Где профессор Вартанян? На него получено разрешение МИДа, я должен срочно доставить его к самолету.

Возбужденный пограничник чуть ли не за рукав потащил ученого к огромному «Боингу-747», уже целых 45 минут стоявшему на парковочной площадке.

— Я прошу вас, профессор, ускорьте шаг. Нас и так ждут неприятности.

— А я-то здесь при чем? — недовольно буркнул Вартанян.

И действительно, когда «запоздавший пассажир» вошел в салон, он услышал недовольные голоса представителей американской авиакомпании: «Безобразия! Мы будем писать ноту за задержку самолета».

Примерно через пятнадцать часов полета «Боинг-747» с делегацией советских ученых приземлился в Калифорнии, а затем прибывших доставили в город Пало-Альто, где размещалась Западная штаб-квартира Геологической службы США. Каждый командированный принялся за свое направление исследований.

Профессора Вартаняна представили главному специалисту Геологической службы США Джону Бредехофту, который возглавлял научно-исследовательские работы на полигоне Паркфилд. Там американские ученые следили за поведением подземных вод в специальных скважинах, регистрируя сейсмическую активность недр и составляя прогнозы на... два десятилетия вперед.

Советский специалист попросил доктора Бредехофта предоставить ему данные по скважинам за последние несколько месяцев и начал ана-

лизировать эти сведения по своей методике.

Примерно к концу месячного срока, отведенного на командировку, профессор Вартанян ознакомил американских коллег с результатами работы. Составленные им карты и прогнозистические кривые четко зафиксировали приближение драматического события за 45 суток. Американцы же со своими методами его пропустили.

Джон Бредехофт не мог скрыть своего изумления, рассматривая материалы, подготовленные советским специалистом. Американские коллеги, очень заинтересовавшись сообщением Вартаняна, попросили его доложить результаты исследования



Соленая трава

А.В.Киселева

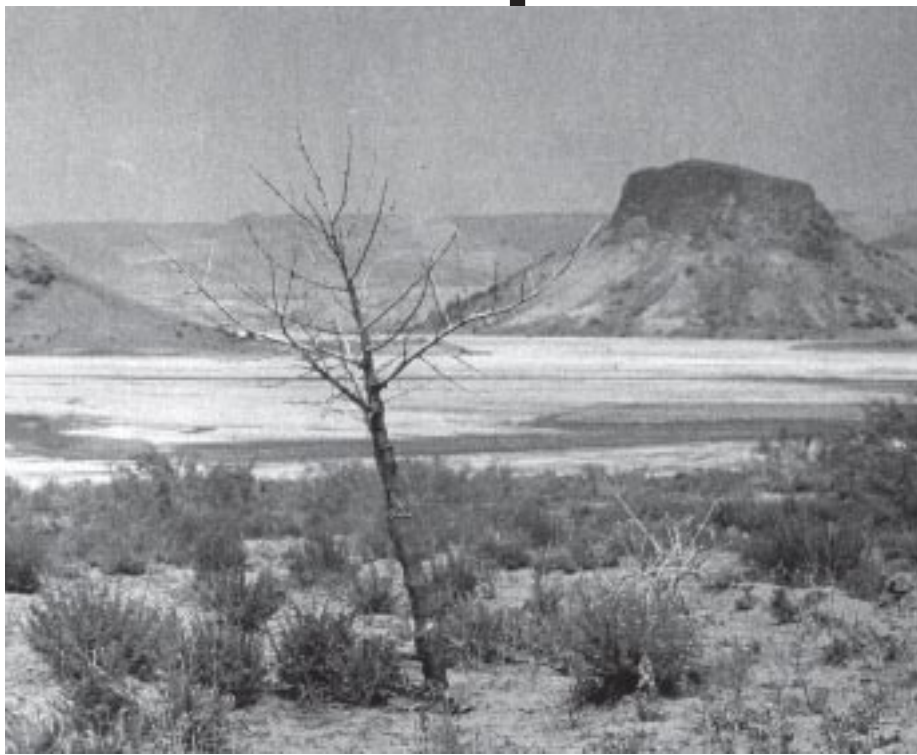


фото автора



Акация новомексиканская — гликогалофит: может расти на соленых почвах, но сама не становится соленой (фото автора)

Берег соленого озера Еройландуз: заросли сарсазана и селитрянки Шобера

Минеральные соли в почве: хорошо это или плохо, если речь идет не о печально знаменитых нитратах и не о передозировке минеральных удобрений? Оказывается, и совершенно естественным путем в почве могут оказаться соли, для обычных растений весьма ядовитые: легкорастворимые сульфаты и хлориды щелочных металлов, чаще всего — хлористый натрий и хлористый магний, а также сульфат кальция (в виде гипса) и сода. Соль поступает в почву из материнской породы, в приморских областях ее может приносить ветром, но чаще всего она накапливается в результате интенсивного испарения минерализованных грунтовых вод. Это в первую очередь относится к районам, где такие воды залегают близко к поверхности и есть постоянный восходящий ток влаги, то есть к низинам, где после дождей на некоторое время образуются лужи, или к бессточным пустынным озерам. Поэтому засоление угрожает самым обеспеченным водой местообитаниям сухих степей, а также полупустынь и пустынь.

Совершенно то же самое происходит в районах с искусственным орошением и жарким климатом. В Советском Союзе от неумеренного орошения пострадали тысячи гектаров почв в Прикаспийской низменности, Приаралье и в других регионах Средней Азии (общая площадь земель, в

той или иной степени подвергшихся засолению, составляет там около 800 тыс. гектаров). Урожаи хлопка и других сельскохозяйственных культур сначала возрастали, а потом, естественно, снижались, и рано или поздно возделанные участки приходилось бросать. Заметим, впрочем, что борьба с вторичным засолением почвы актуальна не только для нашей страны: это вредное явление происходит во всех засушливых районах мира, почти на половине орошаемых земель, в том числе на 30% орошаемых земель в США.

Вопреки распространенному мнению, солонцы и солончаки — не одно и то же. Засоленные почвы называются солончаками, если водорастворимые соли находятся на поверхности и в приповерхностных слоях, или солонцами — в этом случае соль не в самом верхнем почвенном горизонте, а на некоторой глубине. У нас солонцы встречаются гораздо чаще солончаков: начиная от Курской и Воронежской областей и дальше на юг, а также в Поволжье и Западной Сибири. Неспециалисту сложно определить, чем солонец отличается от обычного луга или участка степи, но специалист заметит на солонце характерные растения, а анализ грунтовых вод с глубины 1,5—2 метров покажет повышенное содержание хлорида натрия и других солей.

Для большинства растений поваренная соль ядовита. Жители крупных городов об этом знают: все видели, как плохо себя чувствуют многотрадальные московские газоны, на которые сгребается снег и стекает талая вода с тротуаров, посыпанных солью. Иногда не выдерживают даже выносливые и солеустойчивые тополя, исконные обитатели засоленных земель в Средней Азии. Избыток любых других легкорастворимых хлоридов тоже вреден (на многих удобрениях сейчас написано «бесхлорное»), но еще вреднее сода — при тех же концентрациях она токсичней поваренной соли в 10 тысяч раз. Вторичное содовое засоление бывает особенно опасно в районах, где южные черноземы или каштановые почвы имеют повышенную щелочность на небольшой глубине.

Раньше специалисты видели главный вред солей в том, что они сильно повышают осмотическое давление почвенного раствора: растение просто не может всасывать из такой почвы влагу и растворенные в ней питательные вещества. Но соли токсичны и сами по себе, они коагулируют цитоплазму, изменяют характер нуклеинового, белкового, углеводного и фосфорного обмена. Тем не менее существует некоторое количество растений, приспособившихся к жизни на засоленных почвах, и называют их галофитами.

Само слово «галофиты» образовано от греческих слов *hals* — соль и *phyton* — растение. Оно обозначает экологическую группу растений, обитающих на



фото Н.Захаровой

Глауциум морской — лекарственное растение, занесено в Красную книгу



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

сильно засоленных почвах — по берегам морей, на солончаках — и устойчивых к высоким концентрациям солей. Как им удастся жить в таких экстремальных условиях?

Есть растения, которые просто не усваивают соли, так как корневая система этих растений для них малопроницаема, — гликогалофиты. К этой группе относятся, в частности, различные виды полыни, покрывающие огромные пространства засоленных полупустынь. Корень «гликос» означает «сладкий», в смысле — «несоленый», хотя, конечно, к знаменитым своей горечью полыням этот эпитет можно применить только с большой долей условности. К гликогалофитам относят и тополя, и чрезвычайно распространенные в защитных и декоративных посадках гледичии, и робинии — как знаменитую белую акацию, так и менее известные розовоцветковые виды.

Настоящие галофиты, или эвгалофиты, — это растения, которые накапливают в своих тканях большие количества соли без всякого ущерба для себя. Протоплазма их клеток весьма устойчива к высоким концентрациям солей (главным образом хлорида и сульфата натрия), а не очень высокие концентрации даже благоприятны для них. Осмотическое действие почвенной соли у эвгалофитов уравнивается высокой концентрацией солей в клеточном соке. И действительно, клетки галофитов отличаются повышенным осмотическим давлением — до 70—100 атм., а у некоторых обитателей со-

лончаков осмотическое внутриклеточное давление достигает 400 атмосфер! Это обеспечивает высокая концентрация ионов и низкомолекулярных органических соединений — пролина, бетаинов.

Растения этой группы — чаще всего суккуленты, то есть у них мясистые листья и стебли и вообще весьма характерный внешний облик. Сама суккулентность тоже способствует тому, что растения легче переносят высокие концентрации солей в клеточном соке. Суккулентность развивается следующим образом: при большом поступлении хлоридов белки, находящиеся в клеточном соке, набухают, и это становится причиной особого состояния — ионной гидратации протоплазмы. Поглощение воды приводит к гипертрофии клеток — иначе говоря, листья становятся мясистыми. У галофитов, растущих на щелочных почвах (это в основном растения семейства маревых), также отмечается суккулентность, тогда как галофиты, растущие на сульфатных почвах, суккулентности не обнаруживают: под действием сульфатов протоплазма, напротив, сжимается.

Наиболее известный пример галофита, но не суккулента — солодка голая, она же лакричный корень, прекрасное лекарственное и пищевое растение из семейства бобовых. Приторно-сладкий вкус ее корневищ нравится далеко не всем, однако солодка обладает отхаркивающим, эмульгирующим, противоаллергическим и иммуностимулирующим действием и используется в народной медицине уже много веков. На сульфатных почвах хорошо растет и гипсофила, однолетние виды которой выращивают в садах как декоративное растение. (Помните мелкие белые цветочки, которые продавщицы добавляют для украшения в букеты роз?) И само ее название говорит о том, что против сульфата она ничего не имеет.

Содержание растворимых солей в галофитах достигает 35—40% веса сухого вещества! Верхний предел

концентрации соли, допустимой в клеточном соке (различный у разных видов), конечно, существует даже для галофитов: если соли больше, растения увядают.

У многих растений семейства маревых, которые в основном и составляют группу эвгалофитов, увеличение концентрации сопровождается покраснением: в них образуется азотсодержащий пигмент антоциан, широко распространенный в растительном мире (именно ему обязаны своим пурпурным цветом осенние листья). Мелкие озера в степной и полупустынной зонах нашей страны в начале лета окаймлены изумрудно-зеленой, а в конце — ярко-багряной или бордовой полосой. Эту полосу образуют однолетние суккулентные травы — сведы и петросимонии, в массе развивающиеся на сильно просоленной отлогой окраине озер, где из-за интенсивного испарения соль концентрируется в поверхностном слое почвы.

Маревые выживают в условиях крайней сухости и чрезвычайного засоления почвы, которых никакие другие растения не выносят. Например, ильница Регеля растет у подножия гор Западной Гоби, где в почве очень много сульфата кальция, а осадков выпадает до 40 мм в год (для сравнения: годовая норма осадков в Москве и Санкт-Петербурге — 500—600 мм). Соляноколосник альпийский и сарсазан обитают на мокрых солончаках, где кристаллическая соль выступает большими белыми пятнами и ничто другое существовать не может, а солерос европейский, немного напоминающий хвощ, часто растет прямо в концентрированном растворе по окраинам соленых озер. А есть еще солянки — травы или кустарники, которые служат и кормом для животных, и топливом. Солянки встречаются главным образом в засушливых местностях Азии, Европы, Северной Америки и Северной Африки. Большинство однолетних солянок, такие, как солянка содоносная или солянка аральская, — типичные эвгалофиты, а вот кустар-

Пальмы неплохо себя чувствуют даже на берегу самого соленого в мире Мертвого моря (фото А. Константинова)

ники или полукустарники (солянка жесткая, боялыч) имеют скорее ксероморфный облик, то есть выглядят как растения, приспособленные к жизни в засушливом климате.

Некоторые солянки — лекарственные растения. Из них самая известная — солянка Рихтера, препараты которой понижают давление, успокаивают нервы, уменьшают головные боли и головокружения и применяются при начальных формах гипертонии и спазмах сосудов мозга. В последнее время фитотерапевты заинтересовались и солянкой холмовой, ареал которой тянется узкой полосой от низовьев Волги через юг Сибири, Казахстан и Прибайкалье до Дальнего Востока. Оказалось, что она обладает гепатопротекторным действием и может применяться для комплексного лечения заболеваний печени.

Кстати, названия многих растений семейства маревых — солянка, солерос, соляноколось — говорят не только о месте, где они растут. Их листья и побеги на вкус соленые или горько-соленые, как морская вода, и это понятно. Клеточный сок у большинства маревых содержит так много растворенных солей, что их зола издавна служила источником соды и поташа для местного населения и даже для промышленного производства. Между прочим, поташ (углекислый калий) у арабов назывался «аль-кали», то есть «полученный из золы растений». Впоследствии из этого слова образовались и название калия, и позднелатинское *alcali*, обозначающее щелочь. И сами щелочи также получали из поташа.



Цветущий тамариск в долине Амударьи

Можно научиться терпеть высокое содержание соли, а можно избавляться от избытка. Например, криногаллофиты — растения, обычно не суккулентные и способные выделять наружу скопляющиеся в них соли при помощи особых железок на листьях и стеблях. Ботаники называют эти железы гидатодами. Кстати, они есть и у обычных, не солелюбивых растений; «Химия и жизнь» (2006, № 7) писала о красивом явлении гуттации — выделении избыточной влаги в виде «росинок», регулярно расположенных на листе. В сухую погоду криногаллофиты покрываются сплошным налетом солей, который затем сдувает ветер или смывают дожди. К этой группе относятся распространенные в полупустынях и сухих степях виды кермека и другие кустарники.

Солевые железы имеет и хорошо известный кустарник тамариск (он же тамарискс или гребенщик), который часто используют в озеленении южных городов. Если потрясти ветку пустынного вида тамариска, с нее посыплется соленая пыль. А ранним утром с растительного полога на поверхность почвы падают капли солевого раствора — особенно часто это случается, если ночью выпала роса или была высокая влажность воздуха. Многие виды тамариска чрезвычайно солеустойчивы, тамариск Оше и тамариск крупноплодный в районе Мертвого моря растут на почвах с содержанием хлоридов больше 8%.

В тканях тамариска много неорганических водорастворимых веществ (свыше 40% сухой массы), так что высокое осмотическое давление клеточного сока дает ему возможность «тянуть» влагу из почвы. Расход воды на транспирацию очень высок, на-



фото Н.Захаровой

Синеголовник встречается в Коктебеле на песчаных пляжах (фото Н.Захаровой)

Солянка Рихтера

пример, у африканских тамарисков: проще говоря, они испаряют много воды благодаря ажурной кроне и большой поверхности стеблей. В некоторых местах тамариски могут даже способствовать засолению почвы. Своими корнями (их длина достигает 50 м в горизонтальном направлении, а в глубину они уходят примерно на 30 м — такие корни обнаруживали в Египте во время сооружения Суэцкого канала) тамариски вытягивают соленый раствор из глубоких слоев почвы, усваивают его, а потом часть соли выделяют в виде уже упоминавшейся соленой пыли. Другая часть попадает в верхние слои почвы с ежегодно опадающими веточками.

У растений есть еще один способ избавляться от излишков соли: сбрасывать органы, после того как в них накопится чересчур много этого вещества. Ситник приморский сбрасывает листья, а некоторые суккулентные галофиты и ксерогалофиты накапливают соли в мясистой коже и потом по частям ее отторгают. Так действуют, например, суккуленты из семейства маревых: артрокнемум и уже упоминавшийся сарсазан.

Особую группу галофитов составляют приморские растения, обитающие в условиях постоянного затопления или подтопления морской водой. Они встречаются на всех побережьях мира, но, пожалуй, самыми эффектными из них можно назвать знаменитые мангровые заросли. Самые крупные мангровые деревья достигают 40-метровой высоты. У них нет проблем с водой, а полужидкий грунт содержит все необходимые питательные вещества, однако клетки растений все равно нужно защи-

щать от избытка токсичных солей. Способы защиты все те же: некоторые виды мангровых не пропускают соли, но другие виды поглощают 10—20% солей и выделяют их через особые железы, имеющиеся в листьях.

Среди культурных растений эвгалофитов нет, существуют лишь растения с разной степенью солеустойчивости, — впрочем, она бывает довольно высокой. Экспедиция знаменитого советского генетика и ботаника Н.И.Вавилова обнаружила в некоторых районах Ирана исключительно солеустойчивые пшеницы, урожайные и хорошо плодоносившие в местах, покрытых выходами солей, которые напоминали белый снег. Солеустойчивы и кокосовые пальмы, распространившиеся по всем морским побережьям — именно потому, что ни взрослые деревья, ни семена не гибнут от морской воды. Кокос так приспособился к засолению, что, когда кокосовые пальмы выращивают в городах, находящихся вдали от моря, их время от времени необходимо поливать слабым раствором поваренной соли. Можно повысить солеустойчивость растений при культивировании на почвах хлоридного, сульфатного и карбонатного (содового) засоления, если намачивать семена в растворах этих солей.

Существуют проекты по подбору растений-галофитов, которые можно будет культивировать в засоленных землях, а возможно, и использовать соленую воду для их орошения. Таков, например, проект профессора Хельмута Лита (Германия), который поддержала ЮНЕСКО. Ученые счита-

ют, что из примерно двух тысяч известных галофитов можно выбрать и селекционировать виды, пригодные и для пищи, и для топлива, и для строительного материала, и как корм для скотины. И конечно, среди галофитов будут искать декоративные растения. Те же солянки и тамариски способны преобразить до неузнаваемости «землю, где ничего не растет»: недаром тамариск, особенно красивый в бутонах, называют еще бисерником.

Этот проект предназначен в первую очередь для средиземноморских стран, но ведь в России тоже хватает засоленных земель. Да и галофитов своих достаточно. В последние годы у нас много занимаются исследованием галофитов, пригодных для освоения вторично засоленных, бросовых земель. Над таким проектом сейчас работают Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р.Вильямса, Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н.И.Вавилова, Калмыцкий научно-исследовательский и проектно-исследовательский институт земельных ресурсов (КалмНИИГипрозем), Калмыцкий государственный университет. Предполагается, в частности, что, подобрав нужный состав растений, на засоленных землях в Калмыкии и Астраханской области можно будет получать 12—15 т/га сухих кормов и 8—10 т/га солодкового корня — ценного лекарственного сырья. А кроме того, галофиты будут способствовать рассолению почвы за счет выноса солей из верхнего слоя, затенят ее поверхность, чем предотвратят излишнее испарение. Затем органическое вещество, поставляемое галофитами, постепенно вернет к норме водно-физические и агрохимические свойства, биологическую активность почвы — и когда-нибудь на ней снова вырастут обычные, несоленые растения.





Ужас

Юрий
Нестеренко



ФАНТАСТИКА

«Многие думают, будто неперменные спутники ужаса — тьма, одиночество и безмолвие. Я познал чудовищный ужас среди бела дня, при ярком свете, в забитом людьми банальном дешевом пансионе, расположенном в самом центре огромного шумного города; я испытал невыносимый страх, несмотря на то что рядом со мною находились хозяйка этих меблированных комнат и двое крепких парней».

Это из рассказа Лавкрафта «Холод», прочитанного мной когда-то в юности; разумеется, цитата отнюдь не врезалась мне в память — сейчас я просто отыскал ее заново. Ничего ужасного в том рассказе на самом деле нет. Вообще, на мой взгляд, единственное ужасное, что есть в творчестве Лавкрафта, — это его литературный стиль. Неуклюжие, занудные повествования, пестрящие эпитетами типа «немыслимо кошмарный» и откровенными признаниями «я не в силах это описать»; развязка историй, если она вообще есть, становится очевидной задолго до финала, а герои производят впечатление истеричных психопатов — и данный рассказ не исключение. Я вспомнил его лишь потому, что хочу рассказать о самом большом ужасе, который довелось пережить мне.

Свой кошмар я пережил в обстоятельствах, довольно-таки отличных от упомянутых в лавкрафтовском рассказе, но тоже не слишком похожих на стандартный антураж ужасика. Хотя это случилось не среди бела дня, а ранним утром на вершине Олимпа. Рядом со мной был лишь один человек — мой старый университетский приятель Женька Ковалев, с которым мы накануне впервые увиделись после не то шести-, не то семилетнего перерыва. Что касается тьмы и безмолвия (а заодно и холода), то таковые имелись в изобилии, но лишь за пределами помещения.

Гора Олимп, как вам, вероятно, известно, представляет собой гигантский кратер потухшего вулкана; ее диаметр у основания достигает почти шестисот километров, а самая высокая точка обода кратера вздымается на двадцать четыре километра над окружающими равнинами. Но мы, конечно, находились не на этой неприветливой скале, а внутри кратера, почти шестью километрами ниже, на ровном плато, образованном застывшими миллионы лет назад вулканическими породами. Так что, строго говоря, это была не совсем вершина; тем не менее восемнадцать с половиной километров — тоже очень приличная высота, и атмосфера, плотность которой даже у поверхности составляет лишь одну сотую земной, здесь практически полностью отсутствует (соответственно и пыльные бури, порою окутывающие всю планету, сюда не добираются). Именно из-за этого обстоятельства, облегчающего космические старты, астрономические наблюдения и вообще практически любую работу, связанную с небом, плато внутри кратера облюбовали многие марсианские службы, включая Главный космодром и примыкающий к нему Центр управления. Через туннели, проби-

тые в ободке кратера, вниз по склонам горы ведут скоростные железнодорожные пути; пологость этих склонов и невысокая марсианская гравитация делают подъем и спуск вполне несложным даже для больших грузов.

Именно в диспетчерской ЦУПа и принял меня Ковалев — как раз в свою смену. Когда-то давно подобные помещения были гигантскими залами, через которые, словно ряды в старинных кинотеатрах, тянулись пульта, за каждым из коих сидело по оператору, то есть полетом какой-нибудь одной вшивой ракеты управляли десятки человек. Теперь это лишь небольшая комната с единственной консолью: практически всю работу делают компьютеры, за которыми присматривает один-единственный диспетчер. На всякий случай в состоянии готовности положено находиться еще одному, в резервном центре за тысячу километров отсюда, но за все время существования марсианских колоний его услуги не потребовались ни разу. Так что в руках Женьки находилось практически все, что в этот час летало по околomarсианской орбите. Впрочем, не то чтобы совсем в его руках: не только он контролировал компьютеры, но и они его, поскольку, вздумай он отдать какую-нибудь нелепую команду, она была бы заблокирована.

— Слушай, Женька, — осведомился я, слушая, как он все это рассказывает, — а тебе не влетит за то, что ты меня сюда пустил?

Конечно, журналистская карточка была у меня при себе, но я тогда прожил на Марсе лишь два дня и, привыкнув к недельным земным утряскам и согласованиям (борьба с терроризмом прежде всего!), все не мог поверить, что мне удалось так вот запросто проникнуть в один из важнейших центров Красной планеты.

— А что бы ты мог предпринять, даже если бы оказался террористом? — пожал плечами Ковалев. — Во-первых, как я уже сказал, комп в принципе не станет делать ничего незаконного. Во-вторых, система безопасности просканировала тебя на входе. У тебя нет оружия, ядов, всякой биологической дряни. Импланты стандартные. Компьютеры тебя слушать не будут: номеров твоих имплантов нет в базе, это раз, и они проверяют заодно и биометрику, это два. И даже если бы ты, допустим, стал душить меня голыми руками, я одной мысленной командой заблокировал бы консоль и поднял тревогу. Это вы там на Земле по уши в бюрократии, а здесь все устроено очень просто и разумно. Собственно, это главная причина, по которой я сюда перебрался.

— Стереотипно мыслишь! — усмехнулся я. — Рассматриваешь только насильственные варианты. А вот предположим, я бы просто попросил тебя сделать нечто не являющееся формально незаконным, но...

— Даже окажись я таким дураком, чтобы исполнить неподобающую просьбу, то ты с тем же успехом мог сделать это и снаружи. Твое присутствие здесь ничего не меняет.

— Допустим, я бы тебя загипнотизировал.

— Я не гипнабелен. Нас на это тестируют. А ты что, и впрямь подался в «Небесный джихад»? — хохотнул он.

— Нет, конечно. Но ты же знаешь, я люблю искать нетривиальные решения и логические дыры.

— Как же, как же! Еще в универе все уши прожужжал этими задачками. «Хорошие люди никогда не лгут. Петя солгал. Значит ли это, что Петя — нехороший человек?» Правильный ответ: не значит.

— Именно. Ибо нигде не сказано, что Петя — вообще человек. А на первом курсе, помнится, я подколот физичку, заметив, что опыт Майкельсона — Морли не доказывает постоянства скорости света. Он лишь доказывает, что Земля неподвижна относительно мирового эфира.

— И что физичка?

— Оказалась с юмором и поставила зачет.

— Да, хорошие были времена, Альберт. Мы с тобой еще застали живых преподов. Теперь небось компы не очень то подкалываешь.

— Почему? Уже есть компьютеры, способные понимать шутки, — возразил я. — Я как раз недавно о них писал. Правда, едва ли ими оснащают универы... Но между прочим, комп даже скорее, чем человек, признал бы мою правоту! Ведь с точки зрения формальной логики — действительно не доказывает. И до тех пор, пока кто-нибудь не повторит этот опыт, к примеру, на Марсе...

— Так за чем дело стало? — пожал плечами Ковалев. — *Hic Martis, hic salta*. В смысле — вот тебе Марс, тут и ставь опыт.

— Я забыл дома свой интерферометр Майкельсона, — усмехнулся я.

— Обойдемся без интерферометра. — Женька, похоже, загорелся идеей. — Вот смотри. — Он, очевидно, дал импланту мысленную команду, и курсор побежал по экрану консоли. — Это спутники-ретрансляторы. Крутятся вокруг Марса по общей круговой орбите. Направление вращения — то же, что и у планеты. Сейчас как раз один из них над западным горизонтом, другой над восточным. С Олимпа почти нет атмосферного рассеивания, поэтому мы можем использовать лазерную связь. Если мировой эфир существует и принцип постоянства скорости света неверен, то луч, посланный на восток, будет за счет вращения Марса иметь большую скорость, чем луч, посланный на запад. Спутники принимают сигналы, фиксируют время приема вместе со своими точными координатами и отсылают нам. Считаю скорости и сравниваем.

— Точности не хватит. Что такое скорость вращения планеты по сравнению со скоростью света? Порядка одной миллионной.

— На спутниках очень точная аппаратура. Хотя, да, маловато, конечно... Впрочем, зачем нам скорость планеты? Померяем не прямой, а обратный сигнал — со спутников. У них-то орбитальная скорость более чем на порядок выше. И кстати, на два еще умножить. Западный спутник приближается к нам, восточный удаляется. Движением самого Марса вокруг Солнца можно пренебречь, поскольку мы возле терминатора и проекции лучей на вектор орбитальной скорости фактически равны... Но все равно, имеем уже уровень пары сотысячных. Этого должно хватить. Обычно, правда, такая точность не требуется, но аппаратура позволяет.

— Ты что, в самом деле хочешь это проделать?

— А почему нет? Насколько я знаю, опыт Майкельсона — Морли действительно никогда не проводился вне Земли. Просто никому это не приходило в голову.

— Тогда, может быть, оформим официально? — усмехнулся я.

— Брось ты свои земные замашки. Для того чтобы по-

слать сигнал на спутники и получить ответ, мне не требуется никакого специального разрешения. — Он задумался на короткое время, глядя на экран. — Вот и все.

— Ты отдал команды?

— Я уже принял сигналы со спутников. Сейчас посмотрим результат. — Очевидно, Женька мысленно велел компьютеру рассчитать скорости. — Что за черт, — пробормотал он в следующий момент.

Тут я усмехнулся:

— Что такое? Мы заработали Нобелевскую премию?

Разумеется, в тот момент я и мысли не допускал, что результат может разойтись с классическим.

Женька произнес тихо:

— Сигнал с восточного спутника шел медленней. Примерно на десять километров в секунду. Разница во времени, конечно, мизерная, но все же за пределами погрешности.

— Теперь ты меня подкалываешь?

— Полюбуйся сам.

Я придвинулся к экрану. Курсор последовательно ткнул в два числа. С учетом округления до значимых разрядов, там было 299 795 и 299 785. Конечно, Женька мог вывести на дисплей все, что угодно, но, еще раз взглянув на него, я понял, что он не шутит. Потому и сказал:

— Глюк какой-то. Ну давай попробуем еще раз.

Второй опыт дал аналогичный результат. И третий тоже. Скорости чуть варьировались на пределе точности измерений, но дельта все равно существенно превышала погрешность.

Мы с Ковалевым уставились друг на друга.

— Этому должно быть какое-то объяснение, — сказал я.

— Ну да, — кивнул он, — и ты его только что дал. Земля неподвижна относительно мирового эфира, а Марс соответственно нет.

— Да брось ты, я серьезно! Может, у восточного спутника часы отстают? Или координаты неправильно считаются?

— Мой сигнал, на который он отвечал, содержал команду синхронизации, — покачал головой Ковалев. — И с координатами все абсолютно точно. Если бы они были определены с ошибкой, луч просто не попал бы на приемный сенсор.

— Тогда что?

— Не знаю.

Я почувствовал, как у меня стремительно холодеет в животе и ускоряется пульс.

— Этого не может быть.

— Ну ты же сам видишь. Хочешь повторить в четвертый раз? А, нет, уже не получится: восточный спутник ушел за горизонт.

— Когда там следующий?

— Примерно через час нынешний западный сместится на восток, а над восточным горизонтом поднимется следующий. А какая разница? Они все абсолютно одинаковы.

— Все равно. Надо проверить еще раз, на других спутниках.

— Альберт, чего ты так волнуешься? На тебе лица нет. Ты вправду веришь, что мы получим Нобелевскую премию?

— Да какая там премия! Если... если у нас обоих не поехала крыша и эти цифры — действительно разные скорости света... ты хоть понимаешь, что это значит?

— Что мы опровергли теорию относительности. Да ну, бред, конечно. Были же и какие-то другие опыты, которые ее подтверждают... не помню, я все-таки релятивистской физикой с универа не занимался.

— Плевать на теорию относительности. Земля неподвижна относительно мирового эфира! То есть именно она является центром Вселенной.

— Ч-черт! — изумленно протянул Женька, до которого наконец дошло.

— Вот именно. И не только.

Мы помолчали.

— Давай искать другое объяснение, — решительно произнес он.

— Давай. Может, рефракции? Я понимаю, атмосферы здесь практически нет, но...

— Именно что нет. И кроме того, во время первого опыта спутники были почти на равной высоте над горизонтом.

— Ладно. Будем думать дальше.

Наверное, даже капитан терпящего бедствие корабля не перебирает варианты так отчаянно, как это делал я. Но условия были слишком просты, чтобы отыскать в них лазейку. Точно известно время, когда каждый спутник отослал свой сигнал, и время, когда мы его получили. Точно известны координаты спутников на тот момент и наши собственные. Зная время и расстояние, получаем скорость. Задача для первого класса. В диспетчерской, разумеется, работал климат-контроль, но мои пальцы стали совсем ледяными, а лоб покрылся испариной. «Проснуться, — твердил я себе, — проснуться, это просто кошмар, этого не может быть...» Но, будь это сном, я бы уже давно пробудился. Я мысленно отругал себя за то, что предаюсь пустым надеждам вместо того, чтобы искать решение. Что могло быть не так с этими проклятыми спутниками?! Чем они отличались друг от друга?

— Слушай, — сказал я, — ведь один из них был над освещенной стороной, другой над ночной, в тени планеты. Может, разница температур?

— Скорость света не зависит от нагревания, — нервно хохотнул Ковалев.

— Да, но температура могла повлиять на технику.

— Нет, там все схемы упрятаны в глубь термозащитного кокона. Я же говорю, там очень точное оборудование. И естественно, оно рассчитано на перепады температур.

Мы вновь замолчали. Я смотрел, как ритмично сменяются цифры на часах.

— А чему она вообще равна точно? — спросил я. — Которая официальная?

— Сейчас найду в сети. Вот, 299 792 458 метров в секунду.

— О! — Мне наконец стало чуточку легче. — Это же результат западного спутника! А если бы дело было в мировом эфире, то «с» легла бы аккурат посередине между западным и восточным!

— Может быть систематическая ошибка, которая занижает оба результата. Компьютерам все же нужно какое-то время на обработку сигнала.

— Но эта ошибка одинакова для обоих компьютеров?

— Конечно. Они же идентичны, и сигналы тоже.

Тут я вдруг широко зевнул, даже не прикрыв рот ладонью. Кстати, обычай прикрывать рот возник, кажется, не из-за гигиенических соображений (зевков ведь не чихание), а «чтобы бес не влетел». В старину рот не просто прикрывали, а крестили. Вот ведь...

— Спать хочешь? — машинально осведомился Женька.

Вообще-то это моя стандартная реакция на стресс, но я предпочел назвать вторую причину:

— Чтобы взять у тебя интервью во время вахты, мне пришлось встать сегодня в четыре часа ночи.

— Утра, — поправил он.

— Ночи, — угрюмо повторил я. — Для всех нормальных людей это ночь.

— Гениально! — завопил Ковалев и не слишком логично



ФАНТАСТИКА

добавил: — Мы с тобой кретины! Нормальные люди ночью спят, даже на Марсе!

— И какое отношение это имеет к скорости света?

— Компьютеры — идентичны! Сигналы — идентичны! Но другие задачи — не идентичны! На ночное полушарие почти нет передач!

— А-а! — наконец дошло до меня. — Ты хочешь сказать, что восточный спутник был загружен своими прямыми обязанностями, и потому время обработки нашего сигнала...

— Ну да! Между записью сообщения, содержавшего время и координаты, и его отправкой возникла крохотная пауза, во время которой компьютер спутника обслуживал другие процессы! А у спутника над ночной стороной таких процессов не было, и сигнал ушел сразу! Разница, конечно, мизерная, в обычных условиях ее и не заметишь. Но ведь мы ловили ничтожные доли секунды, на пределе точности...

Надо ли объяснять, что именно эта гипотеза, а вовсе никакой не мировой эфир, оказалась верной? В чем мы и удостоверились, потребовав от болтавшегося над нами спутника, уже перешедшего в дневной режим, двух сигналов подряд — во втором указывалось точное время отправки первого. Оно разошлось со временем, записанном в первом сигнале, как раз на ожидаемую величину, с чем мы друг друга торжественно и поздравили.

А интервью с диспетчером ЦУПа Евгением Ковалевым я тогда таки дописал и отдал в печать. Естественно, об опыте Майкельсона — Морли, точнее, Ковалева — Вешина, там не было ни слова. Мы совсем не хотели, чтобы нас подняли на смех. Лишь теперь, прожив на Марсе без малого двадцать лет и добившись, без ложной скромности, кое-какого положения, я решил об этом рассказать.

Вам, может, интересно, что там было в рассказе Лавкрафта? Да ничего особенного: некий доктор нашел способ сохранять сознание в уже мертвом теле. Правда, телу грозило разложение, и доктору необходимо было постоянно находиться в холоде. Когда же его холодильная машина сломалась, он быстро сгнил заживо. А герой рассказа, который все это увидел и узнал, впоследствии трясся от ужаса всякий раз, как чуял малейшее дуновение прохлады. Помимо того что это явный плагиат «Правды о случившемся с мосье Вольдемаром» Эдгара По, — скажите, что в этом такого ужасного? Конечно, зрелище сгнившего доктора было мерзким, но при чем тут страх? Наоборот, радоваться надо, что отыскался способ продлить жизнь — вполне научным, замечу, способом, с помощью каких-то реактивов. Ну а необходимость холода — вполне решаемая технически проблема.

Разве это может сравниться с ужасом, который пережил я?

С теми шестью с половиной минутами, в течение которых я верил, что бог действительно есть.



Москва, КВЦ «Сокольники»
10–13 апреля 2007


A-TESTex (Аналитика) – 5-я Юбилейная Международная специализированная выставка

**A-TESTex
ANALITIKA**


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

РАЗДЕЛ «АНАЛИТИКА»

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

РАЗДЕЛ «БИОАНАЛИТИКА»

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

www.analyticaexpo.ru

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

ОРГКОМИТЕТ ВЫСТАВКИ:

Выставочный холдинг MVK
Тел./факс: (495) 105-35-60
E-mail: cae@mvk.ru
www.mvk.ru

Директор выставки — ЕПИФАНОВА О. А.

**Организаторы выставки A-TESTex-2007
приглашают все предприятия, заинтересованные
в развитии данной отрасли, в продвижении своей
продукции на рынке и установлении новых деловых
партнерских отношений, принять в период
с 10 по 13 апреля 2007 года
активное участие в данной выставке!**

VI Всероссийская олимпиада по органической химии

для студентов, аспирантов и молодых ученых

апрель 2007, Москва

Химический факультет МГУ

в рамках

Международной конференции студентов и аспирантов
по фундаментальным наукам "Ломоносов-2007"



МГУ,

Химический факультет



ChemBridge Corporation



Высший химический колледж РАН

при информационной поддержке
журнала "Химия и жизнь-XXI век"

Организационный комитет:

С.Е. Семенов,

Высший химический колледж РАН

С.Е. Сосонюк,

МГУ им. М.В. Ломоносова

Б.И. Покровский,

МГУ им. М.В. Ломоносова

А.В. Куракин,

ChemBridge Corporation

Регистрационная форма и задачи
для разминки опубликованы на
сайте www.chembridge.ru и в
журнале "Химия и жизнь-XXI век"
(№1, 2007)

Председатель:

В.В. Луниц,

академик РАН, профессор,
декан Химического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова

Заместитель председателя:

А.В. Анисимов, профессор,
зам.декана Химического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова

Участникам олимпиады, вошедшим в десятку сильнейших,
фирма ChemBridge компенсирует проезд в Москву (в обе стороны,
исходя из стоимости плацкартного билета).

ChemBridge Corporation дополнительно награждает 20 лучших
олимпиадцев, из числа аспирантов, молодых ученых, а также
студентов выпускных курсов однодневными пропусками на участие
в международном симпозиуме ASMC-2007, который будет
проходить с 27 по 31 августа 2007 года в Санкт-Петербурге. Этот
симпозиум, проводимый фирмой ChemBridge Corporation совместно с
Европейской Федерацией Медицинской Химии (EFMC) и
Американским Химическим Обществом (ACS), соберет ведущих
химиков всего мира.

Проезд Москва-С.Петербург олимпиадцам будет оплачен.

ASMC
St PETERSBURG 07
www.asmc07.org

Призовой и стипендиальный фонд
составляет более 150000 рублей!

Мы ждем вас!

Приходите и побеждайте!

Регистрационные формы

присылайте по адресу

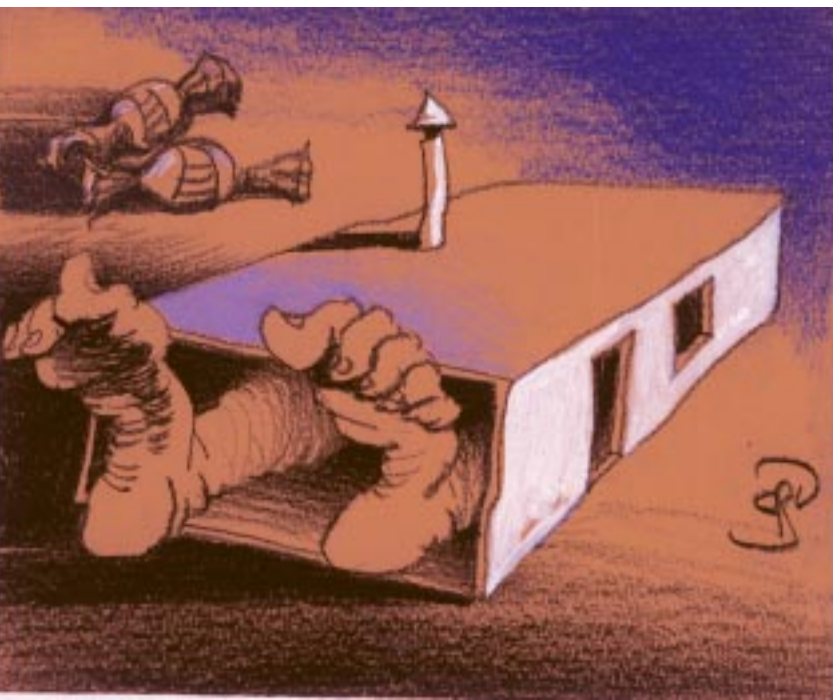
olympiada@chembridge.ru

или Москва, 119048, а/я 424

тел: (495)775-06-54 доб. 12-01, 12-19,

факс: (495)956-49-48

www.chembridge.ru



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Вкус печали

Возможно, уже в ближайшем будущем появится «вкусовой тест», который поможет врачам правильно подобрать препарат от депрессии, считают ученые из Бристольского университета (Великобритания). Они выяснили, какие вкусовые ощущения нарушены у людей, страдающих депрессией (по сообщению агентства «News Nature» от 6 декабря 2006 года).

Давно известно, что при депрессивных состояниях в мозгу снижается количество серотонина или норадреналина, а в некоторых случаях отмечена нехватка обоих этих веществ. Подавленное настроение притупляет и вкус, что предположительно происходит также из-за нарушения химического баланса в мозгу.

Люси Дональдсон и ее коллеги провели эксперимент, в котором приняли участие 20 здоровых добровольцев. Им давали два разных антидепрессанта и наблюдали, как меняются у них вкусовые ощущения. Оказалось, что препарат, повышающий содержание серотонина, обостряет чувствительность к сладкому и горькому, а лекарство, направленное на увеличение концентрации норадреналина, улучшает распознавание горького и кислого. Испытуемые с повышенным уровнем тревожности хуже реагировали на горькое и соленое.

По словам авторов работы, никто ранее не пытался определить, какие именно вкусовые ощущения нарушаются при депрессии. Например, чувствительность к сладкому и кислому, скорее всего, тоже указывает на недостаток тех или иных химических соединений. Все эти данные, вместе взятые, помогли бы решить проблему правильного подбора лекарств. Сейчас большинство специалистов опирается главным образом на собственные опыт и интуицию. Вероятность правильного выбора препарата «с первой попытки» у хороших врачей — 60–80%. «Вкусовой тест» мог бы существенно улучшить ситуацию.

Ученые планируют провести подобные эксперименты как со здоровыми, так и со страдающими от депрессии людьми, а также использовать для моделирования депрессии триптофан, который понижает содержание серотонина.

Е.Сутоцкая

Пишут, что...



...вопрос о статусе Плутона — будет ли он считаться полноправной планетой или просто одним из транснептуновых объектов — возможно, будет окончательно решен через три года, на очередном съезде Международного астрономического союза («Земля и Вселенная», 2006, № 6, с.15, 38)...

...торнадо, или смерчи, могут генерировать сейсмические волны за счет интенсивных колебаний полей давления и ветра, и это явление можно использовать для дистанционной регистрации торнадо («Вулканология и сейсмология», 2006, № 6, с.65—70)...

...как показало обследование персонала Сибирского химического комбината, ионизирующее излучение существенно повышает риск развития острого инфаркта миокарда («Радиационная биология. Радиоэкология», 2006, т.46, № 6, с.654—662)...

...мы воссоздаем в уме воспоминания и строим планы на будущее, пользуясь одним и тем же механизмом мышления — конструктивной памятью («Nature», 2007, т.445, № 7123, с.27)...

...выявлены характеристики электроэнцефалограммы, по которым можно определить уровень концентрации внимания у подростков («Нейрофизиология» НАНУ, 2006, т.38, № 3, с.248—256)...

...разрешающую способность сетчатки, то есть остроту зрения, можно измерить физическим методом — с помощью лазерного ретинометра («Оптический журнал», 2006, т.73, № 12, с.30—36)...

...начаты технологические испытания и выпуск опытных партий продукта на первом в России производстве биоразрушаемых полимеров полигидроксиканоатов в Красноярске («Биотехнология», 2006, № 6, с.28—34)...

...экспериментально доказано, что биокаталитическими центрами аккумуляции и кристаллизации золота в месторождениях и россыпях могут быть микроорганизмы («Литосфера», 2006, № 3, с.83—95)...



...микобактерии — возбудители туберкулеза человека, птиц и крупного рогатого скота — имеют общее эволюционное происхождение, и каждый из этих видов способен занять экологическую нишу другого, поэтому туберкулез животных опасен для человека («Ветеринария», 2006, № 12, с.23—25)...

...синтезированы два не существующих в природе нуклеотида, комплементарные друг другу; эти нуклеотиды, получившие названия dZ и dP, могут быть использованы в искусственной ДНК как дополнительные «буквы» генетического кода («Nucleic acids research», 2006, т.34, № 21, с.6095—6101)...

...тли живут в обязательном симбиозе с бактерией *Buchneria*, и у них общие метаболические цепи: так, при синтезе кофермента А одни реакции проходят в организме насекомого, а другие — в клетке бактерии («Журнал общей биологии», 2006, т.67, № 6, с.403—422)...

...производство дешевой противозмеиной сыворотки для стран Западной Африки, в частности Новой Гвинеи, может быть выгодным для потенциальных инвесторов, так как имеющиеся препараты совершенно недоступны для населения Африки из-за высокой цены («Медицинская паразитология и паразитарные болезни», 2006, № 4, с.56—58)...

...регулярная вибрация вызывает у человека поражения полых органов — желудка и мочевого пузыря («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2006, т.142, № 12, с.693—697)...

...экстракты лабазника вязолистного на 70%-ном и 95%-ном этаноле обладают значительно большей антиоксидантной активностью, чем водный экстракт («Химико-фармацевтический журнал», 2006, т.40, № 2, с.22—23)...

...по-видимому, первый инструмент, исполняющий цветомузыку, «клавесин для глаз», построил математик и физик Луи Бертран Кастель в 1743 году («Вестник МГУ. Серия 14. Психология», 2006, № 4, с.71—81)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Химзащита осы

Трудно оспаривать тот факт, что для борьбы с вредителями хищные насекомые подходят лучше ядохимикатов. В отличие от химии они не наносят ущерба окружающей среде. Однако биологические средства защиты развиты гораздо хуже химических. Почему, догадаться легко, ведь работа с живым материалом достаточно сложна: его и вырастить надо, и накормить, и проследить, чтобы не улетел и съел только то, что нужно, а что не нужно — оставил. Видимо, поэтому пока удалось приручить только божьих коровок — для уничтожения тли. Да и то, когда их высадили на виноградники Южного берега Крыма, ветер частую сносил «десантников» в море, где добычей борцов с вредителями становились не тли, а многочисленные отдыхающие. (Как установил на своей шкуре пишущий эти строки, божьи коровки могут преобильно кусаться.)

Но биологи не теряют надежды и пытаются использовать против вредителей других насекомых, например ос. Некоторые из них не кусают людей, а яйца откладывают в личинки, которые обитают на таких полезных деревьях, как миндаль, кофе и кокосовая пальма, и портят их.

Не в пример мирным божьим коровкам, осы при встрече друг с другом норовят вступить в схватку, особенно если встреча произошла у вождельной личинки. Неожиданно оказалось, что от осиных драк больше всего выигрывают вредители. Почему так происходит, удалось выяснить ученым из Ноттингемского университета во главе с доктором Яном Харди (по сообщению агентства «AlphaGalileo» от 20 ноября 2006 года).

В стеклянную колбу помещали личинку-вредителя и запускали к ней осу вида *Goniozus legneri*, чтобы та парализовала личинку и отложила в ней яйца, а спустя сутки подсаживали в колбу других ос. Те сразу начинали сражение, которое внезапно заканчивалось без смертоубийства. Анализ воздуха в колбе показал, что оса, проигрывающая схватку, выпускала облачко пахучего газа — спироацетала. Запах этого вещества настолько неприятен для ос, что они тут же стараются улететь от его источника как можно дальше. Когда подобные баталии происходят на воле, в естественных условиях, химическая защита более слабой осы приводит к неожиданному результату — спасает жизнь многим личинкам, поскольку все окрестные осы, испугавшись запаха, разлетаются, не успев отложить яйца. «Если мы придумаем, как уменьшить влияние такой химзащиты, нам удастся повысить эффективность использования ос в борьбе с вредителями», — утверждает доктор Харди.

Что поделаешь, у каждого вида своя мечта: нам хочется иметь биологическую защиту, а осы изобретают химическое оружие.

С.Анофелес



Космос — это разведка

Художник П.Перевезенцев



Наталье БОГАРЧУК, вопрос из Интернета: Нам не удалось найти упоминаний ни об одном растении, кроме солодки, которое содержало бы глицирризиновую кислоту, зато олеоноловая кислота содержится и в черноголовке, и в тимьяне, и в ягодах клюквы, и в семенах подорожника, и, наверное, много где еще.

А.В.ШУМИЛИНУ, Москва: Асбесты — это волокнистые разновидности некоторых минералов, чаще всего силиката магния, или хризотила; они имеют кристаллическое строение, но с явно выраженной слоистостью; см. также материал об асбестах в «Химии и жизни», 2001, № 5.

Н.Е.КОЛЯДЕ, Балабаново-1: Слово «саусеп» происходит от английского *soursop*, другие распространенные названия этого южноамериканского дерева — гуанабана, гравиола, аннона; плоды у саусепа, говорят, очень вкусные, но они почти не встречаются в европейских магазинах из-за короткого срока хранения, а вот его экстракт часто используют для ароматизации чаев и кондитерских изделий.

Людмиле ПУЧКОВОЙ, вопрос из Интернета: Пластиковые емкости из полиэтилена и полиэтилентерефталата (ПЭТФ, или, по-английски, PET), предназначенные для пищевых целей, не содержат вредных пластификаторов, наполнителей, стабилизаторов, катализаторов и т. п., которые могут диффундировать в воду, и сами полимеры в воде не растворяются.

Алине МАНСУРОВОЙ, вопрос из Интернета: При татуировании красящее вещество не взаимодействует с тканями организма, иначе татуировка быстро исчезла бы, гораздо опаснее возможная нестерильность иглы; вряд ли желание сделать себе украшение на теле жестко связано с отклонениями в психике, скорее с принадлежностью к определенной культуре или субкультуре: например, в средневековой Японии художественные татуировки были престижным аксессуаром...

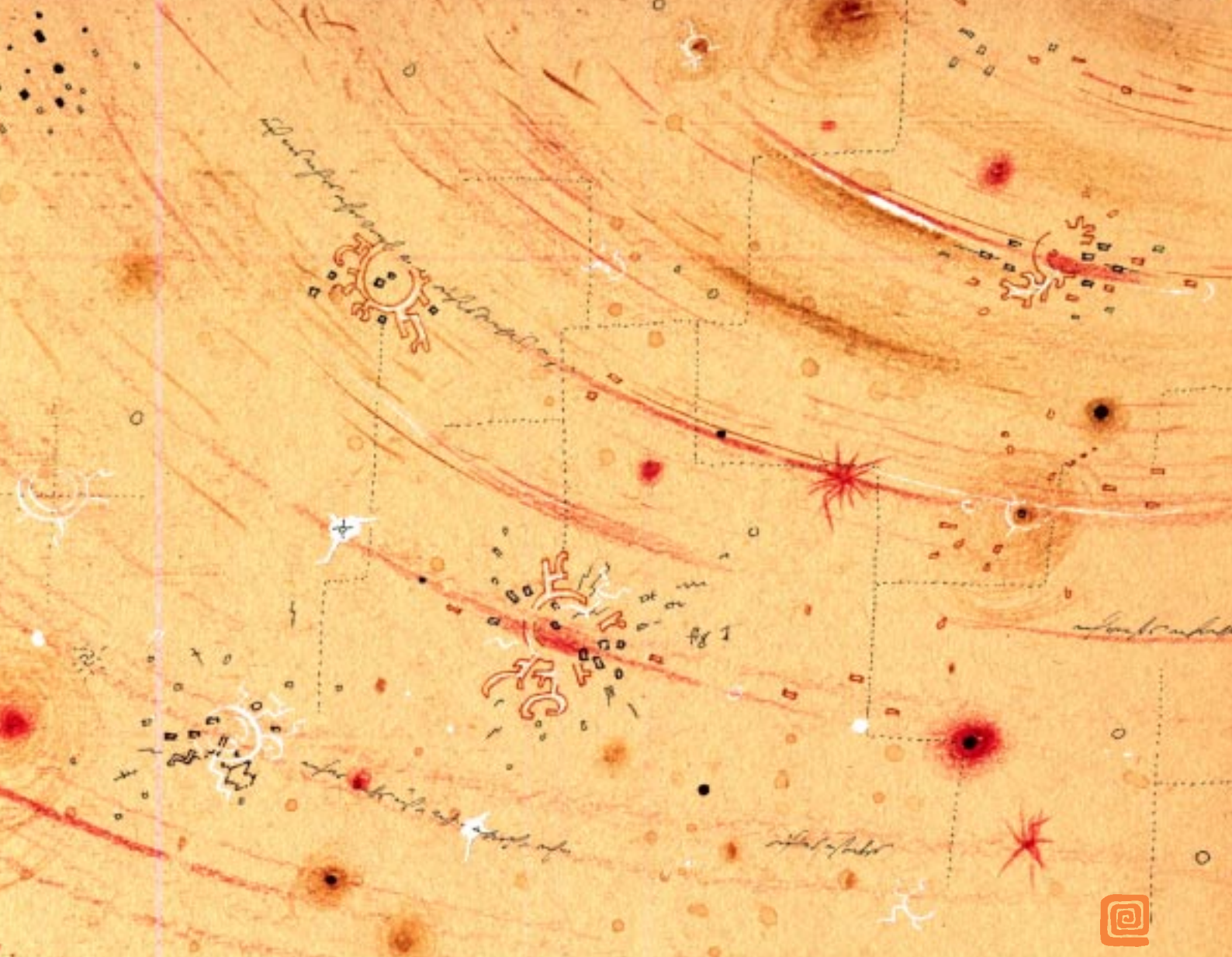
Р.Г.РЫЧКОВОЙ, Санкт-Петербург: Как воспроизвести в лабораторных условиях рельефные «инеевые цветы», возникающие на поверхности льда, мы сами не знаем; если сумеете это сделать — присылайте фотографии.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ АВТОРАМ: Мы и в самом деле изредка печатаем статьи, посвященные проблемам теоретической физики, но кроме формул там должен быть текст, поясняющий их содержание, по возможности — образно и художественно, причем хотелось бы, чтобы текста было существенно больше, чем формул.

Космос — это разведка, и, прежде всего, разведка военная. В самом деле, что может быть удобнее, нежели повесить спутник над какой-нибудь точкой территории вероятного противника, оснастить его всевозможными датчиками, чтобы ловили они разные виды электромагнитного излучения и наблюдай эту конкретную точку с прилегающей к ней местностью хоть днем, хоть ночью. Согласно легендам, правильно оснащенный спутник может разглядеть если и не иголку в стогу сена, то уж горящую спичку точно.

Так это или не так, достоверно знают люди, давшие подписку о неразглашении, однако на картах, которые вывешивает Гугл для свободного просмотра, вполне можно разглядеть детали какого-нибудь сарайчика, который сосед пристроил на своем садовом участке и, более того, по внешнему виду одного сарайчика определить, что эти карты появляются в Интернете с изрядным опозданием.

Вот так получается, что спрятаться от всевидящего ока можно лишь под землей, да а то при этом следует подобно пленнику замка Ив выбранный грунт тайно рассыпать в укромном месте. Однако есть и другой способ использования космоса в немирных целях, который при-



КСТАТИ О КОСМОСЕ

водит к сферомехии, что отлично описано нашим главным футурологом Станиславом Лемом в повести «Фиаско». Дадим ему слово.

Потолком предкосмической фазы можно считать состояние, при котором каждая из сторон может как локализовать, так и уничтожить средства противника, служащие для нанесения первого удара или для ответа на нападение. В создавшемся равновесии самым слабым звеном становится система связи между спутниками дальней разведки, штабами и боевыми средствами. Чтобы вывести ее из-под удара, создается следующая система — на более высоких орбитах и на Луне. Сферомехия начинает разбухать. Постепенно заполняя радиоканалы шумом, противники теряют контроль над собственными вооружениями.

Предвидя близкий пат, каждая сторона работает над оружием, которое

станет автономным. Его самостоятельность все же поддается ограничениям, чтобы системы, сражаясь не вызвали бы цепной реакции, которая донесет пламя войны до планеты. Такое оружие, если и уничтожает противника, то коварно, как микробы, а не как бомбы. Его машинный разум пытается подчинить разум вражеского оружия с помощью программных микровирусов, вызывая дезертирство орбитальных аппаратов. Реальные битвы при этом могут вестись на фронтах, астрономически отдаленных от планеты.

Возможно, что существует критический порог в программировании автономных средств и по его преодолению оружие становится самовольным. Его можно уподобить высшим организмам, которые получили способность к изобретательству и из хитрых подчиненных исполнителей превратились в иници-

аторов новых тактик. Так или иначе, по мере разрастания сферомехии теряется динамическое равновесие и уже не действует в интересах сторон, которые развязали борьбу...

Как говаривала одна известная баронесса, у всякой истории должна быть своя мораль. Мораль этой истории — разведка в космосе должна быть мирной: искать полезные ископаемые, следить за лесными пожарами, за ветрами и течениями. В крайнем случае, за сарайчиком на соседском участке на предмет соответствия его строительных и санитарных норм. А то ведь уж больно неприятная эта штука — сферомехия, много ресурсов требует, а толку никакого. Ведь, как известно, на всякую хитрую пробку всегда найдется своя открывалка.

П.Данилов



Основные тематические направления конгресса

- Пленарное заседание «Фундаментальные исследования и биотехнология»
Руководитель: академик В.Г. Иванов, ИБХ им. М.М. Шенника и Ю.А. Оленичкина РАН
- Международный симпозиум Черноморской биотехнологической ассоциации
«Сельскохозяйственная биотехнология и общество»
Руководитель: член-корр. РАСХН П.Н. Харченко, ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН;
профессор А.Г. Гомиков, Черноморская биотехнологическая Ассоциация
- Российско-Американский симпозиум «Актуальные вопросы российско-американского сотрудничества в области биотехнологии. Опыт развития региональных био-технопарков в США и России»

○ СЕКЦИЯ 1. «БИОТЕХНОЛОГИИ И МЕДИЦИНА»

Руководители: академик РАМН А.М. Егоров, МГУ им. М.В. Ломоносова;
академик РАН А.И. Мирошников, ИБХ им. М.М. Шенника
и Ю.А. Оленичкина РАН

ТЕМАТИКА СЕКЦИИ:

- Биотехнология сенсорных систем
- Биотехнология пептидных препаратов
- Новые полимеры для целей биотехнологии
- Биотехнология белков крови человека
- Биосенсоры и новые системы скрининга
- Клеточные технологии в медицине

- Круглый стол «Нанотехнология в медицине»
Соручователи: академик РАМН А.И. Арчаков, ГУ НИИ БМХ РАМН
д.т.н. В.А. Быков, ЗАО НТ-МДТ
- Круглый стол «Клеточные технологии в медицине»
Руководитель: академик РАМН В.Н. Ярмизин, РГМУ
- Круглый стол «Фармакология на базе биотехнологии»
Руководитель: профессор Н.В. Меньяуткина, РХТУ им. Д.И. Менделеева
- Круглый стол «Медицинская техника и ее применение в биотехнологии»
Руководитель: профессор Д.И. Цыганов, ОАО МКНТ

○ СЕКЦИЯ 2. «БИОТЕХНОЛОГИИ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»

Руководители: академик РАСХН В.И. Фисинин, Первый вице-президент РАСХН;
академик РАСХН А.К. Эрнст, вице-президент РАСХН;
академик РАСХН И.А. Тихонович,
ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН;
член-корр. РАСХН П.Н. Харченко,
ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН

ТЕМАТИКА СЕКЦИИ:

- Трансгенные растения
- Трансгенные животные
- Регуляция экспрессии генов в биотехнологии
- ДНК-генотипирование и молекулярно-генетическая идентификация организмов
- Молекулярно-растительные системы и их биотехнологии
- Молекулярная диагностика болезней растений и животных

- Круглый стол «Биотехнология и животноводство»
Руководитель: академик РАСХН А.К. Эрнст, вице-президент РАСХН
- Круглый стол «Биотехнология и ветеринарная медицина»
Руководитель: академик РАСХН А.К. Эрнст, вице-президент РАСХН
- Круглый стол «Трансгенные и клеточные биотехнологии в селекции и растениеводстве»
Руководитель: академик РАСХН В.С. Шенелуха, ТСХА, Москва

○ СЕКЦИЯ 3. «БИОТЕХНОЛОГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»

Руководители: академик РАМН и РАСХН В.А. Быков,
НИИ биомедицинских технологий, ВНИИП;
член-корр. РАН Е.С. Северин, ВНИИ молекулярной диагностики и лечения;
д.б.н. А.С. Яценко, ФГУП ГосНИИ Генетика

○ СЕКЦИЯ 4. «БИОТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

Руководители: профессор Н.Б. Градова, РХТУ им. Д.И. Менделеева;
профессор Г.А. Жариков, НИИ токсикологии и гигиенической регламентации
биопрепаратов Министерство здравоохранения и социального развития РФ

○ СЕКЦИЯ 5. «БИОТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»

Руководители: академик РАСХН И.А. Рогов, МГУ прикладной биотехнологии;
академик РАМН В.А. Тутельдаев, НИИ питания РАМН;
д.т.н. Е.Б. Брауде, ИБХФ им. Н.М. Эммуляра РАН

○ СЕКЦИЯ 6. «БИОКАТАЛИЗ И БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Руководители: член-корр. РАН С.А. Варфоломеев,
ИБХФ им. Н.М. Эммуляра РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова;
профессор В.О. Попов, Институт биохимии им. А.Н. База РАН

○ СЕКЦИЯ 7. «БИОТЕХНОЛОГИИ»

Руководители: член-корр. РАН Г.И. Каравайко,
Институт микробиологии РАН;
академик РАН М.В. Иванов, Институт микробиологии РАН

○ СЕКЦИЯ 8. «ИННОВАЦИИ, ФИНАНСЫ И БИЗНЕС»

Руководители: член-корр. РАН В.Г. Систер,
ОАО Московский комитет по науке и технологиям;
к.т.н. Е.Н. Орешкин, Федеральное агентство по науке и инновациям

- Круглый стол «Финансирование инноваций в области биотехнологий»

Руководитель: к.т.н. С.Г. Карабаев,
Международный фонд технологий и инвестиций

○ СЕКЦИЯ 9. «БИОТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ»

Руководители: профессор Т.В. Овчинникова,
ММА им. И.М. Сеченова, Учебно-научный центр ИБХ
им. М.М. Шенника и Ю.А. Оленичкина РАН;
профессор И.А. Крылов, РХТУ им. Д.И. Менделеева

○ СЕКЦИЯ 10. «БИОИНФОРМАТИКА»

Руководители: академик РАМН А.И. Арчаков,
ГУ НИИ БМХ РАМН, Москва;
член-корр. РАН Н.А. Команов, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск;
профессор В.В. Порошков, ГУ НИИ БМХ РАМН, Москва

○ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ: «Проблемы биобезопасности, биотика» Проблемы законодательной и нормативной базы в области биотехнологии

Руководители: академик РАН М.П. Корженников,
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва;
член-корр. РАН С.В. Нетесов,
ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, г. Новосибирск

○ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ КОНГРЕССА

Президенты: академик РАН П.Д. Саркисов
и академик РАН Р.В. Петров

○ КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Президенты: академик РАМН и РАСХН В.А. Быков
Зам. президентов: профессор Т.В. Овчинникова

5-я международная специализированная выставка «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ 2007»

Тематика выставки:

Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринария, геология, промышленных производств, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе. Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований. Лабораторно-аналитическое оборудование и биодиагностические комплексы. Промышленная и лабораторная безопасность.

- Международный конкурс «Лучшая продукция специализированной выставки «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ 2007»

