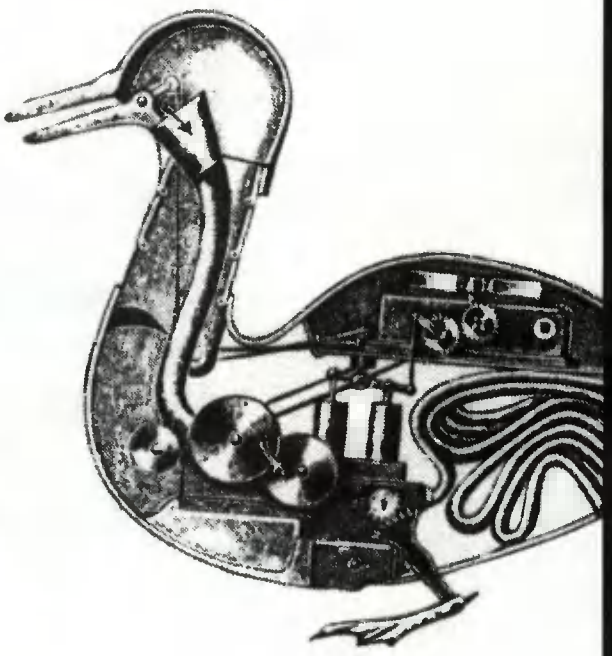
ХЖ
6
2000

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

6
Химия и жизнь — XXI век 2000
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

Мысли лезут в голову,
а надо бы — из головы.

А.Белканов



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина к статье «Круговорот проблем в природе»

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина мастера аррасской школы «Предложение сердца». Известно, что многие дворянские семьи состояли в кровном родстве. Дело, конечно, хорошее, если бы не генетика... Об инцестных браках с точки зрения генетики читайте в статье А.Травина «Мы с тобой одной крови»

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

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

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

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

Зав. редакцией
Е.А.Горина

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

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

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

Подписано в печать 02.06.2000
Отпечатано в типографии «Финтрекс»

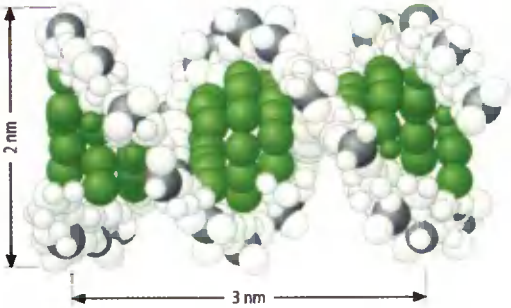
Адрес редакции
107005 Москва, Лефортовский пер., 8.

Телефон для справок:
267-54-18
e-mail: chelife@glas.apc.org
(адрес предоставлен ИКС «ГласСеть»)
Ищите нас в Интернет по адресам:
http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/chemlife/welcome.html;
http://www.aha.ru/~hj/;
http://www.informnauka.ru

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

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

© Издательство научно-популярной литературы «Химия и жизнь»

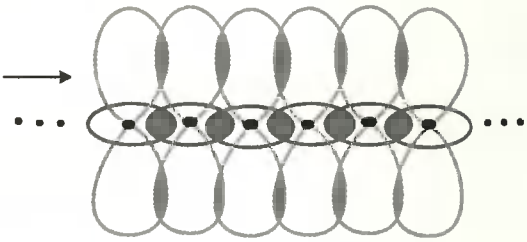


4 В 2030 году расшифровка генома любого человека станет обычной процедурой, которая будет стоить не менее 1000 долларов. К этому году будут описаны все гены, участвующие в процессе старения, и начнутся клинические испытания по увеличению максимальной продолжительности жизни человека. Таков прогноз Ф.Коллинза, руководителя программы «Геном человека» (США).

Химия и жизнь — XXI век

Профессор Токийского технологического института Х.Широкава дал своему аспиранту задание синтезировать полимер ацетилена. Однако аспирант по ошибке добавил в реакционную смесь в 1000 раз больше катализатора и вместо темного порошка получил замечательную пленку с металлическим блеском.

10



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.А.Марихин
СИНТЕТИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛЫ 10

Е.Клещенко
ДНК-ВЫЧИСЛИТЕЛЬ 16

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

А.А.Травин
МЫ С ТОБОЙ ОДНОЙ КРОВИ, ИЛИ ГЕНЕТИЧЕСКОЕ МОНТЕ-КАРЛО 22

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

О.Куликова, А.Шеховцов
ЯДЕРНЫЕ ПРИВИДЕНИЯ АРКТИКИ 30

РАССЛЕДОВАНИЕ

В.Артамонова
КРУГОВОРОТ ПРОБЛЕМ В ПРИРОДЕ 33

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

С.Афонькин, Ю.Дунаева
ПРОКЛЯТИЕ ФАРАОНОВ НА КУХНЕ 38

РАССЛЕДОВАНИЕ

В.С.Гребенников
ТАЙНА СНЫТЬ-ТРАВЫ 42

В номере

22

Тулуз-Лотрек, рожденный от брака двоюродных брата и сестры, оказался не только выдающимся художником, но и страдал тяжелой наследственной патологией. Почему?

33

Ситуация, сложившаяся в карельской реке Кереть, — это своеобразная экологическая бомба, причем из опыта Норвегии известно, что бомба эта взрывается и осколки ее могут разлететься далеко. А дело в том, что в начале 90-х годов в Керети стала исчезать семга...

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

М.Т.Мазуренко
ЛАВРОВИШНЯ ЛЕКАРСТВЕННАЯ 44

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Л.Хатуль
МЕДИЦИНА, КОТОРАЯ ВЫВОДИТ 46

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Б.З.Кантор
АГАТ И ЕГО ЗАГАДКА 52

ПОРТРЕТЫ XX ВЕКА

В.П.Скулачев
ЧЕТЫРЕ ЖИЗНИ АКАДЕМИКА БАЕВА 60

ФАНТАСТИКА

К.Берендеев
КАК ЭТО БЫЛО 64

ИНФОРМНАУКА	4	ИНФОРМАЦИЯ	49, 69
НОВОСТИ НАУКИ	14	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	28	ПИШУТ, ЧТО...	70
КОНСУЛЬТАЦИИ	50	ПЕРЕПИСКА	72
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ	56		

16

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Рассказ о том, как на основе самого древнего носителя информации — молекул нуклеиновых кислот, пытаются создать ДНК-компьютер.

38

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Фараонов муравей, тот самый, который живет у вас на кухне, не имеет никакого отношения к Египту. Его историческая родина — Индия.

50

КОНСУЛЬТАЦИИ

О том, как обработать яшму, как содержать дома хомяков и может ли болеть голова из-за багульника.

52

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

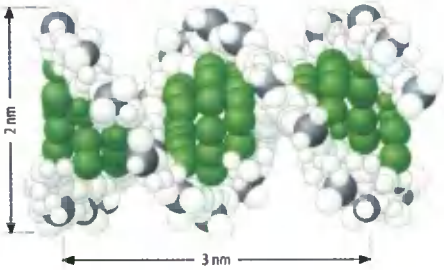
Почему агат, этот простой камень, похожий на старую картофелину, по сей день остается загадкой для ученых.

60

ПОРТРЕТЫ XX ВЕКА

Как написал в своем эссе о Баеве академик А.С.Спирин, за отпущенные ему 90 лет Александр Александрович прожил не одну, а четыре жизни.

«Геном человека» — последние достижения и прогноз



В апреле нынешнего года в Ванкувере состоялась Всемирная конференция «Геном человека», где обсуждали состояние работ по международному проекту и прозвучали прогнозы на ближайшие 40 лет. Доктор биологических наук Н.К.Янковский (Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН) дает краткий обзор для наших читателей.

Уже через два месяца американские ученые планируют завершить черновик полного текста человеческой ДНК, который состоит из 3 млрд. букв — пар нуклеотидов. Черновик допускает определенное количество ошибок и белых пятен в тексте. «Символично, что это произойдет именно в нынешнем, 2000-м году, — говорит Николай Казимирович, — когда исполняется 100 лет открытию Менделем фундаментальных законов наследственности». К 2003 году будет опубликован окончательный текст генома. В этом варианте допускается уже не более одной ошибки на 10 тысяч позиций. «Кстати, 2003 год также будет юбилейным — исполнится 50 лет открытию Уотсоном и Криком двойной спирали ДНК», — напоминает ученый.

Еще несколько лет назад казалось невозможным расшифровать человеческий геном. Однако уже в 1998 году пришел большой успех — удалось секвенировать геном круглого червя — нематоды C.elegans. Это был первый многоклеточный организм, за который взялись ученые после бактерий и дрожжей. ДНК нематоды состоит из 97 пар нуклеотидов, что примерно в 30 раз меньше, чем у человека. Однако именно эта работа убедила скептиков, что расшифровка генома человека возможна, причем уже в ближайшее время.

Секвенирование последовательностей нуклеотидов происходит гигантскими темпами, в эту работу вовлечено огромное количество ученых, работающих как в государственных научных центрах, так и в частных фирмах. Только одна американская фирма «Celera», возглавляемая Г.Вентером, расшифровывает не менее 10 млн. нуклеотидных пар в сутки. Информация о геноме человека открыта и доступна для ученых всего мира. По международному соглашению в этой работе нет приоритета конкретных авторов — результаты принадлежат всему человечеству. Это уникальный пример сотрудничества ученых для достижения действительно эпохальной цели.

Итак, расшифровка ДНК, создание генетической карты человека, первая задача ученых, работающих по проекту генома человека. Вторая — разбить эту карту на отдельные гены, которых у человека насчитывается более 80 тысяч. Третья задача, над которой работают исследователи, — функциональный анализ генома. Нужно определить, как работают те или иные гены в разных клетках и тканях организма, в разные периоды его жизни.

Наиболее важный практический выход наших знаний о геноме человека — это молекулярная медицина, то есть генная диагностика болезней, их профилактика и генотерапия. Благодаря молекулярной медицине в будущем, вероятно, будут созданы новые лекарства, гораздо более избирательные и эффективные, чем ныне существующие, поскольку они будут целенаправленно действовать на генные и белковые мишени.

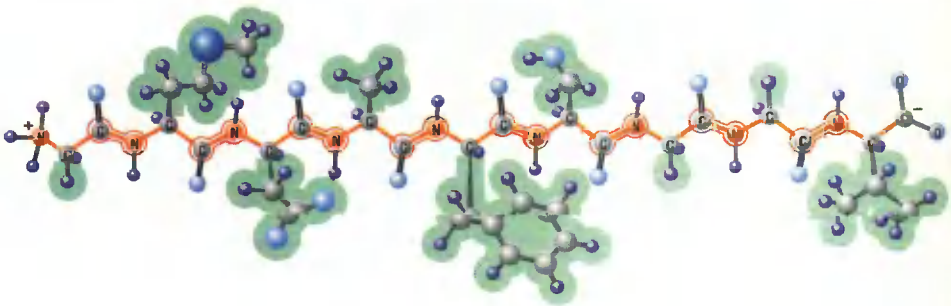
Параллельно с геномом человека идет расшифровка еще 820 геномов других животных и растений. Каким бы уникальным ни казался человек, в его ДНК есть довольно много сходства даже с мышами и дрозофилами. Что же касается наших ближайших родственников, то геном человека отличается от шимпанзе всего лишь на 1% (!). Различия обнаружены в другом: в геноме человека много вставленных в него чужеродных элементов — ретровирусов, а у обезьян их почти нет. Сходство на генном уровне позволяет изучать работу какого-либо гена у более простых организмов — так проще и быстрее, а затем использовать эти результаты применительно к человеку.

В то же время каждый человек обладает уникальным геномом: мы отличаемся друг от друга приблизительно одной позицией нуклеотидов из тысячи. Изучение генотипического разнообразия может дать ключ к пониманию уникальности личности, роли наследственности в интеллектуальных способностях и чертах характера. В обозримом будущем станет возможным создание генетического паспорта каждого человека.

Что можно ждать от геномных исследований в ближайшие 40 лет? Вот как сформулировал прогноз Ф.Коллинз, руководитель программы «Геном человека» (США).

2010 год

Генетическое тестирование, профилактические меры, снижающие риск заболеваний, и генная терапия до 25 наследственных заболеваний. Медсестры начинают выполнять медико-генетические процедуры.



Широко доступна преимплантационная диагностика, яростно обсуждаются ограничения в применении данного метода.

В США приняты законы для предотвращения генетической дискриминации и соблюдения конфиденциальности.

Не всем доступны практические приложения геномики, особенно в развивающихся странах.

2020 год

На рынке появляются лекарства от диабета, гипертонии и других заболеваний, разработанные на основе геномной информации.

Терапия рака, прицельно направленная на свойства раковых клеток.

Фармакогеномика становится общепринятым подходом для создания многих лекарств.

Изменение способа диагностики психических заболеваний, появление новых способов их лечения, изменение отношения общества к таким заболеваниям.

Демонстрация безопасности генотерапии на уровне зародышевых клеток при помощи технологии гомологичной рекомбинации.

2030 год

Определение последовательности нуклеотидов всего генома отдельного индивида станет обычной процедурой, стоимость которой менее 1000 $.

Каталогизированы гены, участвующие в процессе старения.

Проводятся клинические испытания по увеличению максимальной продолжительности жизни человека.

Лабораторные эксперименты на человеческих клетках заменены экспериментами на компьютерных моделях.

Активизируются массовые движения противников передовых технологий в США и других странах.

2040 год

Все общепринятые меры здравоохранения основаны на геномике.

Определяется предрасположенность к большинству заболеваний (при/до рождения).

Доступна эффективная профилактическая медицина с учетом особенностей индивида.

Болезни детектируются на ранних стадиях путем молекулярного мониторинга.

Для большинства заболеваний доступна генная терапия.

Замена лекарств продуктами генов, вырабатываемыми организмом при ответе на терапию.

Средняя продолжительность жизни достигнет 90 лет благодаря социоэкономическим мерам.

Проходят серьезные дебаты о возможности человека контролировать собственную эволюцию.

Неравенство в мире сохраняется, создавая напряженность на международном уровне.

Биотехнологическая змея

Ученые из Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН получили культуру клеток ядовитой железы гадюки и определили, какие вещества влияют на образование змеиного яда. Это даст возможность не выцеживать яд из змей, а получать его из культуры клеток. Полученные результаты уникальны, мировых аналогов нет.

Доктор биологических наук В.С.Голубков и доктор технических наук Э.И.Лежнев предложили выращивать в питательной среде клетки ядовитой железы обыкновенной гадюки и разработали методику их культивирования. Ученым удалось получить культуру клеток, которые растут и при определенных условиях синтезируют яд. За сутки из 1 мл культуральной жидкости можно выделить 0,05 мг яда. Продолжительность жизни такой культуры — 4 месяца, но исследователи собираются сделать ее бессмертной, а затем разработать лабораторную модель биотехнологического производства змеиного яда.

Почему ученые задумались над созданием биотехнологического способа получения яда? Змеи очень плохо размножаются в неволе, поэтому их приходится отлавливать в природе. Отбирать яд у змей трудно и опасно. Содержать их тоже опасно и хлопотно, потому что змеи требуют очень бережного обращения. Кроме того, состав яда у одной и той же змеи меняется в зависимости от возраста, пола, времени года и других факторов.

При хорошем уходе гадюка может прожить в неволе до 15 лет, но, как правило, в серпентарии она выдерживает не более 6 месяцев. За это время со змеи можно «надоить» яда не более чем на одну ампулу препарата «Випраксин»! При таком обращении со змеями удивительно, что у нас вообще еще остались гадюки. А между тем яд нам необходим, потому что на его основе делают лекарства от ревматизма, спазмов сердечных сосудов, бронхиальной астмы и лечебные сыворотки, спасающие от змеиных укусов. Биотехнологическое производство может дать столько яда, сколько необходимо, независимо от капризов змеи. Да и животное не придется мучить.

Но научиться выращивать клетки ядовитой железы — это лишь полдела, главное, заставить их синтезировать яд. Ведь у змеи яд не образуется постоянно. Некоторое его количество находится в полости железы, но следующая порция синтезируется только после того, как змея кого-нибудь укусит; клетки же никого не кусают.

Сведения о том, как работает железа в естественных условиях, противоречивы. По некоторым данным, деятельность железы регулирует нервная система. Нервные клетки передают сигналы с помощью нейромедиаторов — веществ, которые выделяет нервная клетка и которые взаимодействуют со специальными рецепторами на поверхности клеток-мишеней. Рецепторы реагируют и на молекулы некоторых других веществ (агонистов), на этом свойстве основано действие многих лекарств. Но если клетки ядовитой железы откликаются на сигналы нервной системы, то они должны реагировать и на вещества-агонисты.

Ученые исследовали срезы ядовитой железы в питательной среде и выяснили, что ее клетки действительно начинают работать, то есть активно синтезировать белки, входящие в состав змеиного яда, если в среде присутствует вещество карбахол.

Карбахол, синтетический аналог нейромедиатора ацетилхолина, устойчив к действию специфического фермента, разлагающего нейромедиатор, и стабилен в водных растворах. Именно поэтому ученые и использовали данное вещество, а не ацетилхолин. Уже через полтора часа после добавления карбахола клетки начинали выделять яд в питательную среду, а извлечь его оттуда гораздо легче, чем из живой неприветливой гадюки. Но трудности на этом не закончились.

Дело в том, что яд гадюки токсичен для нее самой. Он состоит из двенадцати белков, некоторые из них в железе неактивны. Когда яд вытекает из железы и попадает, например, в кровь или культуральную среду, белки яда переходят в активную форму. В результате большая часть клеток культуры гибнет, а оставшиеся в живых не делятся и не могут синтезировать яд. Эту проблему удалось решить, высевая клетки в большой объем среды. Благодаря этому яд сильно разбавляется, а в низкой концентрации (0,003 мг/мл) он для клеток не опасен. Тем не менее среду, в которой растут клетки, надо менять не реже раза в сутки, чтобы яд не скапливался в ней в больших количествах.

Российские ученые получили уникальные результаты, которым нет в мире аналогов. Они сделали это в основном на энтузиазме. Но для продолжения работы необходимы дополнительные средства. Будем надеяться, что источники финансирования вскоре будут найдены, и это позволит наладить биотехнологическое производство ядов не только обыкновенной гадюки, но и других змей. Тогда не придется их ловить в теплых краях, теперь уже за границей, и везти за тысячи километров, чтобы она укусила стаканчик в серпентарии.

Спрячем радионуклиды в полевой шпат

Ученые из Института экспериментальной минералогии РАН предложили использовать кристаллы полевого шпата в качестве камер хранения для радионуклидов из жидких радиоактивных отходов. Полевой шпат с таким содержимым можно без опаски захоранивать на сколь угодно долгий срок. Исследования поддержаны Международным научно-техническим центром (МНТЦ).

Самый лучший способ избавиться от радиоактивных отходов, считают ученые из Института экспериментальной минералогии РАН, — хранить их внутри материалов, которые уже показали свою совместимость с биосферой в течение миллионов лет. Такие материалы известны — это минералы, например полевой шпат. Его-то и решили использовать в качестве своеобразной камеры хранения для радионуклидов, поскольку они прочно фиксируются в кристаллической решетке минерала.

Как же загнать радионуклиды в минеральную матрицу? Жидкие радиоактивные отходы пропускают через колонки с сорбентами из цеолитов (состав этих минералов такой же, как и у полевого шпата). Атомы радиоактивных элементов проникают внутрь этого пористого материала и прочно там оседают, встраиваясь в его кристаллическую решетку. Теперь их будет трудно извлечь даже при большом желании. Затем цеолиты прокаливают при температуре 1000°С, и они превращаются в полевой шпат, при этом все радионуклиды остаются на своих местах. Чтобы связать тонну сухих радиоактивных отходов, надо взять 5 тонн цеолитов, а после отжига из них получится 4,5 тонны полевого шпата.

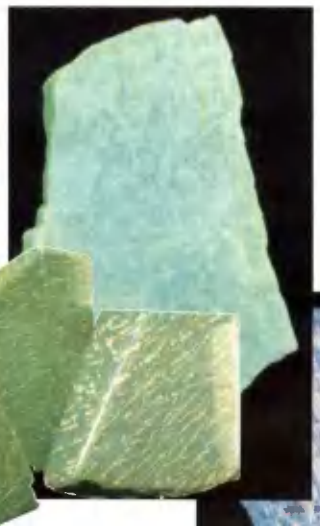
Но что теперь делать с радиоактивным полевым шпатом? В подходящей породе, уже содержащей природный полевой шпат, бурят скважину и погружают в нее блоки шпата с радионуклидами. Такой блок, разумеется, радиоактивен, но в окружении природного полевого шпата он не разрушается и не выпускает из своих объятий радионуклиды. А через 200 лет большинство радионуклидов в нем распадется и радиоактивность блока не будет превышать фонового значения.

Сейчас жидкие радиоактивные отходы принято хранить в емкостях-отстойниках или в виде специальных стекол. Оба эти способа не так хороши, как хотелось бы. Емкости корродируют, и за ними надо постоянно следить, стекла раскристаллизовываются, и вода постепенно вымывает из них радиоактивные компоненты. Исследования полевого шпата, содержащего радионуклиды, по тестам МАГАТЭ показали, что они в двадцать—тридцать раз более устойчивы, чем стекла.

Адуляр

Ученые считают, что предложенный ими метод более безопасен для окружающей среды, технологически прост и относительно дешев. Важно, что в производственном цикле используются цеолиты — весьма распространенный промышленный сорбент. Более того, для поглощения радионуклидов годятся цеолиты, уже отработанные на других производствах.

Лунный камень



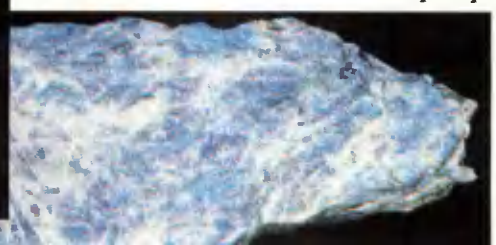
Амазонит

Гадание по руке на бронхит

Ученые из Научно-практического центра медико-социальных и экономических проблем здравоохранения (Екатеринбург) обнаружили связь между особенностями рисунка на ладонях и пальцах рук и заболеванием хроническим пылевым бронхитом. Эту зависимость можно будет использовать при профилактических медицинских осмотрах для выявления людей, предрасположенных к этому профессиональному заболеванию.

Генетическую предрасположенность к профессиональным заболеваниям органов дыхания можно выявить по харак-

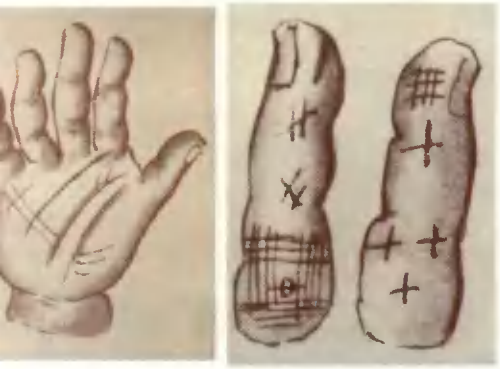
Лабрадор



теру узоров на пальцах и ладонях (метод дерматоглифики) — к такому выводу пришли екатеринбургские исследователи под руководством доктора медицинских наук Е.В.Ползик. Они применили метод дерматоглифики для выявления генетической предрасположенности к пылевому бронхиту.

Для исследований ученые сформировали из работников Магнитогорского металлургического комбината две группы по 62 человека: больных хроническим пылевым бронхитом и рабочих тех же цехов завода с большим стажем работы, но без каких-либо проявлений «пылевой» патологии. Членов каждой группы отбирали так, чтобы они попарно уравновешивали друг друга по полу, национальности, возрасту, в котором они начали работу во вредных условиях, и наличию пневмоний в истории болезни.

Узоры на пальцах и ладонях испытуемых оценивали по 61 параметру, в том числе по характеру рисунка (дуги, петли или завитки) на пальцах и на разных участках ладони, по числу линий, образующих узор, направлению основных линий ладони и их ширине. Практика показала, что для достоверной оценки генетической предрасположенностью к пылевому бронхиту вполне достаточно 13 параметров. Риск возникновения болезни возрастает, например, если в зонах ладоней между пальцами есть рисунок «двойная петля», на пальцах — «арка» или «петля», открытая к



центру ладони, причем узоры составлены из небольшого числа линий. Когда ученые сравнили эти характерные признаки с теми, что выделили раньше, при исследованиях среди больных силикозом (рабочих золотодобывающих шахт, двух огнеупорных производств, асбестообогатительных фабрик и литейно-обрубных цехов машиностроительного завода), оказалось, что пять из них совпадают. Очевидно, все люди, склонные к любому из этих профессиональных заболеваний, имеют сходный тип дерматоглифики, что упрощает предварительную диагностику.

У этого своеобразного «гадания по руке» есть весомые научные основания. Состояние нашего здоровья определяют многие гены, каждый из которых влияет на множество самых разных признаков. Рисунок на пальцах и ладонях тоже определяют гены, и, по-видимому, те же самые, что влияют на повышенную восприимчивость организма к запыленному воздуху.

Среди профессиональных заболеваний в Российской Федерации чаще всего встречаются болезни органов дыхания (более трети всех случаев), из которых почти половина приходится на пылевой бронхит. К сожалению, вредные для здоровья человека производства пока не удается сделать безопасными, но можно уменьшить ущерб, если не принимать на эти производства людей, восприимчивых к действию вредных агентов. Скорее всего, человеку из группы риска нельзя будет отказать в приеме на работу на основании отпечатков пальцев. Но, по крайней мере, он будет заранее предупрежден о последствиях.

Металлические травы

Ученые из нескольких научно-исследовательских институтов Москвы и Витебска, а также из Главного ботанического сада им.Н.В.Цицина РАН выявили среди лекарственных растений те, которые концентрируют в себе металлы и иод, извлекаемые из почвы. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.

Ученые исследовали 52 вида растений: их собирали на природе или выращивали на производственных площадях Всероссийского института лекарственных и ароматических растений в Московской области. Те части растения, которые обычно используют в медицине (корневища, листья, кору или плоды), сжигали, а затем определяли концентрацию различных элементов в золе. Если она в несколько раз превышала среднюю концентрацию, характерную для других растений этого региона, то исследуемое растение считали умеренным накопителем, если в 10–100 раз, то сверхконцентратором.

Накопителей оказалось довольно много, сверхконцентраторов — гораздо меньше. Больше всего видов (десять) накапливают хром. Первенство здесь принадлежит сушенице топяной: ее корни содержат 8,4 мкг элемента на грамм золы, что в 56 раз превышает среднее значение. Она же, причем единственная из исследованных видов, концентрирует медь в чрезмерных количествах, а также железо (2300 мкг/г золы, что в 23 раза превышает средний уровень). Всего же найдено три вида растений сверхнакопителей железа, четыре — марганца (больше всего в листьях брусники и плодах черники), пять — кобальта (в плодах черемухи Маака его в 25 раз больше нормы, а в ягодах обыкновенной черемухи — в 23 раза).

Помимо пяти упомянутых элементов, некоторые виды растений накапливают в сверхдозах тяжелые металлы, свинец и кадмий, а также иод. Сверхконцентратором этого элемента оказалась ольха серая. Содержание иода в ее шишечках превышает среднюю величину в 340 раз и составляет 54 мкг на грамм золы. Исследователи считают, что ольху серую можно рекомендовать для восстановления почв, загрязненных изотопами этого элемента.

К сверхконцентраторам тяжелых металлов ученые относят также плоды черники обыкновенной и корневища подофилла гималайского, содержание свинца у которых составляет 47,7 и 192 мкг на грамм золы и превышает среднее значение в 16 и 64 раза соответственно. А в сушенице

топяной обнаружили кадмий — 4,5 мкг на грамм золы, что выше средней величины в 15 раз.

По словам авторов, неизвестные ранее виды-сверхконцентраторы как отдельных элементов, так и их групп можно использовать в медицине для профилактики и лечения заболеваний, вызванных нарушениями в организме человека микроэлементного равновесия.

Не исключено, что такие растения можно использовать как естественный очиститель почв от тяжелых металлов, если на загрязненных участках выращивать уже известные виды растений.

Синтетический конкурент алмазу

Еще в 1989 г. ученые предсказали возможность существования нитрида углерода (C_3N_4), который, по их оценкам, должен быть тверже алмаза. После этого исследователи разных стран пытались синтезировать новое перспективное соединение, но тщетно – в лучшем случае удавалось получить аморфное вещество либо тончайшие кристаллические пленки. И вот недавно группа российских ученых во главе с профессором Н.Б.Зоровым (Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова) разработала метод, с помощью которого можно получать объемные образцы кристаллического нитрида углерода. Исследование поддержано грантом РФФИ.

Нитрид углерода синтезируют в две стадии. Сначала получают тонкие пленки этого вещества. Для этого два графитовых электрода помещают в специальный сосуд, заполненный азотом при очень низком давлении (одна стотысячная атмосферы), и зажигают электрический разряд. Между электродами образуется плазма, содержащая атомы и ионы азота. Затем на поверхность катода направляют луч лазера, который испаряет атомы углерода. Они попадают в плазму электрического разряда, где взаимодействуют с ее компонентами, а образовавшийся нитрид углерода оседает на кремниевую пластинку в виде тонкой пленки.

Теперь эту пленку можно использовать как затравку для роста объемных кристаллов нитрида углерода. Для этого между двумя такими пленками помещают аморфный нитрид углерода и этот бутерброд выдерживают при высоком давлении (70000 атм) и температуре (500°С). В этих условиях аморфный материал кристаллизуется, и через два часа получается шайба с кристаллическим нитридом углерода. Таким способом исследователи вырастили из нового вещества шайбу диаметром 5 мм и толщиной 3 мм.

Новый материал действительно по твердости не уступает алмазу, поэтому его собираются применять для покрытия компьютерных жестких дисков, почти не стирающихся головок видеомагнитофонов и эмиттеров электронов.

Кофеин обостряет зрение

Ученые из Ставрополья Э.Б.Арушанян и К.Б.Ованесова обнаружили еще одно воздействие кофеина на организм человека. Оказывается, он делает образы, воспринимаемые глазом, ярче и четче.

Чтобы прийти к этому выводу, исследователи определяли чувствительность сетчатки глаза у 24 молодых мужчин с хорошим зрением. Для таких измерений есть специальная методика. На белом экране компьютера рисуют цветное пятно такой яркости, что человек не может его различить. Постепенно яркость увеличивают, и уровень, когда пятно становится видимым, принимают за степень зрительной чувствительности.

Определив исходную чувствительность глаз у всех участников эксперимента, ученые разделили их на три группы и дали таблетки: первым двум группам – с кофеином, но в разных дозах, третьей группе – без кофеина, чтобы проконтролировать случайные изменения восприятия. Через полчаса после приема таблеток испытуемым снова измерили чувствительность сетчатки.

В группе, которой давали таблетки без кофеина, исследователи не выявили каких-либо значимых изменений. А в двух других группах оказалось, что чем больше доза кофеина, тем меньше уровень яркости, при котором человек способен воспринимать пятно на экране компьютера.

Получается, кофеин помогает сетчатке глаза сильнее реагировать на внешний мир. В результате окружающие объекты становятся ярче, содержат больше оттенков, и на них проявляются невидимые раньше детали.

10 мая завершилась 34-я Менделеевская олимпиада школьников по химии стран СНГ и Балтии

В олимпиаде, которая в этом году проходила в Баку, приняли участие 54 школьника 10-х и 11-х классов из 10 стран СНГ — Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Литвы, Молдовы, России, Туркменистана, Узбекистана, Украины. Среди участников олимпиады, а все они — победители национальных олимпиад, было всего лишь четыре девушки.

Менделеевская олимпиада проходила в три тура: два теоретических и один экспериментальный. На первом теоретическом туре ребятам предлагали восемь обязательных задач, на втором туре надо было выбрать и решить 6 из 14 предложенных задач. А на экспериментальном, который проходил в Бакинском государственном университете, участники должны были определить состав смеси органических веществ.

По итогам олимпиады обладателями бронзовых медалей и дипломов 3-й степени стали 17 участников, серебряными призерами — 15 школьников. Золотые медали и дипломы 1-й степени получили шестеро: Ченцов Александр (Саратов), Шафиев Вусал (Баку), Кудринский Алексей (с. Еманжелинка Челябинской области), Ризаев Эльдар (Мингечаур), Асаченко Андрей (Челябинск). Абсолютный золотой призер, набравший максимальное число баллов, — Головко Юрий (Минск).

Двух золотых призеров, Асаченко Андрея и Кудринского Алексея, подготовил учитель из челябинской школы Владимир Владимирович Меньшиков. Это беспрецедентный для Менделеевской олимпиады случай, когда у двух золотых призеров один учитель.

«Стать победителем Менделеевской олимпиады — это практически единственная возможность для талантливых ребят из стран содружества поступить и учиться в лучшем химическом центре одного из лучших в мире университетов — на Химическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова», — сказал на закрытии олимпиады Председатель оргкомитета Международных Менделеевских олимпиад, президент Ассоциации по химическому образованию, декан Химического факультета МГУ, член-корреспондент РАН Валерий Васильевич Лунин.

Международная Менделеевская олимпиада школьников по химии, которую проводят Ассоциация по химическому образованию, Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, РХТУ им. Д.И.Менделеева при поддержке РХО им. Д.И.Менделеева и Федерации химических обществ стран СНГ, продолжает традиции бывшей всесоюзной олимпиады и проходит каждый год без перерывов, несмотря на катаклизмы и потрясения в нашем обществе.

При всей огромной значимости этого престижного турнира для сохранения единого образовательного пространства на территории СНГ у Менделеевской олимпиады нет централизованного финансирования. Поэтому в Баку не смогли приехать команды из Грузии, Киргизии, Латвии и Таджикистана, хотя они и изъявили желание. Из 24 российских школьников, заслуживших право участвовать в престижной Менделеевской олимпиаде, смогли приехать только 14 человек. Многим помогли местные органы народного образования, спонсоры, которых нашли учителя, и родители школьников. Часть расходов взяло на себя правительство Азербайджана, что позволило провести олимпиаду на высоком уровне с известным восточным гостеприимством.

Большая подготовительная работа оргкомитета и жюри в Москве, а также командирование членов жюри в Баку стало возможным благодаря спонсорам Ассоциации по химическому образованию — НК ЮКОС и АО «Мосреактив». Организаторам олимпиады особенно приятно, что предложение о выделении благотворительного взноса для 34-й Менделеевской олимпиады пришло из Канады от президента компании ACD Валерия Кулькова, неоднократного призера всесоюзных и международных химических олимпиад (http://www.acdlabs.com/).

Оргкомитет Менделеевской олимпиады собирается создать благотворительный фонд и приглашает откликнуться всех участников и призеров прошлых лет, кто разделяет мнение о чрезвычайной важности олимпиады для общества и его будущего.

35-я Международная Менделеевская олимпиада школьников по химии состоится в мае 2001 года в Москве, а 36-ю олимпиаду будет принимать у себя в 2002 году Казахстан.

Международное жюри олимпиады с большим интересом знакомится с выполненными заданиями

Юрий Головко (Беларусь) — абсолютный победитель олимпиады

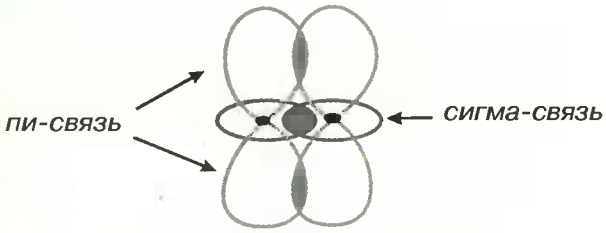
Синтетические металлы

Можно привести немало примеров, когда случайная ошибка экспериментатора приводила к крупному научному открытию. Например, в конце прошлого века Анри Беккерель обнаружил явление радиоактивности, проявив фотопластинку, приготовленную для облучения солнечным светом соли урана, предполагая, что при этом новый элемент станет испускать лучи, подобные рентгеновским. По причине плохой погоды солнце не проглядывало сквозь облака, но тем не менее на фотопластинке остался отпечаток образца. Этот момент можно считать началом атомной эры. А в 1971 году профессор Токийского технологического института Хидеки Широкава дал своему аспиранту задание синтезировать полимер ацетилена. Впервые полиацетилен был получен еще в 1955 году в виде темного порошка, не обладающего никакими особо выдающимися свойствами. Однако аспирант по ошибке добавил в реакционную смесь в 1000 раз больше катализатора, чем требовалось по методике (наверное, перепутал граммы с миллиграммами), в результате чего вместо темного порошка получил роскошную пленку с металлическим блеском. Едва взглянув на эту пленку, Широкава подумал, что она может послужить основой для создания полимеров, обладающих свойствами металлических проводников. Такой синтетический металл Широкаве действительно удалось изготовить в США при участии сотрудников Пенсильванского университета Э.Макдайрмида и А.Хигера.

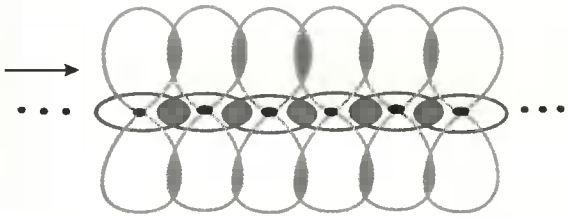
Электроны без места жительства

Принципиальная возможность изготовить на основе полиацетилена материалы, обладающие металлической проводимостью, определяется тем, что его молекула содержит систему так называемых сопряженных связей, то есть ковалентных ординарных связей С–С, регулярно чередующихся с такими же ковалентными двойными связями С=С.

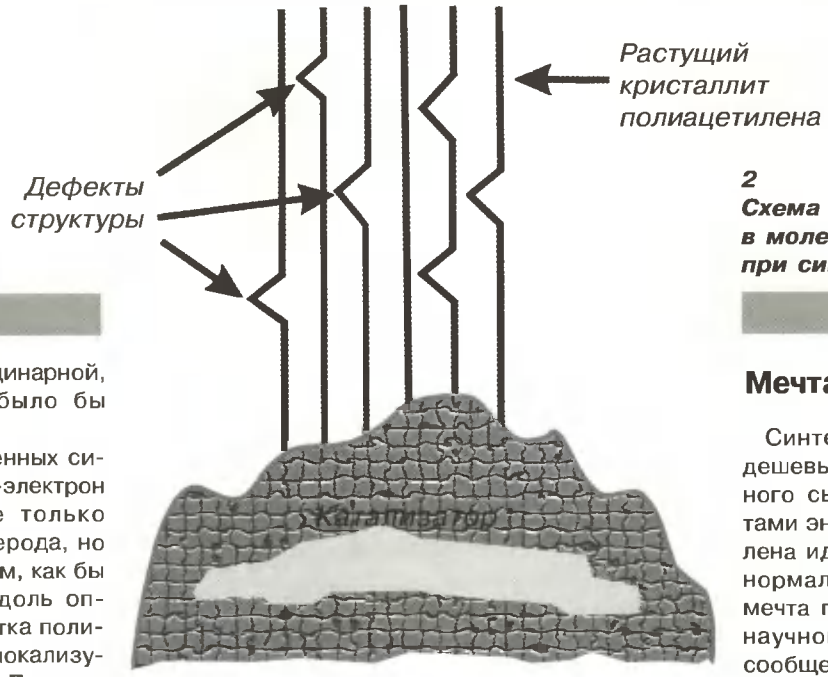
Как известно, каждая ковалентная связь возникает в результате перекрывания электронных облаков соседних атомов. Но у электронных облаков, образующих ординарные и двойные связи, различная конфигурация. Электронные облака ординарных связей имеют форму капель, вытянутых в сторону соседних атомов, — это так называемые сигма-электроны. Облака сигма-электронов перекрываются очень сильно, и поэтому ординарная, или сигма-связь, очень прочная. В образовании же двойной связи, помимо сигма-электронов, участвуют так называемые пи-электроны, облака которых имеют форму восьмерок с осями, перпендикулярными сигма-связям (рис. 1а). Так как облака пи-электронов перекрываются слабее, чем облака сигма-электронов, то энергия пи-связи примерно на одну треть меньше энергии сигма-связи, и поэтому двойная связь оказывается не



1а
Схематическое изображение сигма- и пи-связей в молекуле этилена $CH_2=CH_2$



1б
Схематическое изображение сопряженных связей в молекуле полиацетилена $(-CH=CH-)_n$: пи-электроны образуют единую систему и делокализованы, не принадлежат конкретно какому-то определенному атому углерода



2
Схема образования дефектов в молекуле полиацетилена при синтезе и кристаллизации

вдвое прочнее ординарной, как это можно было бы ожидать.

А вот в сопряженных системах каждый пи-электрон принадлежит не только своему атому углерода, но и соседним атомам, как бы размазывается вдоль определенного участка полимерной цепи, делокализуется (рис. 1б). Причем квантово-механические свойства сопряженной цепи таковы, что с увеличением ее длины обобществление электронов (то есть их делокализация) возрастает. В случае теоретически бесконечной цепи сопряжения такие пи-электроны полностью делокализуются, как бы теряют место своей «постоянной прописки» и размазываются вдоль всей цепи, то есть начинают походить на свободный электронный газ в металле. Вот этот газ и служит причиной высокой проводимости металлов.

(Разумеется, полимеров с бесконечно длинной цепью не бывает, но в молекуле бензола, где система сопряженных связей замкнута в кольцо, у которого нет ни начала, ни конца, пи-электроны как раз полностью делокализованы.)

Тем не менее пленка, полученная аспирантом японского профессора, обладала ничтожной проводимостью, потому что в ней не было свободных носителей зарядов. Придать полиацетилену свойства настоящего металлического проводника Широкаве как раз и удалось благодаря сотрудничеству с Макдайрмидом и Хигером.

Для этого ученые использовали прием, позволяющий регулировать концентрацию носителей зарядов в полупроводниках — так называемое допирование. А именно: после того как в полиацетилен ввели всего около 10 мольных процентов иода, проводимость пленки, приобретшей золотистый оттенок, сразу же возросла на 15 порядков, то есть в миллион миллиардов раз!

Исходный полимер не проводит тока, поскольку не имеет собственных свободных носителей зарядов. Однако они могут легко возникать под действием света или в результате воздействия на молекулу полиацетилена сильного восстановителя или окислителя. Например, молекула иода оттягивает на себя от полиацетилена пи-электрон, в полимерной же цепи на его месте остается положительно заряженная «дырка».

Если бы иод реагировал не с сопряженным полимером, а с малой молекулой, содержащей изолированные двойные связи (например, с этиленом $CH_2{=}CH_2$), то отрицательные ионы иода тотчас же притянулись бы к положительным «дыркам» и произошла бы обычная химическая реакция присоединения галогена по двойной связи. Но так как в полиацетилене электроны делокализованы, то делокализованными оказываются и «дырки». И чем длиннее полимерная цепь, тем меньшей становится величина положительного заряда, приходящегося на каждый атом углерода, и тем стабильнее оказываются свободные носители зарядов. Из-за этого полиацетилен, допированный иодом, и приобретает высокую проводимость.

Но это было только начало: когда удалось добиться того, чтобы молекулы полиацетилена располагались не беспорядочно, а параллельно друг другу, проводимость пленки превысила даже проводимость меди и серебра. Причина этого явления заключается в том, что параллельная укладка полимерных молекул облегчает прыжки носителей заряда с одной цепочки на другую.

Мечта потребителей

Синтетический металл — легкий, дешевый, производимый из доступного сырья с минимальными затратами энергии (полимеризация ацетилена идет при низкой температуре и нормальном давлении) — разве не мечта потребителей? И как только в научной печати появились первые сообщения о работах японско-американской троицы, у всех химиков-полимерщиков буквально перехватило дыхание и они наперегонки занялись синтезом все новых и новых полимеров с сопряженными связями.

Но... всегда есть какое-нибудь «но». Недаром же какой-то мудрец сказал: «Входите в радость с осторожностью». И полиацетилен, и его многочисленные производные оказались весьма нестойкими веществами. Под действием кислорода воздуха их великолепные электрофизические свойства исчезали буквально на глазах: спустя всего несколько месяцев эластичная проводящая пленка рассыпалась в прах... К тому же у полиацетилена и большинства его аналогов был еще один досадный недостаток — они не плавятся и не растворяются ни в одном из известных растворителей, а это служит серьезным препятствием для их практического применения.

Но главная проблема заключалась все же в нестойкости полимеров с сопряженными связями. Их молекулы очень быстро окисляются, потому что если по какой-либо причине сопряжение нарушается хотя бы в одном месте, то электроны перестают равномерно размазываться по цепи и ее устойчивость к внешним воздействиям сразу же резко уменьшается. Самый грубый дефект сопряжения возникает в том случае, если нарушается регулярное чередование ординарных и двойных связей: несколько подряд расположенных связей С–С необратимо разрывают цепь сопряжения. Более мягкий (так называемый конформационный) дефект заключается в том, что полимерная цепь скручивается, в результате чего облака пи-электронов перекрываются слабее

и их делокализация уменьшается. А носитель заряда, локализованный на том или ином дефекте, становится легкой добычей для окислителя: молекула кислорода атакует двойную связь, присоединяется к ней, и полимер быстро разрушается.

Как образуются все эти зловредные дефекты?

Оказывается, что они в основном возникают при синтезе. Ведь молекулы полимера растут на поверхности катализатора как жесткая щетина, потому что в этих молекулах, по сути дела, нет ни обычных ординарных, ни обычных двойных связей. И если скорость реакции больше скорости образования из жестких полимерных цепей идеальной трехмерной структуры-кристаллита, то в молекулах полиацетилена и возникают дефекты, своего рода «вывихи» (рис. 2).

Палочки и веревочки

Чтобы избежать возникновения подобных случайных дефектов, мы решили целенаправленно вводить в жесткую молекулу полиацетилена гибкие фрагменты $-CH_2-CH_2-$. Эти участки должны были выполнять роль непроводящих гибких «веревочек», соединяющих жесткие проводящие «палочки», как бы служить демпферами, принимающими на себя все напряжения, которые возникают при синтезе и кристаллизации полимера. Конечно, эти фрагменты должны ухудшить проводимость, поскольку носителям зарядов придется как бы прыгать через непроводящие «веревочки», но если сопряженные цепи окажутся бездефектными и достаточно длинными, то можно надеяться, что случайные дефекты уже не появятся и полимер окажется устойчивым к окислению. Кроме того, гибкие развязки должны были сделать такие сополимеры плавкими и растворимыми, то есть технологичными.

С этой целью мы стали синтезировать сополимеры ацетилена и этилена. Так как предстояло найти оптимальное соотношение между жесткими и гибкими участками макромолекул, то есть достичь компромисса между проводимостью (способностью носителя заряда допрыгнуть до ближайшего проводящего участка) и стабильностью (бездефектностью проводящих участков), мы изучили свойства множества сополимеров с различным соотношением проводящих и непроводящих фрагментов.

Оказалось, что сополимеры ацетилена и этилена, получающиеся в виде порошков сине-голубого цвета, устойчивы к окислению и могут храниться годами. А подобрав оптимальный режим допирования иодом, мы обнаружили у изготовленных образцов проводимость, пропорциональную содержанию полиацетилена. Правда, максимальная проводимость этих сополимеров на пять порядков уступала проводимости чистого полиацетилена, но ее можно было увеличить, приблизив молекулы друг к другу.

Это удалось сделать, уложив все молекулы параллельными пучками. Ведь наши сополимеры можно не только плавить и растворять, но и просто прессовать, так как их частички легко слипаются друг с другом при небольшом давлении даже при комнатной температуре. А при прокатке большинство молекул ориентируется в одном направлении, и проводимость образца сразу же возрастает в десять раз. Дело в том, что если полимерные цепочки уложены параллельно друг другу (а именно так и получается в результате прокатки), то носители зарядов могут преодолевать непроводящие участки, перепрыгивая не через них, а на проводящие звенья соседних макромолекул.

Для выяснения причин досадной разницы между проводимостью чистого полиацетилена и наших сополимеров мы задействовали обширный комплекс методов исследования — рентгенографию, спектроскопию, электронную микроскопию, а также определения их теплофизических характеристик. Мы надеялись найти разгадку в необычном строении комплекса с переносом заряда, образующегося при допировании сополимеров. Однако оказалось, что сопряженные последовательности в сополимерах ничем не отличаются от их аналогов в полиацетилене, а главной помехой высокой проводимости служат изолированные связи C=C, которые вклиниваются при синтезе в состав сополимера и являются, по сути дела, дефектами, хотя и создают видимость большого содержания проводящих участков. Такие дефекты возникают из-за неувязок между природой катализатора и условиями синтеза. Поэтому дальнейшая задача повышения проводимости сополимеров ложится на химиков, которые должны искать новые катализаторы и подбирать новые условия синтеза.

Итак, хотя максимальная проводимость сополимеров, полученных в Черноголовке, в Институте химической физики, и в Санкт-Петербурге, в Физико-техническом институте, еще далека от проводимости допированного полиацетилена, но она уже достаточна для практики. Главные же достоинства новых материалов заключаются в их стабильности и в том, что их, в отличие от полиацетилена, можно подвергать механической обработке. А это позволяет надеяться на то, что синтетические металлы вскоре смогут найти разнообразные области применения — например, для изготовления легких аккумуляторов большой емкости.

Доктор
физико-математических наук
В.А.Марихин,
Физико-технический
институт им. А.Ф.Иоффе, РАН,
Санкт-Петербург

Статья написана по материалам исследований, выполненных совместно с кандидатом физико-математических наук Л.П.Мясниковым, кандидатом технических наук Е.Г.Гук, кандидатом физико-математических наук А.Н.Алешиным (Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург) и доктором химических наук Г.П.Беловым (Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Черноголовка).
E-mail: v.marikhin.@pop.ioffe.rssi.ru

Охота на фотона

S.Komiyama et al., «Nature», 2000, v.403, p.405

Одиночный фотон видимого или ближнего инфракрасного света (с длиной волны меньше микрометра) легко обнаруживается фотоумножителем: квант, попавший на катод в вакуумной трубке, вызывает в цепи электрический ток. Однако для фотонов с меньшей энергией подобный трюк уже не проходит. Как же их улавливать? Ведь это необходимо молекулярным спектроскопистам, астрономам, исследователям излучения живых организмов. Теперь японские специалисты нашли путь к созданию детектора фотонов дальнего инфракрасного (субмиллиметрового) диапазона волн, позволяющего засекать одиночный квант и одновременно измерять его энергию.

Эти фотоны имеют энергию всего 1—100 мэВ (для сравнения, кванты видимого света — 1,6—3,3 эВ), и для их регистрации было решено использовать переход электрона с одного уровня Ландау на другой. Такие близлежащие уровни возникают в двумерном электронном газе, помещенном в сильное магнитное поле (в условиях, когда наблюдают квантовый эффект Холла; его изучение уже отмечено двумя Нобелевскими премиями — см. «Новости науки», 1999, № 1). При этом фотон будет поглощен электроном, только если энергия светового кванта точно соответствует разности уровней Ландау. Следующий шаг — детектирование такого возбужденного электрона. Оказалось, что это позволяет сделать одноэлектронный транзистор на основе квантовой точки («Новости науки», 1998, № 2).

К сожалению, пока такой прибор неудобен для широкого использования, поскольку требует охлаждения до 1 К: при комнатной температуре искомые фотоны тонут в тепловом шуме, то есть фоновое излучение забивает полезный сигнал; кроме того, квантовые точки тоже работают пока только вблизи абсолютного нуля. Значит, ключевая проблема однофотоники и одноэлектроники — поднять планку допустимых температур.

Кстати, в связи с приближением миллениума журнал «Physics World» попросил сто известных физиков разных стран составить свою десятку самых великих физиков всех времен. Вот какой получился список all stars: Эйнштейн, Ньютон, Максвелл, Бор, Гейзенберг, Галилей, Фейнман, Дирак, Шредингер, Резерфорд; далее идут Фарадей, Больцман и Планк *(«CERN Courier», 2000, № 1, p.11)*.

«Обоняние» нанотрубок

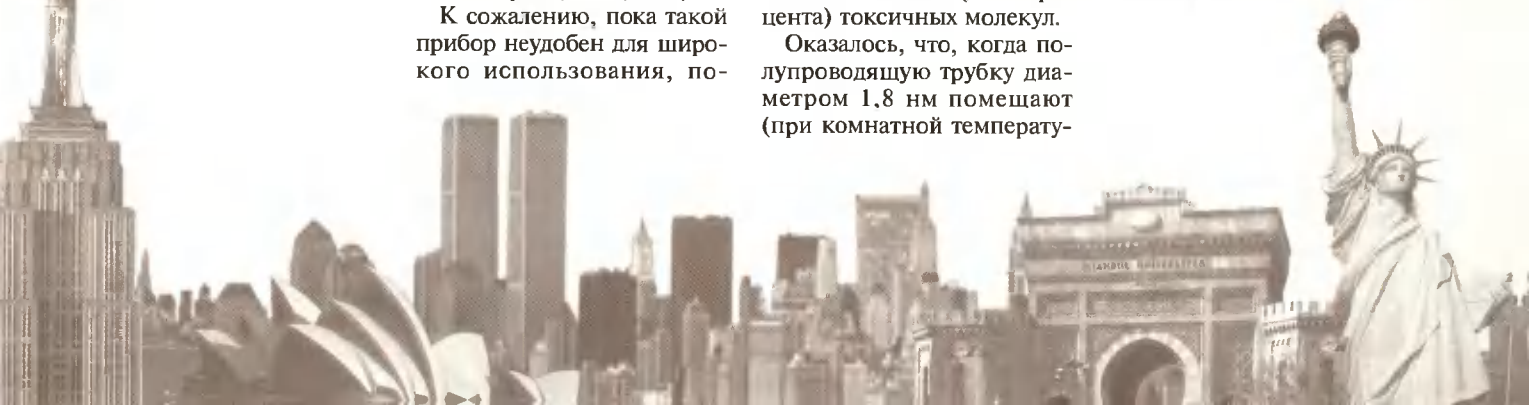
J.Kong et al., «Science», 2000, v.287, p.622

В зависимости от особенностей своего строения углеродные нанотрубки обладают свойствами полупроводника, металла или полуметалла. Такие трубки по отдельности или в виде пучков пытаются использовать в качестве катализаторов, зондов атомно-силовых микроскопов, электродов литиевых батарей и проводов в наноэлектронных схемах. На основе одиночной однослойной трубки уже создали полевой транзистор («Новости науки», 1998, № 9—10), а теперь в Стэнфордском университете обнаружили, что такой транзистор может служить еще и микроскопическим химическим сенсором, выявляющим в окружающем его газе малые количества (доли процента) токсичных молекул.

Оказалось, что, когда полупроводящую трубку диаметром 1,8 нм помещают (при комнатной температуре) в газовую атмосферу, содержащую примеси, скажем, NO_2 или NH_3, эти молекулы осаждаются на поверхности трубки, из-за чего ее проводимость, а значит, и ток в цепи быстро (за секунды или десятки секунд) изменяются на несколько порядков. Затем, нагревая трубку, можно восстановить ее исходное состояние (сама она химически очень устойчива), и сенсор снова готов к работе. Важно, что, изменяя потенциал на управляющем электроде, один и тот же транзистор можно настраивать на выборочное детектирование тех или иных молекул.

Такие углеродные датчики при комнатной температуре в тысячу раз чувствительнее других твердотельных сенсоров (обычно это полупроводники из оксидов металлов, которые работают при 200—600°С). Сейчас выясняют, можно ли с их помощью регистрировать другие молекулы в газе, например CO (что важно в первую очередь в экологии), а также биологически важные соединения в растворе. Кроме того, проводя квантово-механические расчеты, пытаются понять, почему адсорбция трубками некоторых молекул вызывает столь радикальное изменение их электронных свойств.

Кстати, чтобы использовать углеродные трубки в наноэлектронике, их надо уметь как-то соединять друг с другом. Голландские специалисты доказали, что если внести в концы трубок дефекты — встроить в их графитоподобную стенку пятиугольник или семиугольник, то трубки разных типов способны сращиваться друг с другом (в месте их стыка образуется небольшой излом). Так, соединив две трубки, можно получить диод, или выпрямитель *(Z.Yao et al., «Nature», 1999, v.402, p.273)*.



А в Университете Торонто научились получать разветвленные нанотрубки. Их выращивали в пористой матрице путем пиролиза ацетилена при 650°С (с кобальтовым катализатором). Получались многослойные Y-образные трубки разных диаметров (от 12 до 100 нм) с длиной ствола и ветвей в десятки микрометров *(J.Li et al., «Nature», 1999, v.402, p.253)*.

И еще о нанотрубках. Китайские химики с помощью трансмиссионной электронной микроскопии обнаружили самую тонкую углеродную трубку — ее диаметр всего 0,5 нм, то есть как у минифуллерена C_{36} (наименьшего сферического фуллерена); ранее рекордсменом считали трубку с диаметром 0,7 нм — как у фуллерена C_{60}. Эта тончайшая трубочка находится в самой середине многослойной нанотрубки, полученной при испарении графитового электрода в электрической дуге, когда в анод добавляли порошковый кобальт, другие углеродные нанотрубки и аморфный углеродсодержащий материал.

Теперь нужно выяснить, может ли такая сверхтонкая одностенная трубка существовать изолированно, и каковы ее свойства *(S.Xie et al., «Nature», 2000, v.403, p.384)*.

Волоконная оптика и ДНК

«Science», 2000, v.287, p.451

ДНК-чипы, позволяющие прочитывать последовательности мономеров в молекулах нуклеиновых кислот и сразу определять активность тех или иных генов, революционизировали биомедицинские исследования. Обычно пластину сантиметровых размеров разделяют на отдельные участки, на каждый из которых наносят множество копий (проб) одного и того же одноцепочечного полинуклеотида. Когда такую плату с пробами («чип») опускают в раствор с интересующими исследователей цепочками ДНК или РНК, помеченными флуоресцентными метками, на определенных участках образуются двухцепочечные комплексы. Затем, освещая чип лазером, можно в микроскоп наблюдать местонахождение светящегося участка и тем самым определять последовательность нуклеотидов в данной цепочке (см. «Новости науки», 1997, № 6).

Эту методику продолжают совершенствовать, и одним из наиболее интенсивно развиваемых в последние годы подходов стало использование световодов. Сначала из оптических волокон диаметром 3—7 мкм (каждое из них имеет сердцевину из более оптически плотного материала и оболочку из менее плотного, поэтому на их границе происходит полное внутреннее отражение) формируют пучок, содержащий до 50 000 индивидуальных волокон, так что диаметр всего кабеля получается 300—1000 мкм. Затем на одном конце пучка травлением сердцевин (оболочки не затрагиваются) формируют углубления в торце каждого волокна. Идея в том, чтобы в эти углубления поместить кремниевые микрошарики с цепочками-пробами на них. Для этого шарики с нанесенными разными пробами сливают в общий котел, и конец кабеля опускают в полученную суспензию. Шарики проникают в углубления и после высушивания плотно сидят в них.

В результате возникает некий аналог ДНК-чипа. Однако тут есть существенное отличие: в чипах каждая проба находилась в фиксированном участке (то есть их местоположения заранее известны), а в волоконной системе распределение шариков с пробами случайно. Поэтому вначале такую систему надо декодировать — узнать, что есть где. Для этого шарики с одной и той же пробой снабжают набором собственных флуоресцентных меток, как бы их индивидуальным кодом. Затем, подавая по кабелю световые импульсы разных частот, вызывают их свечение и запоминают полученные картинки (конечно, это делает компьютер).

После декодирования анализатор готов к работе. Теперь конец кабеля можно опускать в раствор, где на некоторых шариках возникнут двухцепочечные комплексы. Если с другого конца кабеля послать импульс света лазера, он вызовет флуоресценцию отдельных шариков (уже не их меток, а проб на них). Распределение светящихся точек по этому же кабелю передается обратно (изображение транслируется по пикселям, то есть от каждого шарика по своему собственному волокну — как в фасеточном глазу насекомого), и полученную картину обрабатывает компьютерная система распознавания образов.

А зачем все это нужно? Такой анализатор более удобен в работе — достаточно просто окунуть конец кабеля в раствор, и прибор сразу выдаст результат. А главное, позволяет работать с очень малыми объемами раствора, в котором присутствует сверхмалое количество искомых цепочек. Ведь микрошарик диаметром 3 мкм занимает объем всего в несколько фемтолитров, что обеспечивает большую локальную концентрацию молекул нуклеиновых кислот при их связывании с отдельным шариком (так, тысяча адсорбированных молекул даст концентрацию 1мкМ — достаточную для флуоресцентного анализа). В результате удается детектировать такие молекулы в концентрациях вплоть до 10^{-21} М.

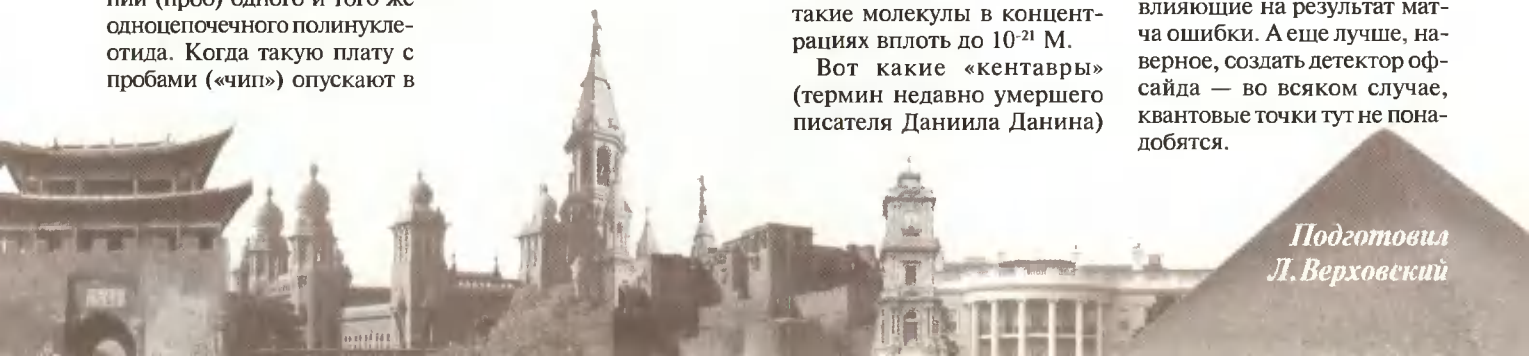
Вот какие «кентавры» (термин недавно умершего писателя Даниила Данина) возникают сейчас на стыке самых передовых технологий. О сколько нам открытий чудных готовит двадцать первый век!

Судью на мыло

R.Oudejans et al., «Nature», 2000, v.404, p.33

Чемпионат Европы по футболу снова привлек внимание к качеству судейства, в частности неправильного определения положения «вне игры». А голландские биомеханики еще до его начала провели научное исследование этой проблемы. Их вывод: большинство подобных ошибок вызвано тем, что боковые судьи часто находятся ближе к воротам, чем все защитники, из-за чего возникает оптический обман — проекции на сетчатку их глаз положений игроков дает ложную картину. В результате, если форвард находится ближе к боковой линии, чем защитник, и события разворачиваются на противоположном фланге, а правила не нарушены, судья дает отмашку; если же атака идет с его стороны, то он, напротив, не всегда фиксирует имеющий место офсайд (в случае, когда нападающий расположен дальше от боковой линии, чем защитник, все происходит наоборот). Натурные эксперименты с участием квалифицированных лайнсменов, а также просмотр видеозаписей 200 игр национальных чемпионатов и мирового первенства 1998 г. подтвердили, что наиболее часто заблуждения боковых судей именно таковы.

Ясно, что зрительных иллюзий не возникало бы, если бы судьи всегда находились на линии последнего защитника. Возможно, теперь появятся рекомендации, которые позволят свести к минимуму эти досадные и часто влияющие на результат матча ошибки. А еще лучше, наверное, создать детектор офсайда — во всяком случае, квантовые точки тут не понадобятся.



Подготовил Л.Верховский

ДНК-вычислитель

Е.Клещенко

Начинающий программист опытному коллеге:
— Слушай, моя программа опять не работает, как думаешь, где у меня ошибка?
Коллега (злобно):
— В ДНК!

Всем известно, что носители информации можно использовать и не по прямому назначению. Книгой можно стукнуть врага по голове или растопить печь; трехдюймовую дискету — подсунуть под ножку стола, чтобы не качался; компакт-диск, подвешенный к лобовому стеклу, приносит водителю удачу и отгоняет злых духов. А как насчет самого древнего носителя информации — молекул нуклеиновых кислот?

Использование ДНК в нанотехнологиях напрашивается само собой. Огромное множество последовательностей мономеров A, T, G, C при постоянстве общей структуры полимера, способность к самокопированию, умение распознавать собственные копии и прочно связываться с ними, когда нужно, а в других условиях разрывать эту связь, и все это в обычном водном растворе — похоже, по сумме свойств аналогов у ДНК нет. Осталось научиться эксплуатировать эти свойства.

В природе ДНК содержит информацию о белках и РНК и некоторые правила обработки этой информации. Естественно возникла идея вписать в ДНК совсем другую информацию и правила ее обработки — иначе говоря, сделать «молекулярные ДНК-компьютеры». Старейшим разработкам в этой области недавно исполнилось шесть лет. Результаты впечатляют. Еще десять — двадцать лет, и новому поколению программистов придется учить биохимию, сотрудники сервисных служб вооружатся автоматическими пипетками и штативами с пробирками, пользователи оденутся в белые халаты, а «Майкрософт» и «Эппл» будут уничтожены беспощадными конкурентами — производителями биохимического оборудования и реактивов, такими как «Эппендорф» и «Амершам». Пора и нам начинать готовиться к новой эре.

Аналоговая машина Эйдельмана

Сделать ДНК носителем небиологической информации совсем просто: где буквы, там и код. Забавную экспериментальную работу выполнили Кэтрин Клелланд и ее соавторы из Медицинской школы «Маунт Синай» в Нью-Йорке. Поставив в соответствие нуклеотидным триплетам буквы алфавита, они синтезировали молекулу, в которой было записано тайное послание (рис. 1). Далее возможны варианты. Можно послать сто молекул ДНК по почте, в обычном письме, или вручить курьеру микрокапсулу (суперкрошечную, куда там микрофильмам!). Можно сделать и похит-

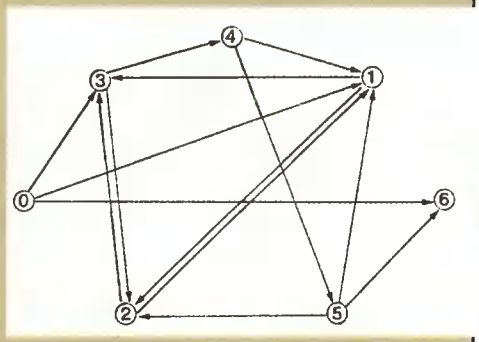
1
Американские биохимики закодировали в ДНК главную военную тайну XX века: «6 июня вторжение: Нормандия»

A=CGA	K=AAG	U=CTG	U=ACT
B=CCA	L=TGC	V=CCT	1=ACC
C=GTT	M=TCC	W=CCG	2=TAG
D=TTG	N=TCT	X=CTA	3=GCA
E=GGT	O=GGC	Y=AAA	4=GAG
G=TTT	Q=AAC	=ATA	5=AGA
H=CGC	R=TCA	,=TCG	7=ACA
I=ATG	S=ACG	.=GAT	8=AGG
J=AGT	T=TTC	:=GCT	9=GCG

JUNE6 INVASION:NORMANDY

ccctcttcgtcgagtagcaAGTCTGTCTGGTTTAATAATGTCTCCTCGAACGATGGGATCTGCTTCTGGATCATCCCGATCTTTGAAAattcacggaagtacatgag

2
Граф из статьи Эйдельмана (вершины пронумерованы в порядке обхода). Слева олигонуклеотиды, кодирующие граф; внизу два ребра с общей вершиной.



2 TATCDGATCGGTATATCCDA
3 GCTATTCGAGCTTAAAGCTA
4 GGCTAGGTACCAGCATGCTT
2-3 GTATATCCGAGCTATTCGAG
3-4 CTTAAAGCTAGGCTAGGTAC
$\bar{3}$ CGATAAGCTCGAATTTCGAT

2-3 ↓ **3-4**
GTATATCCGAGCTATTCGAGCTTAAAGCTAGGCTAGGTAC
$\bar{3}$ CGATAAGCTCGAATTTCGAT

рее: шифровку вставить в вектор — кольцевую молекулу ДНК и скормить бактерии или дрожжевой клетке. Невинное одноклеточное станет надежным хранителем и копировщиком секретной информации, а если это, например, кишечная палочка, то в случае провала курьер без вреда для здоровья проглотит послание, которое превосходно сохранится и приумножится в его внутренней среде.

Все это, конечно, шутки. Хотя как знать, вдруг бойцы невидимого фронта воспользовались идеей американских биохимиков, и уже сегодня в наших унитазах плавают секретные коды... Но гораздо интересней другой вопрос: как с помощью ДНК обрабатывать информацию?

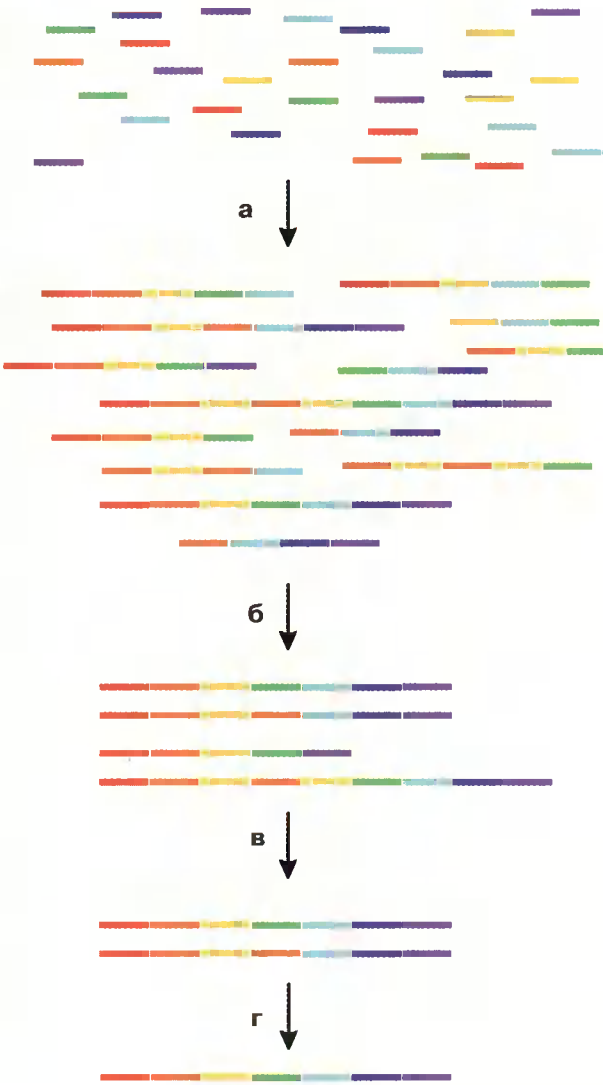
Первая действующая модель ДНК-компьютера появилась в 1994 году. Американский биохимик Леонард Эйдельман из университета штата Калифорния с помощью олигонуклеотидов (коротких фрагментов ДНК) и набора ферментов за семь рабочих дней решил проблему отыскания Гамильтонова пути через граф.

Для ДНК-компьютера Эйдельмана подходит название «химическая аналоговая машина». В привычной аналоговой вычислительной машине математические операции моделируются физическими свойствами тока, а тут биохимические реакции образуют набор продуктов, который соответствует множеству решений комбинаторной задачи.

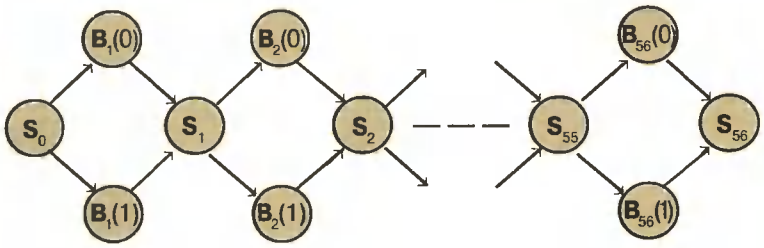
Пусть имеется некий граф — множество элементов плюс набор двухэлементных подмножеств этого множества, необязательно всех возможных. Графы удобно изображать в виде рисунков: точек (вершин), соединенных линиями (ребрами). В так называемом ориентированном графе каждое ребро имеет начало и конец, то есть при обходе графа можно попасть из вершины M в вершину N, но не наоборот. Требуется найти путь с определенными началом и концом, проходящий через все вершины графа, который притом не проходит дважды ни через одну вершину, или доказать отсутствие такого пути для данного графа. (Эту задачу называют еще «задачей коммивояжера»: когда бродячий торговец обходит потенциальных клиентов, он тоже старается никого не пропустить, но и не зайти никуда по второму разу.) Легко догадаться, что задача имеет прикладное значение, и не только в быту: к ней можно свести, например, задачу разложения числа на множители. Но отыскать правильный путь можно только перебором огромного числа вариантов.

Чтобы решить эту задачу химическим путем, биохимики перевели граф в растворимое состояние. Каждой вершине графа они поставили в соответствие цепочку из двадцати нуклеотидов, а каждому ребру, соединяющему вершину X с вершиной Y, — цепочку, первая половина которой комплементарна концу X, а вторая — началу Y (рис. 2). (Разумеется, последовательности были подобраны так, чтобы исключить ошибки: если конец ребра подходит к Y, то он не подходит к M, N и Z.) Очень важны слова «конец» и «начало»: молекулы ДНК, как известно, имеют направление, от 5'-конца к 3'-концу, поэтому ребра X→Y и Y→X — совершенно разные молекулы.

Когда все эти фрагменты ДНК окажутся вместе, в одной пробирке, вер-

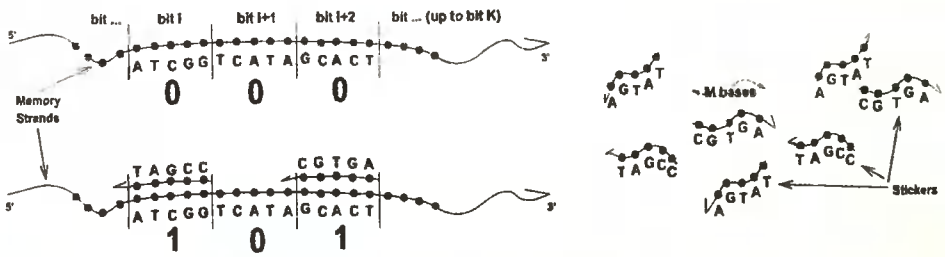


3
Биохимический алгоритм нахождения Гамильтонова пути:
а) синтез всех возможных путей;
б) полимеразная цепная реакция — умножение путей с правильным началом и концом;
в) электрофорез в геле — выделение путей правильной длины;
г) выделение правильного пути



4
С помощью такого графа Липтон предлагал взломать американский секретный код. Участки пути, проходящие через верхние вершины, соответствуют значению бита «0», через нижние — «1»

5
Машина Роуэса: слева нити для памяти, справа стикеры — значения определенных битов, готовые «вписаться» на свои места



шины начнут взаимодействовать с ребрами, и при достаточном количестве молекул в реакционной смеси образуются все возможные пути через граф (рис. 3а). Это будут двунитевые молекулы ДНК, одна нить в которых состоит из вершин графа, а другая — из ребер. Разрывы в нитях можно ликвидировать с помощью фермента лигазы.

Чтобы выделить нужный путь, группа Эйдельмана использовала полимеразную цепную реакцию — многократное умножение всех последовательностей с известными началом и концом (рис. 3б). Для реакции взяли две «затравки»-праймера (короткие нуклеотидные последовательности): первый праймер совпадал с нулевой вершиной (из которой, по условию, коммивояжер выходит), второй был комплементарен шестой (куда он должен прийти). Таким образом, умножались только цепочки, которые начинались с нулевой вершины графа и кончались шестой: их концентрация резко возросла. Среди них, конечно, были неправильные пути, с пропусками и повторными заходами.

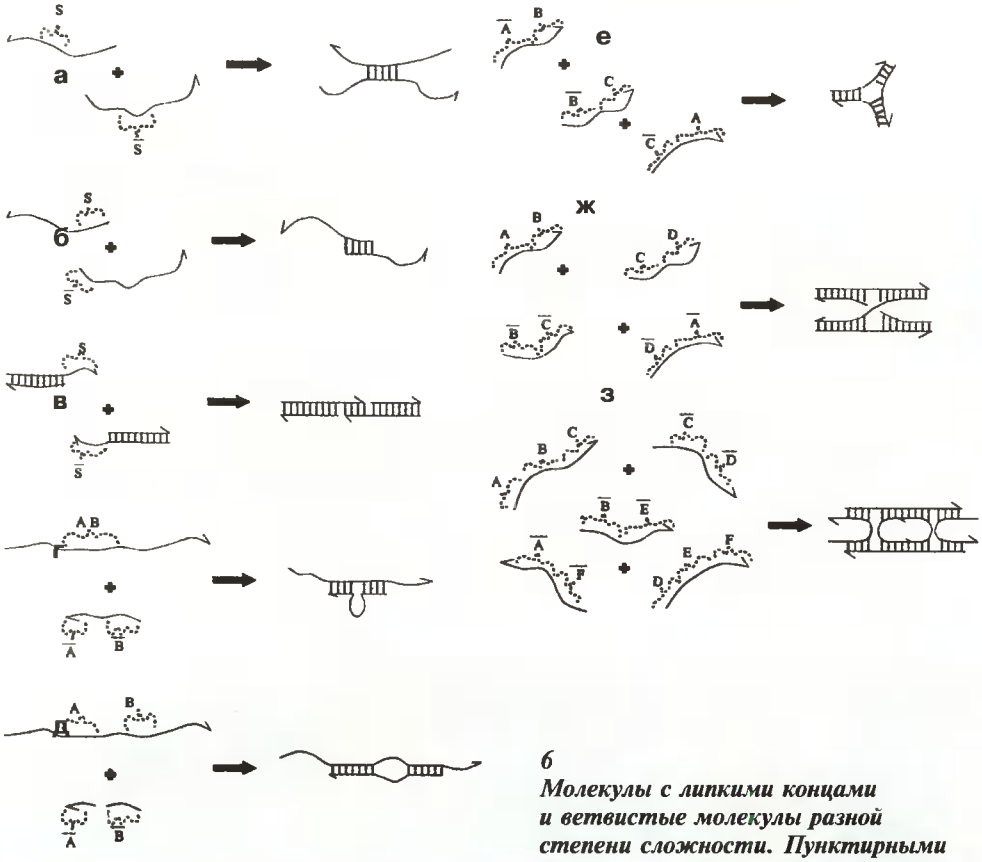
Чтобы выделить все пути правильной длины — 140 нуклеотидов (у графа семь вершин, каждая содержит 20 нуклеотидов), смесь ДНК разделили электрофорезом в геле (рис. 3в). А единственный верный путь среди тех, в которых, например, одна вершина пройдена дважды, а другая пропущена, Эйдельман выделял хитроумным способом: брал нуклеотид, комплементарный одной из вершин, привешивал к нему микроскопический железный шарик и добавлял эти «гирьки» к раствору с однонитевыми ДНК. Гирьки прилипали ко всем ДНК, содержащим эту вершину, после чего к раствору подносили магнит. У магнита молекулы собирали, затем повторяли ту же процедуру для всех вершин поочередно (кроме нулевой и последней, которые, как мы помним, уже содержатся во всех молекулах). В результате остается только верное решение (рис. 3г). Чтобы узнать ответ (в какой последовательности были пройдены вершины), можно отсеквенировать молекулу — определить последовательность нуклеотидов, или поставить пять полимеразных реакций, от начала до каждой из внутренних вершин, и сравнить длины отрезков.

Резать или клеить?

Идея Эйдельмана дала многочисленное потомство. В прошедшие шесть лет ее совершенствовало и развивало множество научных групп в Америке, в Европе и в Японии. В России ДНК-компьютерщиков нет. Пожалуй, самая близкая тематика у нас — ДНК-микрочипы в московском Институте молекулярной биологии; об этих работах мы писали и обязательно напишем еще.

Методика Эйдельмана оказалась применимой и для других областей математики. В Принстонском университете Ричард Липтон с соавторами предложил решать с помощью ДНК-реакций не только комбинаторные задачи, но также кодировать двоичные числа и работать с логическими выражениями. Достаточно представить начальные условия в виде графа, в котором пары вершин, обозначающие «да» и «нет» для каждой логической переменной («0» и «1» для каждого бита), будут соединены «вспомогательными» вершинами (рис. 4), и задача будет сведена к эйдельмановской. Именно таким образом Липтон предложил искать ключ к шифру DES («data encryption standard» — криптографический стандарт, принятый в Америке). Для взламывания шифра перебор огромного числа вариантов — то, что нужно, а ДНК, по мнению Липтона, могла бы справиться с этой титанической задачей всего за 4 месяца. (В теории могла бы. Однако на практике все не так легко.)

В любом случае, необходимо было оптимизировать экспериментальные протоколы. В ДНК-компьютере молекула нуклеиновой кислоты — и память, и (вместе с ферментами) процессор, и программа, и устройство вывода: хард, софт и бумага в принтере одновременно. А когда компьютер сам становится расходным материалом, пользователь начинает думать не о битах в секунду, а о долларах в час. Одна реакционная смесь решает одну задачу. Между тем все необходимые процедуры — от введения данных (синтез олигонуклеотидов) до считывания результатов (секвенирование) — удовольствие не из дешевых. К тому же у биохимиков и математиков разные требования к точности и быстродействию машины.



6
Молекулы с липкими концами и ветвистые молекулы разной степени сложности. Пунктирными скобками показаны липкие участки

Сегодня существует довольно много различных версий ДНК-компьютеров. Кстати, не только ДНК: используют и РНК, молекулы которой более гибкие, но зато легче разрушаются и требуют более бережного обращения. Пол Ротмунд (сейчас он работает в лаборатории Эйдельмана) предложил ДНК-компьютер, работающий на ковалентных связях. Информация записана в молекуле ДНК. Чтобы стереть определенный участок, нужно взять рестриктазу — фермент, узнающий определенные коротенькие участки в ДНК (например, GACGTC) и делающий в этих местах разрезы. Рестриктаза удалит из памяти фрагмент, края которого помечены этими буквами, а лигаза сошьет края. Сходным образом фрагмент вставляется обратно. Идея не лишена изящества, но реализация дороговата (рестриктазы, как и все белки, работают не бесконечно, а обходятся ощутимо дороже, чем электричество для обычного персонального компьютера), и быстродействие даже в теории оставляет желать лучшего.

Если мы не хотим резать ковалентные связи в ДНК, то можем воспользоваться для хранения и обработки информации комплементарностью разных цепей, как это было у Эйдельмана, но по-другому организовать носитель. Такую ДНК-машину одним из первых придумал Сэм Роуэс из Калифорнийского технологического университета. Память в этой машине представлена однонитевыми молекулами ДНК. Если один бит кодируется отрезком ДНК длиной M нуклеотидов, значит, емкостью N битов будет обладать молекула длиной N·M. К каждому отрезку может присоединяться комплементарный олигонуклеотид (Роуэс назвал их стикерами), образуя на этом участке двойную спираль. Присоединение означает «1», однонитевой фрагмент — «0» (рис. 5). Обнуление всех данных осуществляется нагреванием, переход 0→1 в одном конкретном бите — добавлением нужного стикера, переход 1→0 — добавлением синтетического олигонуклеотида, по буквам идентичного стикеру, но с другой опорной структурой. (При этом образуется тройная спираль, которая затем легко разрушается.)

Так создаются массивы данных — нити ДНК, усаженные бусинками битов. С разными массивами можно производить те же операции, что и с любыми растворами в пробирках. Можно, например, слить две пробирки в одну. (Скажем, если в обеих пробирках одинаковое количество идентичных нитей, но в первой все биты спарены со стикерами, а во второй — все «нули», при перемешивании нуклеотиды распределятся случайным образом: получится массив, где для каждого бита вероятность быть равным единице равна 0,5.) Можно выделить из массива данных все нити, на которых значение определенного бита равно нулю. (Примерно тем же способом, каким Эйдельман вылавливал нити, содержащие нужную вершину графа: на меченый или прикрепленный к стенке сосуда олигонуклеотид, комплементарный данному биту.)

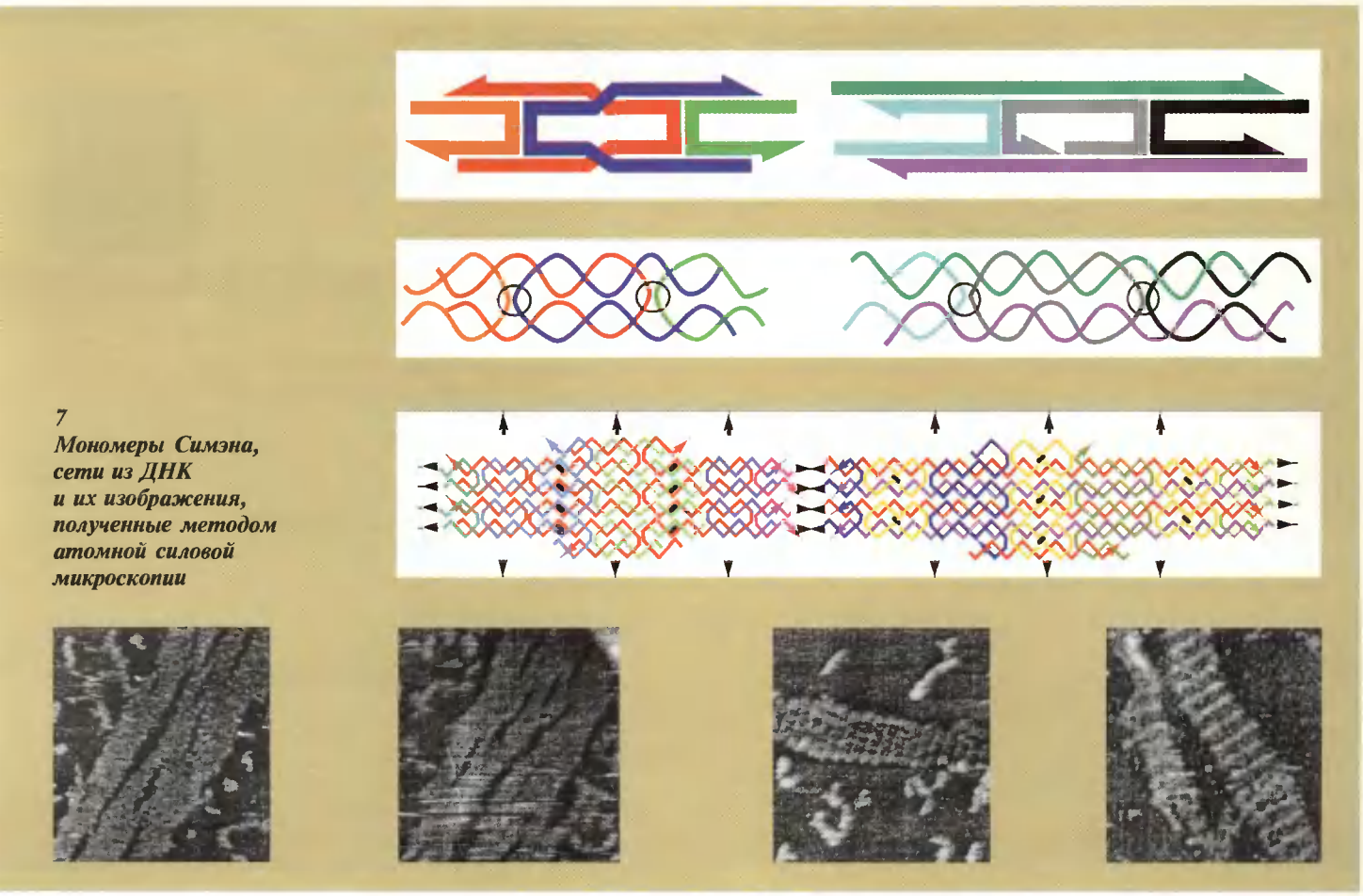
Для практического выполнения этих и других операций ученые построили особые реакторы: конструкции из пробирок, соединенных трубками с насосами и кое-где разделенных фильтрами (когда требуется, например, чтобы стикеры переходили из пробирки в пробирку, а запоминающие нити оставались на местах). Отсоединяя и присоединяя пробирки, можно вводить и копировать данные или забирать результаты, совсем как с помощью дискет.

Ковер из перфолент

Оригинальную идею ДНК-компьютера предложил сотрудник Калифорнийского технологического института Эрик Уинфри. По его мнению, этот проект обещает стать более эффективным, чем все прочие, и самым подходящим для практического воплощения. А то, что идея очень красива, видно сразу.

«Материальное обеспечение» для этой версии ДНК-компьютера создал один из главных людей в современной ДНК-нанотехнологии, профессор Нэдриан Симэн из Нью-Йоркского университета с соавторами. У молекул ДНК есть еще одно замечательное умение — ветвиться. В живой клетке это происходит каждый раз, когда молекула удваивается. А нанотехнологи из ветвистых молекул строят, например, многогранники (об этом мы тоже писали).

Двойная спираль с однонитевыми хвостами, или, как выражаются специалисты, с липкими концами, — замечательный конструктивный элемент



7
Мономеры Симэна, сети из ДНК и их изображения, полученные методом атомной силовой микроскопии

(рис. 6). Комплементарные липкие концы двух разных молекул образуют двойную спираль, совершенно такую же, как две свободные нити. А если две молекулы обмениваются двумя нитями, возникает так называемая структура Холидея, или кроссинговер (рис. 6ж). (Эту структуру тоже можно наблюдать в природе — при образовании половых клеток, когда парные хромосомы обмениваются своими частями.)

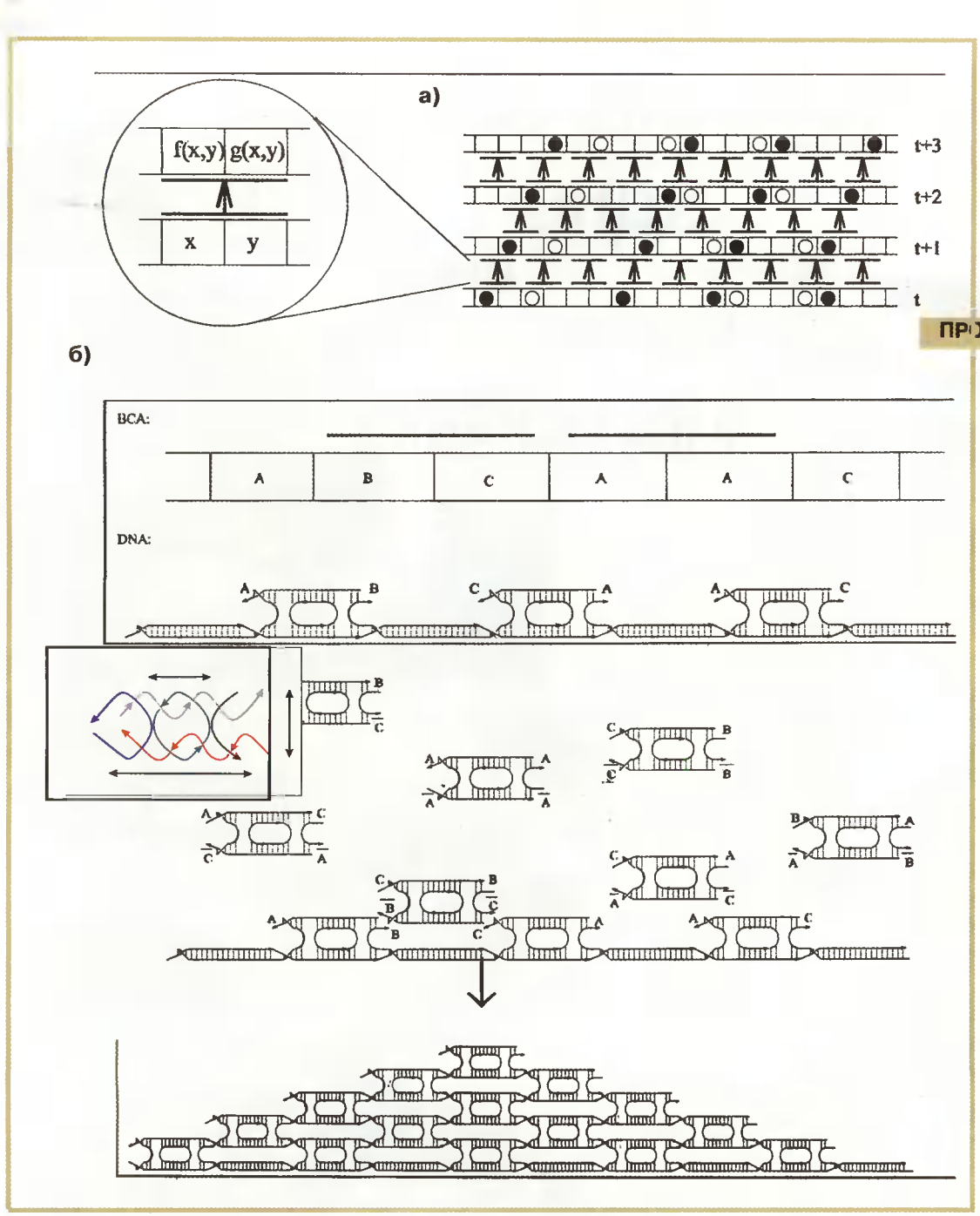
Среди многих ДНК-мономеров, которые изобрел Симэн для построения наноструктур, есть и молекулы с двойным кроссинговером (рис. 6ж). У этих молекул нет природных аналогов. Они похожи на букву Н с двумя перекладинками, у которой ножки — двойные спирали с липкими концами, а перекладинки — кроссинговеры, раскрученныв как на рис. 6з. Два кроссинговера нужны, чтобы придать молекуле жесткость и зафиксировать обе спирали в одной плоскости. (Зачем, сейчас станет понятно.)

Получилась очень интересная вещь: спирали имеют горизонтальную протяженность, перекресты нитей — вертикальную, а по углам — липкие концы. Из таких молекул можно ткать двумерную сетку! Точнее, она соткется сама, в два этапа. Сначала нужно смешать в растворе взаимно-липкие однонитевые молекулы, из которых соберутся мономеры. В одном варианте понадобится четыре типа молекул, в другом — пять (одна из них согнется в колечко между двумя перекладинками). Мономеры нужно сделать двух типов, скажем, А и В, с липкими концами, подходящими только к мономерам другого типа (чтобы однонитевые молекулы не слиплись раньше, чем соберутся в буквы Н). Затем смешиваем мономеры А и В, и в пробирке начинает расти сеть (как всли бы коротенькие ниточки сами перекрещивались и образовывали крохотные кусочки ткани, а те потом сами сползались в полотно) (рис. 7). Однонитевые разрывы заклеивают с помощью лигазы. Изображения ДНК-сеток можно получить методом атомной силовой микроскопии.

Все это хорошо, но при чем тут компьютеры? Прежде всего, такие сетки, возможно, удастся использовать под платы для «традиционной» наноэлектроники. Вместо сетки легко сделать ковер с ворсом, снабдив мономеры ДНК-петельками или шпильками, — на эти ворсинки наноконструкторы вольны навешивать почти все, что им вздумается. Среди последних наработок группы Симэна есть и такая экзотика, как подвижные мономеры для сетки, с тройным кроссинговером или спиралью типа Z в середине, — своего рода наномеханические устройства. Но идея Уинфри состоит не в этом. Она ближе к Эйдельману. Хотя здесь мы видим уже не аналоговое устройство, а нечто с перфолентой. Или с перфокартами?

На самом деле изобретатели шли от вычислительных машин, существовавших в основном теоретически: от машины Тьюринга (той самой, которая считывает знаки с ленты и в соответствии с определенным правилом печатает знаки на другой ленте) и, конкретнее, блокового ячеечного автомата (рис. 8а). Вот ползет лента, на ней ячейки с данными, сблокированные по две. Если в ячейках блока стоит «x» и «y», пишем в ячейках на новой ленте f(x, y) и g(x, y); дальше «x_1» и «y_1» — f(x_1, y_1) и g(x_1, y_1). Затем считываем данные со второй ленты на третью, пользуясь теми же функциями, но сдвинув рамку считывания на одну ячейку (теперь в одном блоке окажутся g(x, y) и f(x_1, y_1)). На вид простенько, но, как утверждает теория, таким путем можно решить любую задачу, сформулированную в терминах компьютерной программы.

Этот агрегат легко реализовать в



8
Блоковый ячеечный автомат: принцип действия (а) и биохимическое воплощение (б)

пробирке, взяв вместо первой ленты молекулу ДНК, собранную из мономеров Симэна, которые чередуются с обыкновенными спиралями. Если к такой молекуле добавить еще мономеров, автомат заработает, ленты с данными будут собираться сами, цепляясь одна за другую. В химическом варианте ячейки с данными — это липкие концы мономеров, а правила «пересчета» зависят от того, мономеры с какими концами присутствуют в смеси (рис. 8б).

Как считывать результаты? Если взять мономеры второго типа, с колечком в середине, то через каждый ярус будет проходить одна непрерывная нить ДНК. Эту нить можно выделить, предварительно обработав сетку лигазой и резольвазой (ферментом, перекусывающим кроссинговеры) и секвенировать.

Отдельный вопрос: как узнать, что машина закончила работу и должна прекратить «пересчеты»? Можно выбрать особую финальную последовательность: как только она станет двунитевой, сборка сети прекратится. Можно сделать даже так, чтобы финальную последовательность узнавал белок, запускающий флуоресцентную реакцию. Пробирка засветилась голубым — подсчет закончен. Добавляй ферменты, вытаскивай нить со стоп-сигналом, кидай в секвенатор и жди распечатки.

Что касается быстродействия, то для 10^{15} операций в секунду (это сопоставимо с лучшими современными суперкомпьютерами) потребуется всего около килограмма ДНК. Многовато, но для суперкомпьютера можно расстараться.

На практике, конечно, остаются неразрешенные проблемы. Удастся ли избежать ошибочных взаимодействий, например, при неполной комплементарности? (Одна горизонтальная прореха в сети — и все расчеты насмарку.) Тут, вероятно, поможет десятилетний опыт, накопленный специалистами по полимеразной цепной реакции: у них те же проблемы. Не слишком ли дорого обойдется компьютер? Реакция сборки сети, естественно, экзотермическая, но поддержание нужной температуры во время реакции, нагрев в конце, для разделения нитей, ПЦР и секвенирование — все это будет поглощать энергию, да и синтез мономеров и длинных начальных молекул влетит в копеечку. Хорошо ли будут клеить и резать лигаза и резольваза — все же они приспособлены для одномерных, а не двумерных ДНК? И так далее. Удастся ли решить все эти проблемы — покажет время.

...Принтер распечатывал статью Уинфри, а неподалеку главный компьютерщик редакции выковыривал дискету, застрявшую в пасти системного блока.

— А вот когда наши победят, будете латать машинку не отвертками, а пипетками.

Дядя Коля глубокомысленно почесал в бороде. Кажется, он мне не поверил.

Мы с тобой одной крови, или Генетическое Монте-Карло

Послушай, Зин, не трогай шурина:
Какой ни есть, а он — родня...
В.Высоцкий.
Диалог у телевизора

В середине XVI века в Тирольских Альпах возникло уединенное поселение сектантов-гуттеритов — баптистов. Жили они, совершенно не общаясь с внешним миром, отказывались от военной службы и — что для нас особенно важно — в полной брачной изоляции, то есть браки заключали лишь исключительно между собой. Однако как ни избегай общения с внешним миром, а он тебя все равно достанет, тем более когда отказываешься проливать кровь за родное отечество. Иначе говоря, сектантов-гуттеритов преследовали. И в конце концов им пришлось уйти с насиженной земли — эмигрировать. Так они оказались в Венгрии, Румынии, Моравии, а затем, уже в XVIII веке, и в России. Неизвестно почему, но Екатерина II пожаловала им освобождение от воинской службы. А вот император Александр II, Освободитель, эту привилегию взял и отменил. Что оставалось российским гуттеритам? Ясно, вновь эмигрировать, и на сей раз в США.

Было их около 800 человек. В восточной части Южной Дакоты, на берегу Миссури, гуттериты образовали три отдельные колонии. К 1950 году численность этих сектантов возросла до 8542 человек, причем средний размер семьи (число живорожденных детей на семью) составлял весьма внушительную цифру — 10,4. Совершенно понятно, что из-за долговременной изоляции доля кровнородственных браков тоже оказалась внушительной, причем в основном это были браки между двоюродными братьями и сестрами.

В общем, рассказывать историю про сектантов-гуттеритов можно еще долго. Выделим только один важный для нас факт. Среди этой ограниченной популяции сыновья от браков между двоюродными братьями и сестрами, то есть кузенами, были на 2 см, а дочери на 5 см ниже ростом, чем дети от браков более отдаленного родства.

Все мы от Адама и Евы — даже с генетических позиций

Этот пример, иллюстрирующий появление неких отклонений от нормы в потомстве от браков близких родственников, взят нами в качестве примера модельного. Да, вот такой признак, как рост: в изолированных популяциях (далее — изолятах), при высокой частоте кровнородственных браков, средний рост людей меньше, чем в популяциях открытых, свободно скрещивающихся, или панмиктных. Но дело не только в росте. Последствия кровного родства настолько значительны с эволюционных, генетических и медицинских позиций, что этому явлению посвящены тома научной литературы. О таких последствиях мы поговорим дальше, а пока несколько слов о самом явлении — кровном родстве.

Большинству неспециалистов в области генетики обычно представляется, что кровнород-

Кандидат медицинских наук
А.А.Травин

ственный брак — редкость. Не будем спорить, аргументируя обратную точку зрения сотнями реальных примеров. Обратимся к «убойной» популяционно-генетической логике.

Представим, что браков между родственниками не случается вовсе. Тогда число предков любого человека равнялось бы 2^n, где n — это число ступеней (шагов) от данного потомка к его прямым предкам. Дальше: каждый из нас имеет двух родителей, четырех дедов и бабок, восемь прадедов и прабабок и так далее. Поскольку на каждое столетие приходится три-четыре поколения, то за срок, скажем, в 1000 лет получим следующее: число предков каждого из нас, ныне живущих, должны составить от 2^{30} до 2^{40} человек. А это от миллиарда до тысячи миллиардов людей. Всего-навсего! Всего-навсего — в том смысле, что, по имеющимся у науки данным, численность населения Земли 1000 лет назад составляла от 400 до 500 миллионов человек. Значит, всего на Земле тогда было 500 миллионов людей, а одних только моих предков уж никак не меньше миллиарда? Нонсенс!

Нонсенс потому, что в нашем начальном допущении есть принципиальная ошибка: ведь мы сказали, что родственных браков нет. А они есть. И отсюда неизбежно следует, что число предков любого человека всегда меньше числа 2^n. Эта «утеря предков» — следствие только одного: браков между родственниками. Вот наглядный пример: потомок от брака между кузенами имеет не восемь прадедов-прабабок, а лишь шесть. Почему? Да потому, что двое из этих шести — общие предки со стороны матери и отца. Все просто.

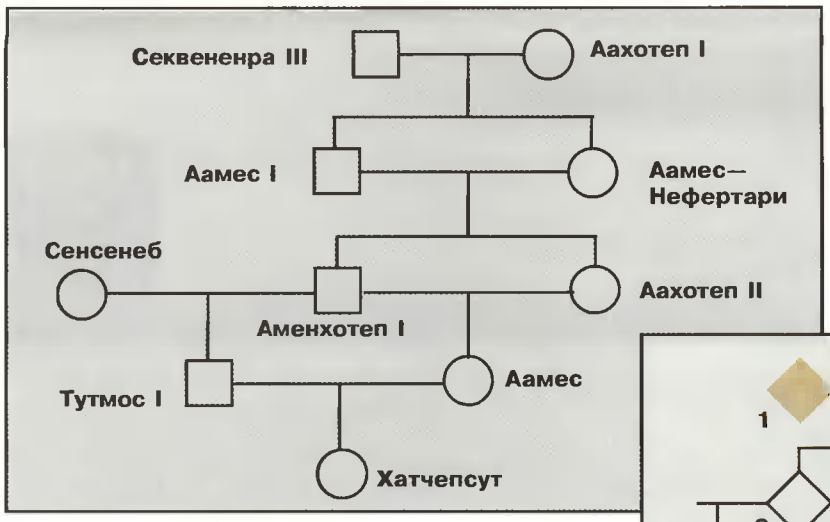
В популяционной генетике накоплено огромное число разветвленных родословных глубиной в 10 и даже 15 поколений. Если ориентироваться даже на те из них, которые не связаны с изолятами, кастами или какими-то еще узко специфическими группами (монархическими династиями, например), то абсолютно ясно следующее. В большинстве географических областей нашей планеты родословные — это сложная переплетающаяся сеть, которая в конце концов объединяет фактически всё население данного региона. Отдельные ветви такой родословной объединены в единое размножающееся сообщество. Поэтому если тщательно изучать какую-либо группу родословных людей, которые, как кажется поначалу или как они заявляют, не состоят в родственных отношениях, но происходят из одной и той же страны, то всегда будет отмечен вот такой факт: за последние два или три столетия у них есть общие предки.

Отсюда два вывода. Первый: когда два таких «неродственных» человека, мужчина и женщина, женятся, то это в действительности все же брак между отдаленными (иногда очень отдаленными) родственниками. И вывод второй: с точки зрения исторической эволюции братство всех людей на Земле — неопровержимый генетический факт. Все мы и вправду от общих предков, от Адама и Евы. И кстати, если следовать легенде, то Адам и Ева — люди не просто одной крови, а, образно говоря, трижды одной крови: Ева, она ведь из ребра Адамова. Абсолютная копия, что ни говори!

Смешно, но даже в строках В.Высоцкого, взятых нами в качестве эпиграфа, — честное признание факта кровнородственных уз. Как известно, шурин — это брат жены. Так вот, если брат Зины, жены сидящего у телевизора Ивана, ему — родня, то, стало быть, и Зина ему, мужу, тоже родня. Образ, конечно, но поэты, они многое знают!

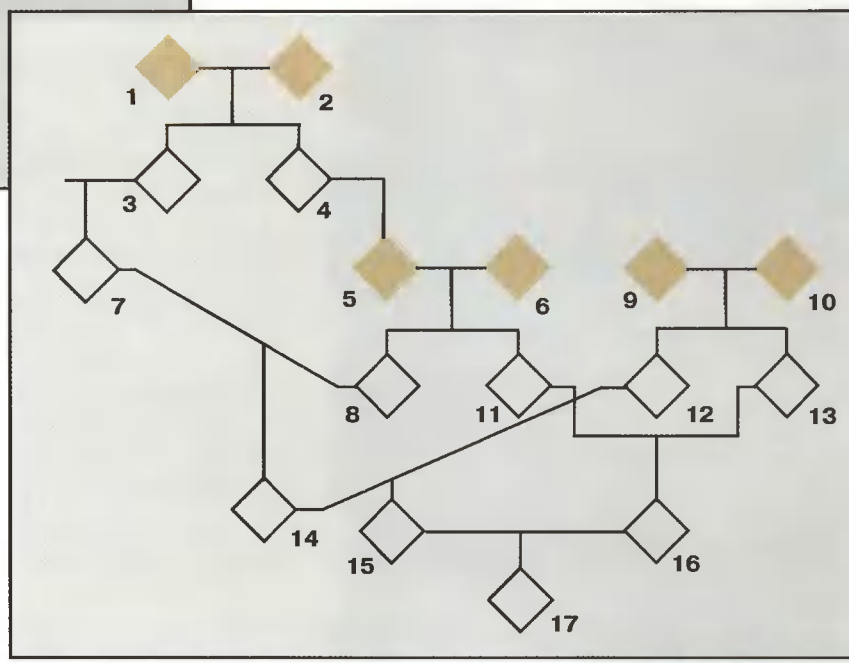
Кузен, дядя и троюродный брат — и это все мой муж?

И все-таки пусть с генетических позиций все мы — братья и сестры, однако у многих из нас подспудно такое чувство: кровнородственный брак — это плохо. Впрочем, это чувство не так уж иррационально, поскольку известно, что во все времена браки между близкими родичами запрещались как церковью, так и светской властью, то есть законодательно. Например, в



1
Браки среди представителей XVIII династии в Египте

2
Многократная родственная связь в родословной индейца из племени навахо. Родители № 17 имеют 6 общих предков



США все штаты запрещают браки между родителями и детьми и между братьями и сестрами. Там же законодательство большинства штатов препятствует бракам и между дядей и племянницей, а в трети штатов запрещены межкузенные браки. Во многих странах Западной Европы к инцестным, то есть кровосмесительным и потому запретным, бракам современное законодательство относит сегодня лишь браки типа «родители — дети» и «брат — сестра». А католическая церковь до сих пор препятствует, как правило, и бракам между кузенами.

Впрочем, история запретов или, напротив, поощрений разных видов кровнородственных браков в разных странах настолько пестра и интересна, что углубляться в нее — повод для написания отдельного тома. Тут действительно и рациональные обоснования, и предубеждения, и нечто вовсе несусветное. Например, в Китае когда-то существовал запрет на брак между кузенами, однако только в одном случае: если они были детьми двух братьев; если же они дети двух родных сестер, то — пожалуйста.

А вот примеры обратной ситуации — поощрения близкородственных браков. Речь идет о Древнем Египте и о государстве инков, где среди правящих династий предпочитали браки между братьями и сестрами и даже между сыном и матерью. Логика была такой: царскую кровь следует смешивать только с царскою же. Иллюстрация этого подхода к престолонаследию — на рис. 1, где представлен фрагмент родословной XVIII династии в Египте (около 1580—1350 гг. до н.э.). Как видите, Аменхотеп I и Аахотеп II — дети от брака родных брата и сестры — вступили в брак, а их дочь Аамес вышла замуж за Тутмоса I, который приходился ей сводным братом. Лихо закручено, согласитесь!

Однако не следует думать, что близкородственные браки практиковались только там, где слишком заботились о чистоте крови. Чаще всего, и без всяких установлений, это случалось в тех же, упомянутых нами выше, изолятах или в популяциях, ограниченных родовыми, клановыми, кастовыми, этническими или какими-либо еще признаками, которые препятствовали свободному скрещиванию. Вот один из многочисленных примеров: родословная индейца племени навахо (на рис. 2 он представлен под номером 17). Родители этого индейца были одновременно двоюродными братом и сестрой (раз), дядей и двоюродной племянницей (два) и троюродными братом и сестрой (три). Тоже лихо, правда?

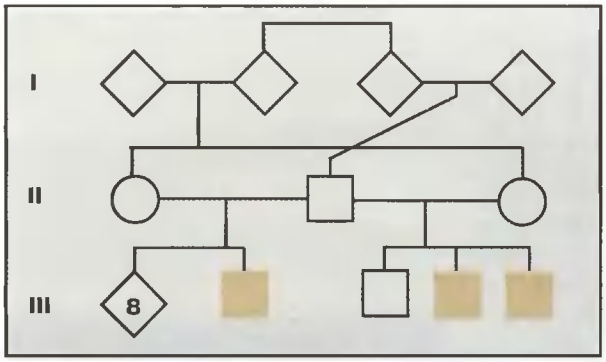
Ну и что? Да ничего, племя не вымирало. А почему? Да потому, что размножались толково, то есть средний размер семьи составлял около десятка. И это — только живорожденные, как мы упомянули выше! Вот вам и наметившаяся проблема: частота кровнородственных браков на нашей планете, с одной стороны, и рождаемость, с другой.

3
Частоты браков между кузенами (%) в различных группах населения

1. Австрия, Вена	0,53
2. Бразилия, Рио-де-Жанейро	0,42
3. Бразилия, деревня	19,55
4. Острова Фиджи, деревни	29,7
5. Индия, Бомбей (каста парсов)	12,9
6. Япония, Нагасаки	5,03
7. Голландия	0,13
8. Португалия	1,40
9. Испания, Саламанка	0,59
10. Испания, сельская местность	4,67
11. Швеция, сельская местность	6,80
12. Швейцария, альп. община	11,5
13. США, Балтимор	0,05
14. США, мормоны	0,06
15. Дания, Копенгаген	1,2
16. Германия, Берлин	0,57

Но это — в изолятах, а как обстоят дела с родственными браками в более открытых популяциях? Таких сведений накоплено тоже превеликое множество. Приведем некоторые из них, где маркером кровного родства служили межкузенные браки как наиболее распространенные.

Из этих данных совершенно ясно, во-первых, что частота кровнород-



6
Родословная с двойным межкузенным браком и альбинизмом в потомстве

ственных браков резко падает в результате урбанизации (сравните №№ 2 и 3; 9 и 10, а также 11 и 15: сельская Швеция и расположенная рядом с ней городская Дания). Во-вторых, доля межкузенных браков в городских популяциях стран Западной Европы и в США колеблется от 0,05 до 1,4%, поэтому показатель, близкий к 1%, принято считать средним процентом межкузенных браков для открытых (в частности, городских), панмиксных популяций. Ну, и в-третьих: частота кровнородственных браков в условиях географической и этнической изоляции (частичной или полной), а также из-за определенных социальных предрассудков (например, кастовости) может достигать огромной величины — почти до 30%, как, к примеру, на Фиджи. Иными словами, каждый третий брак — кровнородственный. Ну а среди развитых стран лидерами по числу браков между родственниками к середине XX века были Индия (более 25%) и Япония (около 10%). И вот вам парадокс: Индия — с сугубо эволюционно-генетических позиций — безусловно прогрессирующая популяция (критерии: рождаемость и численность населения), а Япония, которая тоже не страдает низкой рождаемостью, сегодня еще и абсолютный чемпион планеты по средней продолжительности жизни своего населения. О, сколько загадок таит в себе популяционная генетика рода людского!

Патология, патология...

Известно, что религиозные запреты возникали, как правило, не на пустом месте. Так произошло и в случае с кровнородственными браками. Еще очень давно, и не исключено, в доисторические времена тоже, была подмечена такая закономерность: чем ближе родство между супругами, тем больше шансов, что потомство будет неблагополучным — ранняя смертность, всяческие болезни. А кроме того, мертворождения. Ну и в части случаев дело вообще не доходило до рождения детей: один за другим выкидыши. Что же в такой ситуации спасло человечество в тот исторический период, когда оно жило мелкими, обособленными группами, в пределах которых выбор брачного партнера оставался крайне ограниченным? Мы уже упоминали: высокий средний размер семьи, когда женщины рождали по 10 — 15 потомков. Природе было из чего (точнее, кого) выбирать. Вот уж когда естественный отбор работал в три смены!

Обратимся к медицинской статистике середины нашего столетия и сравним смертность среди потомков от браков между супругами-неродственниками и между кузенами (рис. 4)

4
Смертность (%) в потомстве супругов-неродственников (первый столбец) и супругов-кузенов

США		
Дети в возрасте до 10 лет	2,4	8,1
Франция		
Мертворождения, младенческий и детский возраста (суммарно)	9,6	14,3
Япония		
Мертворождения	1,5	1,6
Дети в возрасте 1 — 10 лет	1,5	4,6

А теперь — то же сравнение, но не по смертности, а по частоте больных детей (разные заболевания, физические и умственные дефекты) в потомстве супругов-неродственников и супругов-кузенов (рис. 5).

5
Число больных детей (%) среди потомства супругов-неродственников (первый столбец) и супругов-кузенов

Франция	3,5	12,8
Япония	1,02	1,69
Швеция	4,0	16,0
США	9,82	16,15

Согласитесь, цифры впечатляют. Нет никакого сомнения: брак между кровными родственниками значимо повышает риск неблагополучия в потомстве. Это касается не только различных болезней, но и ранней смертности как таковой.

Кстати, о болезнях. Речь здесь идет в первую очередь о болезнях наследственных. Вот характерный пример — альбинизм. Эта патология обусловлена мутацией гена, ответственного за выработку в клетках пигмента меланина. В приведенной на рис. 6 родословной мужчина был дважды женат на сестрах, приходящихся ему кузинами. Среди девяти детей от первого брака альбиносом оказался один, а среди троих детей от второго брака — двое.

Подобных родословных, иллюстрирующих, как говорят генетики, выщепление различных генетических болезней в семьях кровных родственников, в медицинской генетике накоплено огромное количество. Что нам дает анализ этих родословных, а также тщательное изучение генеалогий, где выявлен больной с подобной патологией, но, как уверяют родители, нет кровного родства? Такой анализ приводит к следующим заключениям.

Атаксия Фридрейха. Это — тяжелое наследственное заболевание, при котором нарушена координация работы мышц из-за глубоких дегенеративных изменений в определенных отделах головного мозга. При генеалогическом анализе данного заболевания оказалось, что около 10% браков, в которых родились такие дети, были близкородственными.

Ювенильная амавротическая идиотия (нарушение зрения, затем — слепота в возрасте 4 — 7 лет, затем — прогрессирующая потеря кожной чувствительности, снижение умственных способностей и смерть к 15 — 20 годам). Частота межкузенных браков, от которых родились эти несчастные дети, — около 15%.

Фенилкетонурия. Еще один классический генетический дефект обмена, при котором из-за мутации определенного гена не происходит необходимое превращение аминокислот — фенилаланина в тирозин. В результате такого обменного блока избыточно накапливается пировиноградная

кислота, что в конечном счете приводит к олигофрении. Так вот, в 10 — 15% случаев генеалогический анализ выявил кровное родство родителей таких детей.

Хотите еще примеры? Их предостаточно, тем более учитывая, что генетических нарушений обмена веществ сегодня известно уже более двухсот. Поэтому заключим следующим. Итак, сообразуясь с мировой стастистикой, мы приняли, что средняя частота кровнородственных браков — около 1%. Однако среди родившихся альбиносов эта частота составляет более 20%, при амавротической идиотии — до 50%, при врожденном ихтиозе — 30 — 40%, при врожденной полной цветовой слепоте — до 20%, при пигментной ксеродерме — более 20%. И так далее. Но вот последнее. Популяционная частота умственно отсталых детей — около 4% (немало, кстати!). Так вот, в потомстве от родственных браков частота таких детей в четыре раза больше — 16%.

К сказанному необходимо добавить еще один аргумент. Сбор генеалогий — дело зачастую не объективное, а субъективное, основанное не только на грамотности и дотошности врача-генетика, но и на глубине памяти, знаниях своей родословной и, главное, точности медицинских сведений о родичах того человека, у которого выясняется родословная. Да, в некоторых случаях удается документально подтвердить диагнозы (это зависит от степени цивилизованности той или иной страны), но зачастую приходится руководствоваться врачебной интуицией. Поэтому приведенные выше частоты о кровном родстве в семьях больных наследственной патологией, конечно, занижены. Все мы — братья и сестры, так или иначе, не забудем об этом.

Генетика кровосмешения

Итак, повторим: чем ближе родство между супругами (или вступившими в интимную связь мужчиной и женщиной), тем выше вероятность неблагополучия в их потомстве, причем речь здесь идет в основном о наследственной патологии. Так в чем же дело? Какая за всем этим стоит генетика?

А дело именно в общих генах, то есть в генах, унаследованных от общих предков. Поясним. Чем ближе родство, тем больше доля общих генов у родственников. Вот, скажем, самые близкие родственники — родственники 1-й степени родства: это родители — дети, а также братья — сестры; доля общих генов в этих родственных парах — 1/2, или 50% (1/2 в данных случаях — это и есть ***коэффициент родства***, r). Затем 2-я степень родства: это деды-бабки — внуки, раз; дяди-тети — племянники, два; единоутробные братья-сестры, три; и сводные братья-сестры, четыре. Тут доля общих генов составляет 1/4, или 25%. Далее — 3-я степень родства: это, к примеру, двоюродные братья-сестры (кузены), а также прадеды-прабабки и их правнуки. Доля общих генов между ними уже 1/8, или 12,5%. И так далее — так далее в том смысле, что каждое следующее колено, каждый новый шаг в родословной, отдаляющий родство, уменьшает и долю общих генов между конкретными родичами. Формула для подсчета этой доли проста: $(1/2)^n$, где n — степень родства, или число последовательных шагов в родословной, от одного члена семейства до другого. (Мы забыли упомянуть о самом близком, исключительном, родстве: это — монозиготные близнецы, доля общих генов у которых составляет единицу, или 100%.)

Вот вам хрестоматийный пример. Как известно, А.С.Пушкин — тоже потомок от кровнородственного брака (подобных случаев в пределах нашего, да и не только нашего, дворянства было хоть отбавляй; так сказать, общее место). Сергей Львович, отец поэта, и Надежда Осиповна, мать, приходились друг другу троюродными дядей и племянницей (родословную А.С. Пушкина см., например, в «Химии и жизни», 1994, № 7). Не такое уж близкое родство, но и не столь далекое. Подсчитав число ступеней в пушкинской родословной, отделяющих родителей поэта в генеалогическом пространстве, находим: $(1/2)^6 = 1/64$, или около 1,5%. Всего-то, скажете вы! Да, это, конечно, не 25% общих генов, как в случае дядя — племянница.

Ну хорошо, а при чем здесь наследственная патология в потомстве, если мужчина и женщина, обладающие полученными от общих предков генами, вступают в интимную связь?

Вот тут мы и подошли к самому главному. Среди мутантных генов есть и такие, рецессивные, которые проявляют свой патологических эффект лишь в том случае, когда такой ген представлен у конкретного индивида в двойном количестве. То есть в гомологичных хромосомах у него содержатся два одинаковых рецессивных аллеля (варианта) данного гена. Это состояние называют гомозиготностью по данному гену. И тогда понятно, что в случае кровнородственного брака вероятность для потомка унаследовать от общего предка — через отца и мать — оба таких одинаковых мутантных аллеля достаточно реальна и эта вероятность тем выше, чем теснее родство между родителями.

Стоп! А почему общий предок должен обязательно быть носителем именно мутантного гена? Законный вопрос. И не менее законный ответ. По расчетам генетиков, основанным на огромном эмпирическом материале по всей планете, каждый человек, к сожалению, обладает так называемым генетическим грузом. Иногда его называют летальными эквивалентами. Таких эквивалентов у каждого из нас 5 — 6. И как минимум всякий человек несет в себе хоть один мутантный ген. Другое дело — мутантный ген чего, какой патологии? Ну, в одних случаях — тяжелейшей, несовместимой с жизнью, в других — мягкой, жизнедеятельность не ограничивающей. Это уж как кому повезет. Вероятность! И эта вероятность, повторим, тем выше, чем больше доля общих генов между родителями будущего ребенка, то есть чем теснее родственная связь между ними.

Генетическая рулетка

Ну а можно ли каким-то образом формализовать все сказанное выше, то есть говорить о генетическом риске для потомка от таких браков не в терминах «выше — ниже», а более конкретно? Да, можно. Для этого в каждом конкретном случае определяют так называемый ***коэффициент инбридинга***. Это — в общем виде, и уже для потомка — показатель кровного родства, или, если точнее, вероятность того, что оба одинаковых аллеля в паре гомологичных хоромосом получены от общего предка. Коэффициент инбридинга можно понять и так: это — степень гомозиготизации. Другими словами, это доля всех генных локусов, которые у конкретного лица гомозиготны.

Есть несколько способов подсчета

Тип связи	r	F
Отец — дочь	1/2 (50%)	1/4 (25%)
Брат — сестра	1/2 (50%)	1/4 (25%)
Сводные брат и сестра	1/4 (25%)	1/8 (12,5%)
Дядя — племянница	1/4 (25%)	1/8 (12,5%)
Двоюродные брат и сестра (кузены)	1/8 (12,5%)	1/16 (6,25%)

7
Типы браков или интимных связей (обозначены параллельными линиями), коэффициенты родства между родителями (r) и коэффициенты имбридинга для потомка (F)

коэффициента инбридинга (F). Приведем самый простой:

$F = \Sigma(1/2)^{n-1}$.

Процедура подсчета по конкретной родословной такова. Мы начинаем подряд с каждого общего предка и подсчитываем число ступеней передачи гена от предка к будущему потомку через одного родителя и, возвращаясь обратно, через второго родителя. Это и будет в каждом случае число n.

Так, например, при межкузенном браке, где есть два общих предка (см. рис. 7), получаем:

$F = (1/2)^{n-1} + (1/2)^{n-1} = (1/2)^5 + (1/2)^5 = 1/16$.

1/16 — это немногим более 6%. Вот вам и риск. То есть у потомка от брака кузенов 6% генных локусов гомозиготны. А среди них могут быть и мутантные.

На рис. 7 нами представлены наиболее простые и одновременно наиболее неблагоприятные для потомства типы кровного родства родителей. Там же в каждом случае даны коэффициенты родства между родителями и коэффициенты инбридинга. И, глядя на эту таблицу, теперь необходимо пояснить: а как же понимать генетический риск? Какой, исходя из него, придерживаться репродуктивной тактики?

Принцип следующий. Генетическая рулетка — она не та, что в Монте-Карло: тут проигрывают или выигрывают не деньги, а человеческую жизнь. И посему в медико-генетическом консультировании жестко принято вот что. Риск до 10% относится к категории низкого, от 10 до 20% — к категории среднего, а выше 20% — к высокому генетическому риску. Исходя из такой установки, врач-генетик и дает рекомендацию в каждом конкретном случае. В случае низкого риска — конечно, продолжать деторождение, в случае высокого — отказаться от такового или прервать беременность, ну а когда речь идет о средних значениях риска, тех, что от 10 до 20%, то тут... тут можно только развести руками: рискуйте, если не боитесь, или не рискуйте, поскольку риск все-таки не такой уж низкий. Вот для А.С.Пушкина, родители которого, как мы упоминали, были троюродными дядей и племянницей, коэффицент инбридинга составил менее 1%, а точнее, 0,8. Казалось бы, совсем мало, а тем не менее из восьми детей от данного брака умерли пятеро. Было ли это следствием инбридинга, или причины тут иные — теперь однозначно не определишь. Однако вполне вероятно, что свою роль тут сыграл и инбридинг.

И напоследок

Инбридинг приводит к проявлению рецессивных генов, которые скрыто несли предки. И тут необходимо сказать, что последствия инбридинга противоречивы.

Да, кровное родство родителей — это, с одной стороны, повышенный риск мертворождений и появления генетических аномалий в потомстве. Однако, с другой стороны, инбридинг иногда способствует рождению людей, выдающихся по своим интеллектуальным качествам. Конечно, последнее — куда большая редкость, чем генетические аномалии суммарно, но тем не менее примеров появления в инбредных семьях выдающихся личностей тоже достаточно. Перечислять их здесь — не наша задача, поэтому упомянем лишь художника Тулуз-Лотрека (он родился от брака между кузенами) и опять же нашего Пушкина.

И еще об одном противоречии. Как мы показали выше, в том числе на конкретных цифрах, общая тенденция на нашей планете такова, что частота кровнородственных браков падает. Это вполне закономерное явление, и для ближайшего поколения его следует расценить как благоприятное. А вот как для поколений последующих? Уменьшается инбридинг — уменьшается число гомозигот, но за счет этого... увеличивается число гетерозигот, то есть носителей мутантных генов. В последовательной цепи поколений эти носители вступят в браки с неродственниками-носителями и дадут аномальных гомозигот в потомстве. То есть в общем виде получается так: гомозиготы, появление которых предотвращено в ближайшем поколении, проявятся в более отдаленных поколениях. Следовательно, даже если сегодня вовсе запретить браки между родственниками, это даст плоды только для ближайшего поколения, однако перенесет генетическую нагрузку на последующие поколения.

Вот такая эта штука, популяционная генетика человека. Что есть хорошо и что есть плохо? Впрочем, генетики будущих времен и с этим разберутся. С помощью генетики медицинской и молекулярной, успехи которых позволят идентифицировать мутантные гены у гомозигот и носителей. Тогда медико-генетическое консультирование будет строиться не на основе вероятностей, а альтернативно, по принципу «да — нет». То есть вместо рулетки — четкий ответ: будет ребенок страдать какой-либо наследственной аномалией или жизнь ему и его родителям будет только в радость. Главное — любить, а с последствиями этого чуда наука разберется.

Разные разности

Некоторые растения умудряются поднимать воду по сосудам на огромную высоту. Эвкалипты — аж на 150 м. Столб воды такой высоты создает гидростатическое давление в 15 атмосфер.

Ученые давно пытаются разобраться, как нашим зеленым друзьям удается достичь таких успехов. Предполагали, что ток воды поддерживается капиллярностью, осмотическим давлением, испарением воды листьями и непрерывностью тока жидкости. Однако этого недостаточно.

И вот недавно появились сообщения, что клетки корня могут нагнетать воду как водяные насосы. Сжимаясь, они выдавливают ее через отверстия-плазмодесмы в клетки, расположенные выше. У тех перекрываются нижние отверстия и открываются верхние, клетки сокращаются и проталкивают порцию воды еще выше. В результате все эти клетки совместными усилиями гонят волну вверх, к листьям. Сотрудники Института физиологии растений РАН обнаружили, что в нагнетании воды участвуют молекулы миозина — того самого белка, благодаря которому сокращаются наши скелетные и гладкие мышцы, в том числе и мышцы сердца («Доклады Академии наук», 2000, т.371, № 5, с.696).

Несколько лет назад с Амуром что-то случилось: вода и рыба стали издавать неприятный запах. Выяснилось, что в воде есть фенолы, а их концентрация в 4—10 раз превышает ПДК. Службы охраны природы бросились искать источники поступления в реку вредных веществ, но все эти совсем не бесплатные хлопоты не дали никаких результатов.

А между тем виновников загрязнения следовало искать не только на берегу, но и в самой реке. Сотрудник Института водных и экологических проблем ДВО РАН в Хабаровске Л.Кондратьева предполагает, что загрязнение было вторичным («Водные ресурсы», 2000, т.27, № 2, с.221). Известно, что микроорганизмы способны делать фенолы из множества веществ, природных и антропогенных: гумуса, углеводородов нефти и нефтепродуктов, пестицидов, ПАВ, белков и прочих. На какое-то время эти вещества собираются в донных осадках, а затем снова поступают в воду. Немалый вклад в загрязнение вносят и растения. Разлагаясь, они образуют большое количество органики, среди которой, кстати, есть вещества с резким запахом.

Видимо, в то лето природные очистители просто не успели переработать всю грязь, и в реке накопилось слишком много фенолов.

Маленького зверька любой хищник может сожрать. Зачем же в ходе эволюции животные уменьшались, какую искали выгоду? Есть несколько возможных ответов: малютке спрятаться легче, еды нужно меньше, да и медведь или орел не будет без особой нужды за всякой мелочью гоняться.

Однако это не все. Маленькое животное может позволить себе быть более энергичным: у него на единицу массы приходится большая поверхность тела и поэтому легче отводить избыток тепла. Уменьшив размеры тела и освоив новые экологические ниши, животные могут успешно плодиться и размножаться. Если же их потомки, сохранив высокую способность к производству энергии, начнут снова увеличиваться в размерах, они смогут дать начало эволюционно прогрессивной ветви древа жизни. Правда, для этого им нужно научиться эффективно рассеивать тепло, но эту задачу решить можно. Во всяком случае, по мере совершенствования живые существа производили все больше энергии на единицу массы.

А могло быть и по-другому. Животные уменьшались, но не перестраивались и уже не могли вырасти снова: в этом случае они опять попали бы под жесткий пресс отбора, откуда в свое время выбрались. Исследователи Института биологии развития РАН предположили, что именно в такой ситуации оказались насекомоядные животные и колибриобразные птицы — эти малютки угодили в эволюционную ловушку («Известия Академии наук», сер. биологическая, 2000, № 1, с.5).

Выпуск подготовили
М.Литвинов,
Б.Силкин,
Е.Лозовская

Человек заселил восточные острова Тихого океана совсем недавно — всего около тысячи лет назад. Спор идет о другом: откуда он туда приплыл. Окончательно ответить на этот вопрос не смогли даже Тур Хейердал и его спутники. Они сумели проплыть от Южной Америки до острова Пасхи, но это не доказывает, что тем же путем сюда когда-то попали аборигены.

Нередко прародиной полинезийцев называют Юго-Восточную Азию, откуда их предки через Зондские острова перебрались на архипелаги Океании, вплоть до острова Пасхи и Гавайских островов. И все же чаще считают, что люди приплыли в Полинезию с соседней, более близкой к азиатскому континенту Меланезии, которую заселили примерно 45 тысяч лет назад.

В споре используют и лингвистические данные. Некоторые меланезийцы говорят на тех же языках, что и жители Мадагаскара, и Мали, и даже Гавайских островов и острова Пасхи, однако их совсем не понимают папуасы и аборигены Австралии. Это подтверждает версию, что жители Меланезии могли уплыть далеко от родины.

Недавно появилась возможность подкрепить мнения историков и археологов генетическими данными. Микробилог из Темпльского университета в Филадельфии Дж.Фридлендер изучил ДНК митохондрий жителей Полинезии и нашел черты сходства с жителями Юго-Восточной Азии («Science», 1999, т.286, № 5447, с. 2054).

У красок на основе кадмия много достоинств: они не выгорают на солнце, дают яркие цвета от желтого до красного и термостойки — их можно добавлять в стекло и пластмассу. Однако при всех этих плюсах есть и важный минус: при разложении таких красок на свалках или мусоросжигательных заводах в окружающую среду могут попасть токсичные соли кадмия. Насколько это вредно для населения, пока не вполне ясно; во всяком случае, использование кадмиевых пигментов строго регулируется.

Хорошо бы, конечно, заменить такие краски более безопасными. Здесь добились успеха М.Янсен из Института Макса Планка в Штутгарте и Х.П.Летшерд из компании «Дегусса металз каталистс» во Франкфурте, которые разработали новые пигменты, не содержащие кадмия, на основе минерала перовскита (окисла кальция и титана). Такие пигменты устойчивы и нетоксичны («Nature», 2000, № 404). С их помощью можно создавать всю гамму цветов, от ярко-красного до бледно-желтого, — как раз тот диапазон, который нужен для замены соединений кадмия. Оттенки подбирают, меняя относительное содержание минералов разного состава. Краски из перовскита почти ни в чем не уступают кадмиевым и даже превосходят их по термостойкости и насыщенности цвета.

25 ноября прошлого года автоматическая межпланетная станция «Галилео» прошла всего в 300 км от Ио — одного из четырех крупнейших спутников Юпитера. В это время бортовая телекамера была направлена на старый вулкан Тваштар, названный так в честь индийского божества солнца. Ученым повезло: как раз в тот момент дремавший вулкан проснулся и начал выбрасывать струю раскаленной лавы. Она прорывалась сквозь трещину в плоском дне кратера. На Земле тоже есть подобные вулканы, например Килауэа на Гавайских островах. Фонтан лавы был похож на занавес длиной 25 км и высотой до 1,5 км. Можно себе представить, какая мощь сосредоточена в недрах планеты! Ее вулканическая активность, не знающая себе равных во всей Солнечной системе, связана с тем, что могучее притяжение Юпитера и его крупных спутников раскачивает тело Ио и передает ей большую энергию. Почти вся поверхность Ио залита потоками застывшей лавы от извержений, а теперь наконец одно из них удалось увидеть.

Вспышка была такой яркой, что ее наблюдали и с Земли с помощью инфракрасного телескопа НАСА на горе Мауна-Кеа («Science», 1999, т. 286, № 5449, с. 2436).

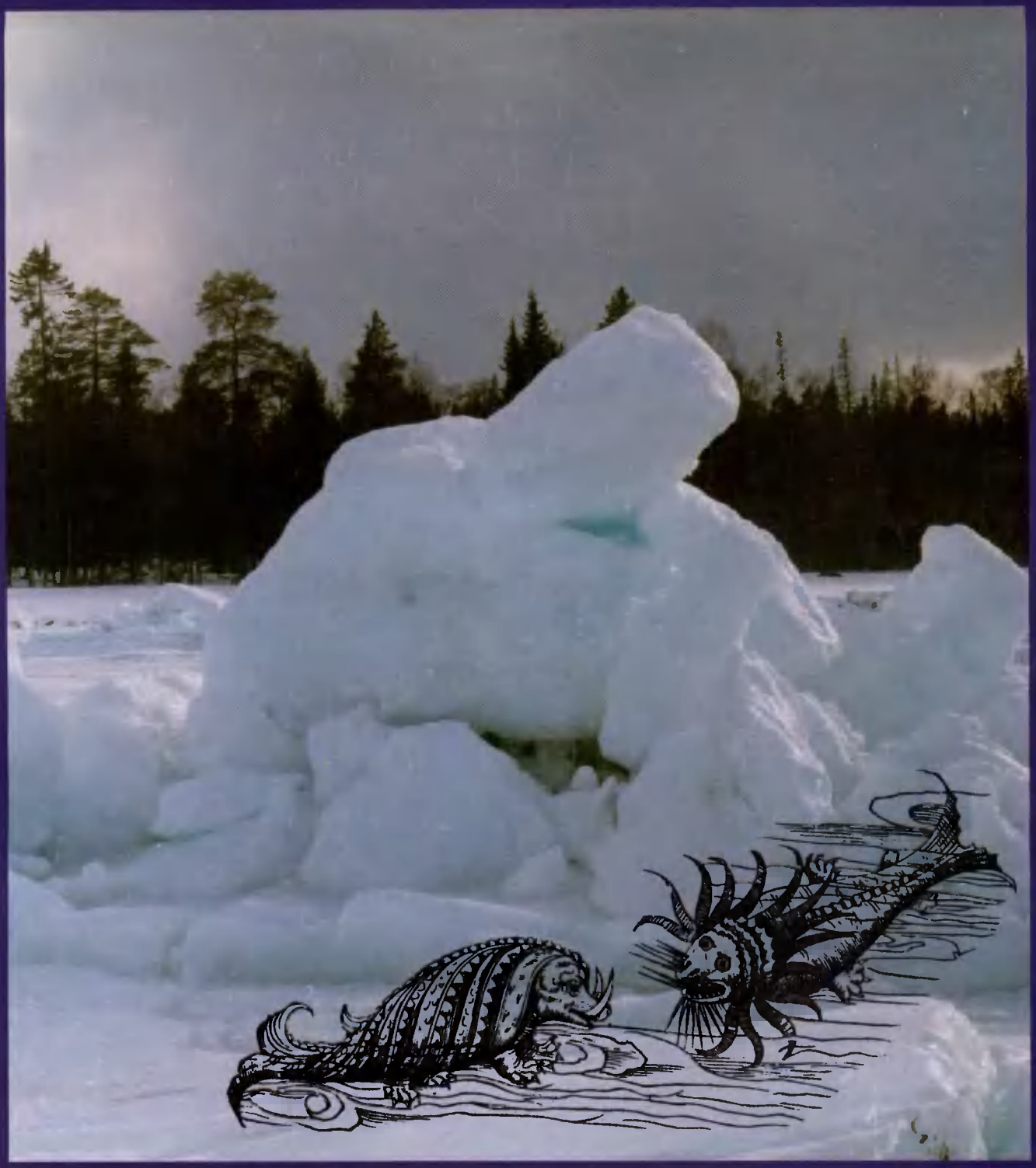
Не нужно быть опытным дегустатором, чтобы отличить свежевыжатый сок апельсина от консервированного. После тепловой обработки, без которой напиток может забродить, вкус сока портится. Кроме того, прогревание разрушает фермент пектинэстеразу — он приводит к расслоению сока на прозрачную светлую жидкость и густой осадок.

М.Балабан и его коллеги из университета Флориды решили сохранить у консервированного сока такой же вкус, запах и внешний вид, как и у свежего. Они предложили обрабатывать сок углекислым газом под большим давлением. При этом жидкость закисляется, а пектинэстераза разрушается. После сброса давления избыток газа выходит и вкус сока полностью восстанавливается.

Новый метод позволяет избавиться и от микроорганизмов. Углекислый газ в большой концентрации замедляет их метаболизм и подавляет развитие. А кроме того, он проникает внутрь бактериальных клеток и, если резко уменьшить давление, снова переходит в газообразную форму. В результате клетки буквально взрываются изнутри.

Обработанный таким образом сок хорошо сохраняется, не расслаивается, а вкус и запах у него, как у только что приготовленного (Агентство EXN, 25 апреля).

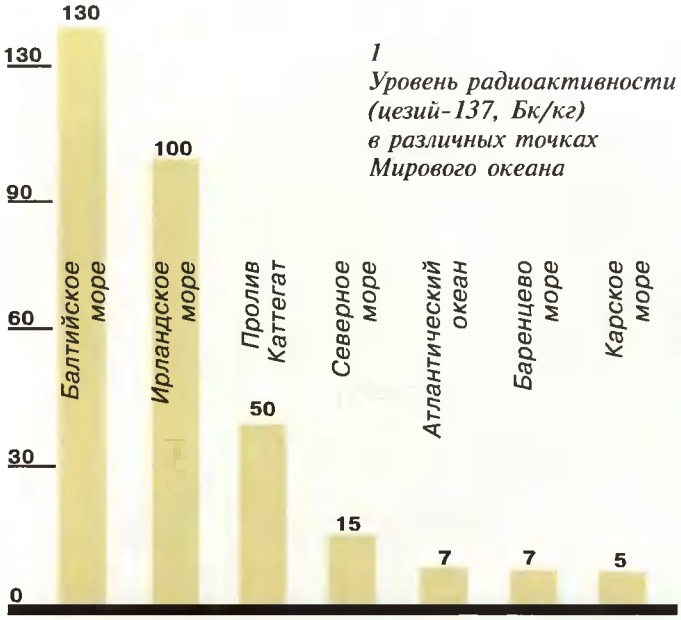
Фото А.Меркоаа



Ядерные привидения Арктики

О.Куликова, А.Шеховцов

Просторы Арктики привлекали внимание европейцев еще в те незапамятные времена, от которых дошли до нас только обрывки легенд и сказаний. Воображение людей населяло таинственную обитель льда и снега неведомыми существами; здесь человека на каждом шагу подстерегали опасности. Долгие годы скрывала страна Севера свои сказочные богатства за железным забором, пока наконец



1
Уровень радиоактивности (цезий-137, Бк/кг) в различных точках Мирового океана

одному из героев Калевалы (карело-финского эпоса) не удалось пробить в нем дыру.

Благодаря усилиям сотен исследователей, которые четыре столетия изучали земли Севера, мрачным монстрам, порожденным воображением жителей средневековой Европы, пришлось отступить. На географических картах появились контуры Арктического побережья России, обозначились острова и целые архипелаги.

Однако премьер-министру Великобритании Черчиллю удалось вновь опустить «железный занавес» перед миллионами европейцев прямо-таки в одночасье. После его знаменитой речи в Фултоне Арктика снова стала казаться им странной и опасной. Полярные моря бороздили атомные подводные лодки с ядерными боеголовками на борту, на загадочной Новой Земле громыхали ядерные взрывы, на берегах сибирских рек, в таинственных городах, обозначаемых номерами, строили ядерные реакторы.

Целое поколение европейцев выросло и вступило в жизнь с ощущением неясной угрозы, исходящей с севера. И пока бизнесмены вздыхали о безмерных богатствах недоступных им территорий, военные разрабатывали планы борьбы с ядерными чудовищами — на всякий случай, мало ли что может случиться! Однако и те, и другие мечтали заглянуть за таинственный занавес.

Ну и экологи, конечно, тоже. Они заранее оплакивали арктические моря, загрязненные радиоактивными отходами. Особое беспокойство вызывала возможность распространения радиоактивного загрязнения на соседствующую с Арктикой Скандинавию. Ученым Норвегии, Швеции и Финляндии удалось разработать тонкие методы анализа, благодаря которым появилась возможность достоверно определить, какую долю вносят в радиоактивное загрязнение те или иные объекты, чтобы при необходимости предъявить обоснованный счет стране, виновной в ухудшении экологической обстановки в регионе. Все было готово для начала широкомасштабных исследований.

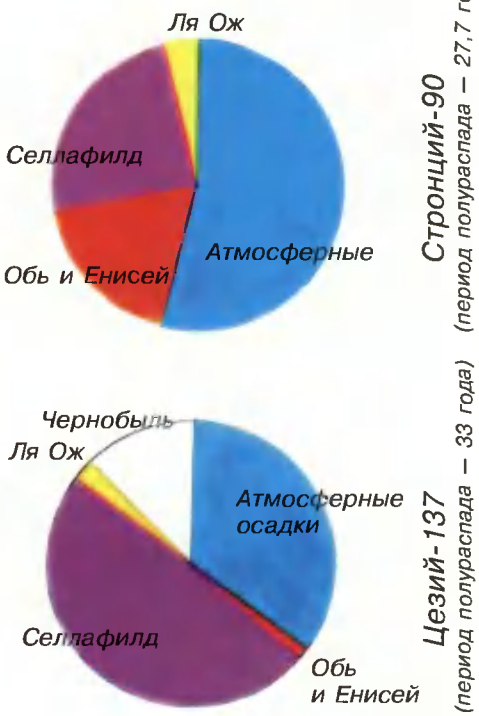
И вот мечта сбылась: русские убрали «железный занавес». Это событие совпало по времени с серией разоблачительных публикаций в нашей печати: журналисты наперебой вещали о страшных экологических последствиях радиоактивного загрязнения арктических морей. В качестве одного из самых веских аргументов они приводили массовую гибель морских звезд в Двинском заливе Белого моря весной 1990 года. Ответственность за эту экологическую катастрофу журналисты, не долго думая, возложили на широкие плечи наших военных моряков.

И вот в 1992 году состоялась первая научная экспедиция, в которой приняли участие ученые Норвегии и их российские коллеги. В последующие годы к исследованиям радиоактивного загрязнения Арктики присоединились специалисты других европейских стран и даже Канады.

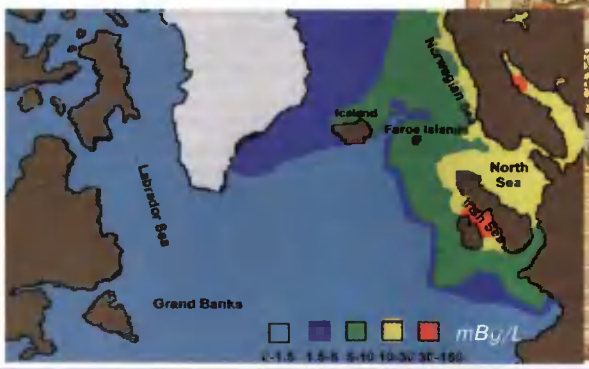
Данные, полученные участниками многочисленных международных экспедиций, стали для них полной неожиданностью: общее содержание радиоизотопов в пробах воды, морского грунта и водорослей арктических морей оказалось в десятки раз ниже, чем, например, в бассейне Балтики (см. диаграмму на рис. 1). Что касается рыбы, выловленной в Баренцевом и Карском морях, то уровень ее радиоактивности не превышал 1 беккереля на килограмм веса, и это при том, что нормы, установленные Европейским союзом, допускают употребление в пищу даров моря с уровнем радиоактивности 600 Бк/кг!

А ведь от экспертов не скрыли ничего: они посетили не только Кольскую АЭС, не только места, где сливали жидкие радиоактивные отходы с ледоколов и подводных лодок, но и район восточного побережья Новой Земли, где когда-то проводили испытания атомного оружия. Здесь же складировали на морском дне твердые радиоактивные отходы, затапливали отработавшие свое ядерные реакторы. Уровень радиоактивности в этом заливе оказался чуточку выше, чем на прилегающей акватории, и потому специалисты исследовали места затопления опасного груза самым тщательным образом. От зоркого глаза фотокамеры не укрылись ни трещины в контейнерах, которые возникли, по-видимому, от удара о дно, ни пятна ржавчины на обшивке судов. Тем не менее пробы грунта, взятые всего лишь в нескольких метрах от контейнеров, позволили сделать заключение, что особой утечки радиоак-

2
Вклад различных источников загрязнения (стронцием-90 и цезием-137) в общий уровень радиоактивности вод Карского моря:



Современные карты радиоактивного загрязнения морей у берегов Европы свидетельствуют, что страшных монстров не всегда следует искать там, где предполагали исследователи XVI века



тивного содержимого не происходит. Аналогичная картина предстала перед глазами экспертов, обследовавших район гибели советской подводной лодки «Комсомолец», которая затонула в Норвежском море в 1989 году: с точки зрения радиационной безопасности все оказалось вполне благополучно и здесь.

И все-таки беспокойство полностью не улеглось. А вдруг морская вода успеет разъесть корпуса кораблей и стенки контейнеров до того, как их содержимое станет относительно безопасным? Тщательные подсчеты, выполненные специалистами Европы, позволили установить, что даже в том случае, если все радиоактивные отходы, захороненные на дне моря, выплеснутся в воду разом, уровень загрязнения прибрежных морей возрастет не более чем на 7 % от нынешней величины. Так что ждать глобальной катастрофы с этой стороны вроде бы тоже не приходится, хотя наблюдать за ситуацией в зонах складирования отходов необходимо: это позволит избежать локальных экологических проблем в будущем.

Итак, экологи получили ответы на большинство вопросов, не дававших им покоя многие годы, но теперь появился еще один: если Арктику, а заодно и Скандинавию (где радиоактивной грязи больше) загрязняет не Россия, то кто же тогда? Это удалось выяснить по составу радиоизотопов, присутствующих в пробах. Дело в том, что предприятие по обогащению урановых руд и атомный ледокол загрязняют окружающую среду не совсем одинаково, да и выброс радиоактивных веществ из реактора атомной электростанции вполне можно распознать. Например, радиоизотопы иода в атмосферных осадках (а стало быть, и на поверхности океана) свидетельствуют о недавнем взрыве ядерного заряда или свежем выбросе вещества из наземного ядерного реактора, а появление в морской воде и водорослях радиоактивного титана и полония указывают на специфическое загрязнение акватории атомными реакторами судов.

Результаты анализа удалось свести воедино, и шведский ученый Р. Бергман недавно опубликовал их в «Арктическом бюллетене» («Arctic Bulletin», 1999, № 3), издаваемом знаменитым Фондом охраны дикой природы (World Wide Fund). Представленные в бюллетене диаграммы (рис. 2) свидетельствуют о том, что основной вклад в радиоактивное загрязнение Арктики вносят атмосферные осадки. Они выпадают по всему миру более или менее равномерно и содержат вещество, образовавшееся в результате испытания атомного оружия в атмосфере (до того, как в 1963 году такие испытания были запрещены международным соглашением).

Однако, как показали анализы, существует и еще один, чрезвычайно мощный источник загрязнения вод Северного Ледовитого океана. Им оказалась... английская фабрика по переработке ядерного топлива, расположенная в Селлафилде (Sellafields). Увы, Североатлантическое течение, часть знаменитого Гольфстрима, несет к нам из Атлантики не только бытовой мусор и «дары» судоходства (об этом «Химия и жизнь» писала в № 9 за 1980 г.). Вклад в радиоактивное загрязнение Арктики французского предприятия в Ля Ож (La Hauge) значительно скромнее, но и с него попадает в северные воды почти столько же радиоактивной грязи, сколько приносят Обь и Енисей вместе взятые. Даже в Карском море, отгороженном от Гольфстрима Новой Землей, влияние европейских радиоактивных стоков значительно выше, чем утечек с атомных установок Томска и Красноярска!

Вот и получается, что, пока наши «зеленые» нападают на наши же подлодки, Северный Ледовитый океан становится сточной ямой «Общеевропейского дома». Пока еще не стал, конечно, но Гольфстрим-то не останавливается!

Ну а как же быть с морскими звездами — главным козырем экологов, воюющих с моряками? Ученые с биостанции «Картеш» петербургского Зоологического института убедительно показали, что никакого отношения к радиоактивному или какому-либо другому загрязнению эта катастрофа не имела, она была вызвана погодными условиями. Случилось так, что сильные ветра подогнали к берегу «язык» пресной воды, вырывающийся в море из устья Северной Двины, произошло сильное опреснение большого прибрежного района, и морские звезды просто не выдержали перепада солености.

Круговорот проблем в природе

В.Артамонова

Когда что-нибудь делаешь
или даже совсем ничего
не делаешь,
то ведь никогда
не знаешь,
чем это кончится

Г.Остер.
Испорченная погода

Устье реки Кереть

Фото А.Веселова

Тысячи видов живых существ ежегодно исчезают с лица Земли — об этом знают все. Одни устало машут рукой: чего, мол, зря воздух сотрясать, все равно ничего не поделаешь. Число людей на планете постоянно растет, им нужно жизненное пространство, и, значит, многие дикие животные просто обречены на вымирание. Другие бьют тревогу во все колокола: «Спасайте всё и вся! Чем больше заповедников и меньше благ цивилизации, тем лучше!» Между представителями крайних точек зрения стоят добросовестные ученые. Им трудно. Иной раз даже на то, чтобы разобраться в причинах проблемы районного масштаба, могут уйти годы. А проблема тем временем разрастается, становится областной, региональной, общегосударственной.

В такой ситуации на ее решение иногда выделяют средства, но может статься, что время упущено и спасать уже некого.

Маленькая биобомба большой мощности

Ситуация, сложившаяся в карельской реке Кереть, — это своеобразная экологическая бомба, причем из опыта Норвегии известно, что бомба эта взрывается и осколки ее могут разлететься далеко.

А дело в том, что в начале 90-х годов в Керети стала исчезать семга (атлантический лосось). Для единственной реки здешних мест, где все еще сохранялся государственный промысел этой рыбы, такой поворот дела обернулся настоящей трагедией. Ежегодные исследования, проводимые с 1990 г., показали удручающую динамику: количество мальков на единицу площади упало сначала вдвое, потом в семь раз, на следующий год — еще в десять — пятнадцать, и вот уже в реке остались только единичные рыбешки.

Стало ясно, что популяции угрожает гибель и раньше или позже атлантический лосось в Керети исчезнет. Ведь лососевые, как правило, весьма консервативны. Родившись в реке и проведя в ней несколько лет, молодь семги скатывается затем в море, где на просторах океана, питаясь богатой пищей, рыбки величиной с ладошку превращаются за пару лет в могучих красавцев метровой длины. И все-таки спустя годы они находят путь назад, в речку своего детства, и заходят на нерест именно в нее. Ученые так до конца и не понимают, как и почему это происходит, но в одном сомневаться не приходится: рыбу, помеченную в той или иной реке, редко вылавливают повторно в другом пресном водоеме. Популяция, нерестящаяся в определенном месте, почти замкнута, чужаки в ней редки.

Ученые обеспокоились не на шутку. И поскольку за исключением семги все прочие обитатели Керети чувствовали себя не хуже, чем обычно, специалисты заподозрили эпидемию. В 1992 году рыбу обследовали паразитологи, и худшие предположения ученых подтвердились. Экземпляры молоди, взятые на анализ, оказались густо усеянными микроскопическими (менее 1 мм) паразитами — плоскими червями *Gyrodactylus salaris*. Эти твари буквально облепляли рыбок: их обнаружили на коже, плавниках, в носовых ямках, ротовой полости молодых лососей; на каждой рыбке ученые насчитали по нескольку сотен паразитов. При таком сильном заражении гиродактилюсом молодь буквально гниет заживо и в конечном счете гибнет.

Похожи, но не одно и то же

Надежды на то, что все утрясется само собой, оставили сразу же. Норвегия, пережившая точно такую же экологическую катастрофу в середине 70-х годов, не оправилась до сих пор. Эта страна обладает большими запасами атлантического лосося и получает от его экспорта внушительный доход. Еще бы! Целых 400 лососевых рек плюс огромное количество рыбоводных заводов! Впрочем, и хлопот такое хозяйство может доставить немало.

Были времена, когда о *Gyrodactylus salaris* здесь никто и слыхом не слыхивал, но в июле 1975 года неизвестная болезнь подкосила лососевое стадо

реки Лаксельвы в Северной Норвегии. Массовая гибель рыбы заставила ученых быстро шевелить мозгами, и через месяц они уже знали — всему виной паразит, которого в норвежских реках прежде не встречали.

И все-таки что-то здесь было не так. Ведь о *Gyrodactylus salaris* ихтиологи знали и раньше. В 1957 г. его впервые обнаружили в Швеции на коже и плавниках молодых лососей. С тех пор паразита встречали не раз: например, в водоемах Финляндии, в Ладожском и Онежском озерах, но никогда он не досаждал рыбе настолько, чтобы вызвать массовую гибель и уж тем более не уничтожал целые популяции. Между *Gyrodactylus salaris* и атлантическим лососем существовало экологическое равновесие, при котором паразит хотя и доставляет семге определенные неудобства, но никогда не размножается на ней до такой степени, чтобы у мальков отслаивалась кожа и гнили плавники.

В том, что виной всему — генетические особенности отдельных популяций атлантического лосося, разобрались быстро. В океане-то все особи находятся в равном положении — соленой воды гиродактилюс не переносит, — а вот в реке, где поселился паразит, среди мальков, которые из года в год заражают друг друга, идет настоящая борьба за выживание. Вырастают, а стало быть, и возвращаются в зараженную реку лишь те, чья иммунная система сумела справиться с воздействием неблагоприятного фактора. Тысячелетия отбора и привели когда-то к возникновению популяций семги, устойчивых к *Gyrodactylus salaris*. Эти популяции по сей день сохраняются в бассейне Балтики — на территории, не затронутой последним оледенением.

Что касается побережья Северного Ледовитого океана, то оно освободилось от километровой толщи льда лишь 12 тысяч лет назад. В это время атлантический лосось получил возможность осваивать просторы Арктики, но паразита на новое место жительства с собой не прихватил. Благодаря долгому пребыванию в соленой воде любые производители, заходившие на нерест в стерильно чистые реки Арктического побережья, не несли на своих плавниках ни единого экземпляра *Gyrodactylus salaris*. Мальки, появившиеся из икринок в этих краях, быстро забыли о страшном паразите, который, возможно, терзал некогда их прародителей; забыли на уровне генов, которые если и работали когда-то, то впоследствии выключились за ненадобностью, а потом и вовсе поломались.

Популяции семги, возникшие на арктическом побережье в послеледниковый период, даже не заметили, вероятно, что они лишены чего-то важного, ведь назойливого соседа, гиродактилюса, здесь не было.

На чужих ошибках

Но откуда же, спрашивается, он взялся спустя тысячелетия? Как это часто бывает, беду накликал человек. Не по злобе и даже не из-за беспечности — по незнанию.

За Лаксельвой норвежские ученые вели пристальное наблюдение. Они видели, как распространяется очаг заражения по всему речному руслу. Но настоящая беда была еще впереди. С 1979 года число рек, в которые уже успел вселиться *Gyrodactylus salaris,* стало расти год от года. В 1980 г. их стало 19, а к 1990 г. — 34. Угроза, нависшая над национальным богатством страны, заставила правительство Норвегии создать в 1980 г. специальный комитет по гиродактилюсу; в его задачи входило не только установить причины и источник заражения, но и найти средство борьбы с паразитом.

Обследовав рыбоводные хозяйства, ученые были вынуждены констатировать, что на этот раз мероприятия, предпринятые, чтобы сохранить и приумножить рыбные ресурсы страны, оказали природе медвежью услугу. В какой-то момент в природоохранную стратегию вмешалась сиюминутная экономическая выгода, и, вместо того чтобы отлавливать производителей на местах, брать у них икру и молоки, а затем два года возиться с мальками, рыбоводы предпочли выпустить в реки молодь, закупленную в Швеции. Пришельцы оказались зараженными гиродактилюсом, хотя, обладая устойчивостью к нему, внешне выглядели вполне здоровыми. Они перезаразили исконных обитателей реки, и среди тех начался настоящий мор.

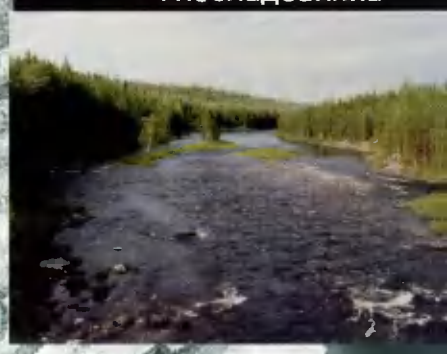
Но и это еще не все. Даже кратковременное пребывание зараженной рыбы в заводских садках оказалось роковым для многих хозяйств, и отныне семга, выращиваемая здесь, все время болела и гибла. Постоянным источником заразы стала радужная форель. Эта рыба, которая тоже высоко ценится среди любителей деликатесов, куда менее прихотлива, нежели атлантический лосось. Выращивать ее до товарного состояния прямо на рыбоводном заводе вполне рентабельно, и даже хозяйства, созданные, чтобы решать совсем другие задачи, обычно не пренебрегают этим источником дохода.

Фото Г.Жаркова

Не только государственный промысел семги, но и любительское рыболовство в реках Арктического побережья может оказаться под вопросом, если вовремя не принять мер, которые позволят полностью уничтожить микроскопического паразита Gyrodactylus salaris в Керети

Хотя размножаться на радужной форели *Gyrodactylus salaris*, вообще говоря, не может, она вполне подходит паразиту в качестве временного пристанища и транспортного средства. Создать условия, при которых паразит не перекочует с одного вида рыбы на другой, в заводских условиях практически невозможно: иной раз достаточно отловить сачком зараженную рыбку, а потом, не просушив его до конца, погрузить в садок с мальками семги — и эпидемия среди них гарантирована.

Специалисты из комитета по гиродактилюсу обнаружили паразита на 35 рыбоводных заводах Норвегии. Разумеется, всем этим хозяйствам запретили выпускать мальков в реки, но к тому времени бед они успели натворить уже немало. Ведь пострадали не только водоемы, куда выпускали заводскую рыбу, но и речки, впадающие в море неподалеку от устья зараженной реки. Сильно опресненная вода прибрежной зоны оказалась способной переносить *Gyrodactylus salaris* на расстояния в несколько километров, не убивая его.



Если уж рубить хвост, то по самую шею

Даже в тех случаях, когда эпидемии вспыхивают среди сельскохозяйственных животных, ветеринары бывают вынуждены порой идти на крайние меры и уничтожать, например, целые стада коров — не только больных, но и тех, которые находились в контакте с ними. Так случилось несколько лет назад в Англии: угроза распространения коровьего бешенства, опасного для человека, вынудила животноводов извести почти все поголовье крупного рогатого скота. Что уж тут говорить о диких животных, а тем более о рыбе! Здесь не до сентиментов — только бы удалось найти подходящее средство, которое позволит уничтожить всю рыбу в зараженной реке, да так, чтобы водоем не остался мертвой зоной на веки вечные.

Эксперимент провели на небольшой норвежской речке Викья: в ноябре 1981 года ее залили ротеноном. Этот яд, содержащийся в некоторых тропических растениях, аборигены издавна использовали для ловли рыбы. Он хорош тем, что почти нетоксичен для теплокровных и многих гидробионтов, а вот на рыб действует даже при разведении в 50 миллионов раз. Химическую обработку водоема повторили в мае 1982 года, и с этого

Плотины ГЭС перекрыли доступ семги к естественным нерестилищам, что дало толчок строительству рыбоводных заводов

В 90-е годы, когда на большинстве лососевых рек пышно расцвело браконьерство, рыбоводные заводы стали для семги чуть ли не единственным шансом оставить потомство

времени ученые внимательно следили за всем, что происходило в реке.

Результаты оказались обнадеживающими. Во-первых, икра, зарытая семгой и кумжей на дне реки до ее обработки ротеноном, неплохо выдержала серьезное испытание, и уже осенью того же года в речке обнаружили мальков-сеголетков. В последующие годы исследователи вылавливали здесь рыбок разных возрастов, но среди них не оказалось ни одной, пережившей ротеноновую обработку и оставшейся в живых. Вместе с семгой погиб и гиродактилюс: река очистилась от него полностью.

Впрочем, распространить успешный опыт оказалось не так-то просто. Для более крупных рек требовалось огромное количество дорогого химиката, а кроме того, встала проблема равномерного распределения вещества по объему речных вод. В результате ротеноновая обработка еще восьми рек Норвегии в конце 80-х годов не дала ожидаемого эффекта: полностью освободить от паразита удалось только одну из них.

Голь на выдумку хитра

Обнаружив *Gyrodactylus salaris* в Керети, российские ихтиологи бросились проверять семгу в рыбоводных хозяйствах. Особенно тщательно исследовали они Выгский рыбоводный завод, который традиционно выпускает мальков в эту реку. Но все оказалось чисто — никаких следов паразита.

О том, откуда же все-таки взялся он в Керети, можно только гадать. Предположения выдвигали самые разные: от преднамеренной экологической диверсии до беспечности рыболовов-любителей, которые, порыбачив на одной из речек Онежского бассейна, забросили непросушенную снасть в Кереть. Такое и в самом деле могло быть: ведь водораздел между бассейнами Балтики и Ледовитого океана проходит именно в этих краях и реки, принадлежащие к разным водным системам, находятся здесь очень близко друг к другу.

Специалисты считают вероятным и такое развитие событий, при котором гиродактилюса случайно занесли в реку сами рыбоводы. Это могло произойти, если, выпустив мальков в бассейне Онежского озера, они сполоснули емкости для транспортировки рыбы здешней водой, а потом, вернувшись на завод, погрузили в эти цистерны молодь семги и отвезли ее в Кереть. Но все это — только предположения. На самом-то деле концов, как видно, уже не найти.

И все-таки, несмотря на то что вопрос об источнике заражения далеко не праздный (ведь если не принять мер предосторожности, ситуация может повториться), гораздо важнее придумать, что же все-таки делать с зараженной рекой. Речка-то не маленькая, залить ее ротеноном не просто, да и где же его столько возьмешь, когда экономика страны на ладан дышит? Вариант, который предлагают отечественные ихтиологи для борьбы с гиродактилюсом в Керети, довольно трудоемкий, но он много дешевле и экологичнее того способа, которым воспользовались в Норвегии.

Ихтиологи рассудили так: раз уж *Gyrodactylus salaris* живет только на проходной, а не на речной рыбе, не следует пускать производителей в Кереть. Если перегородить русло сетями и выловить всю рыбу, вознамерившуюся подняться вверх по течению (увы, не так-то и много ее бывает — несколько десятков экземпляров!), то через четыре года молодь семги в реке переведется и гиродактилюс вымрет от голода. А уж на 200 — 300 метров речного русла в районе устья химиката раздобыть все-таки проще, чем на всю реку.

Круговорот проблем

Но дело с места до сих пор не сдвинулось. Обеспокоенные сложившейся ситуацией, местные власти приглядывают за иностранцами, которые ловят рыбу в наших реках по лицензии. У них проверяют снаряжение, заставляют их тщательно просушивать снасти. Разъясняют обстановку и местным жителям, стремясь добиться от них того же. Да только вот есть еще и браконьеры, которым дела нет до того, что случится с рекой завтра, — и это не может не беспокоить.

Ученые в свою очередь ежегодно осматривают молодь в каждой лососевой реке и по осени с облегчением переводят дух: «Слава Богу, и в этом году пронесло, ни один водоем больше не заразился!» Но Кереть из головы все равно не идет — на бомбе живем.

...А может, все не так страшно? Может, стоит заняться разведением рыбы, устойчивой к гиродактилюсу, выпустить ее во все реки Арктического побережья да и обмануть таким образом паразита?

Не говоря о том, что такая задача требует куда больших материальных затрат, чем химическая обработка одной-единственной реки, подобный подход к проблеме имеет и другие изъяны. Вот, скажем, в средние века по Европе прокатилось несколько эпидемий чумы. Их последствия мы наблюдаем и сегодня: в странах, население которых болело этой страшной болезнью, первая группа крови (*00*) встречается реже, чем у народностей, проживавших в изолированных регионах (в Ирландии, Исландии, на Корсике), куда чума не добралась. На основании такой статистики какой-нибудь горе-исследователь мог бы сделать вывод о том, что ген *0* хуже всех прочих (то есть *A* и *B*), раз уж его носителей болезнь косила чаще других. Но если мы бросим взгляд на страны Азии, то обнаружим другую картину: на территориях, где веками свирепствовала не только чума, но и оспа, помимо аллеля *0* так же редок и аллель *A*. Согласно современным данным, существуют и болезни, которым в наибольшей степени подвер-

Фото В.Артамоновой

жены носители аллеля *B*, — например, кариес зубов.

Отсюда вывод: не бывает абсолютно хороших и абсолютно плохих генов. Каждый на что-то годен, а на что-то нет. И если мы истребим или просто бросим на произвол судьбы рыбу, подверженную заражению гиродактилюсом, то неизвестно еще, сможет ли семга Балтийского бассейна заселить освободившуюся жилплощадь. А сколько уникального генетического материала будет утрачено навсегда! Кто сможет оценить эти потери априори?

Недаром видные ученые всего мира ломают копья на крупнейших международных форумах, стараясь внедрить в общественное сознание мысль о необходимости сохранения биоразнообразия. Последствия близкородственного скрещивания животных, сохранившихся только в зоопарках или небольших заповедниках, сказываются уже сегодня. Недавно, например, «Химия и жизнь» (2000, № 2) писала о том, что вырождение угрожает зубрам, поскольку все они — потомки лишь 11 особей, которых только и удалось уберечь когда-то от уничтожения.

Предложения генетиков

Но, заботясь о биоразнообразии, не скатываемся ли мы на позиции радикально настроенных «зеленых», которые готовы охранять природу любой ценой, не считаясь даже с насущными потребностями человечества? Чтобы избежать крайностей, специалисты в области популяционной генетики и экологии предлагают компромиссный вариант. Они рекомендуют оберегать от вмешательства со стороны человека наиболее ценные биологические сообщества, разумно эксплуатируя все прочие.

Данных о генетических особенностях семги — важного промыслового объекта — накопилось уже немало, и, собравшись вместе, ученые вполне могли бы оценить, какие популяции атлантического лосося представляют наибольшую ценность в качестве носителей большого числа уникальных аллелей тех или иных генов. В их жизнь человеку вмешиваться не стоит, разве что контроль за этими объектами наладить. Такие популяции — резервный фонд, который позволит восстановить рыбные запасы в том случае, если они ненароком пострадают от деятельности человека или в результате какого-то стихийного бедствия в одном из регионов.

Из нескольких тысяч мальков, которых содержат до поры до времени в заводских бассейнах, вырастут и вернутся с просторов Атлантики лишь сотни. Но даже если их останется только 4%, можно будет считать, что усилия рыбоводов не пропали даром

Водоемы, которые не войдут в число особо охраняемых, тоже следует эксплуатировать с умом. Тем более что некоторый опыт в этом деле у нас имеется. Так, при строительстве ГЭС на реках северо-запада России в 20 — 30-е годы гидростроители воспользовались рекомендациями биологов и предусмотрели создание рыбоводных заводов в низовьях большинства рек, перегораживаемых плотинами. Производителей, которым люди невольно перекрыли доступ к нерестилищам, отлавливали на подходе к плотине, брали у них икру и молоки, а молодь выращивали уже на заводе. И пусть эффективность работы таких хозяйств поначалу была невысока — рыбоводы подсчитали, что, если из океанских просторов в реку возвратится всего 4 % выпущенной в нее рыбы, работать стоит.

Постепенно хозяйства добились определенных успехов: процент заводской рыбы в уловах вырос до 10 — 14, а в 90-х годах, когда на всех лососевых реках пышным цветом расцвело браконьерство, рыбоводные заводы оказались для семги чуть ли не единственным шансом оставить потомство. Сейчас почти половина рыбы в этих реках — заводская.

Только вот в погоне за количеством не позабыть бы о качестве. Увы, икру и мальков частенько передают из одного рыбоводного хозяйства в другое, не считаясь ни с генетическими особенностями местных популяций, ни с опасностью распространения рыбьих болезней. И, как видим, не только у нас, но и в других странах. Винить в этом рыбоводов язык не поворачивается: далеко не каждое хозяйство, характер деятельности которого не позволяет ему быть самоокупаемым, может позволить себе ежегодно отлавливать семгу в реке или содержать лососевое стадо производителей круглый год. Спасибо и на том, что вообще продолжают работать в немыслимо тяжелых экономических условиях: иногда без рыбьих кормов, а иногда и без зарплаты.

А ведь если радикально лечить Кереть, то вся нагрузка по восстановлению популяции ляжет именно на рыбоводное хозяйство, которое согласится взять на себя отлов производителей в этой реке, чтобы размножить семгу в стенах завода и выпустить ее на волю, когда опасность минует. И было бы очень неплохо, если бы нашлась государственная организация, способная взять на себя и моральную, и материальную ответственность за состояние рыбных ресурсов страны, обезвредить наконец биобомбу и залечить рану, невольно нанесенную природе. Со своей задачей — разъяснить ситуацию и вовремя предупредить об опасности — ученые справились.

Автор благодарит доктора биологических наук Е.П.Иешко (Институт биологии КНЦ РАН) и кандидата биологических наук А.А.Махрова (Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН) за предоставленные материалы и помощь в подготовке этой статьи.

Проклятие фараонов на кухне

С.Афонькин,
Ю.Дунаева

Художник М.Златковский

Ошибка Линнея

Бульварная пресса пытается порой привлечь внимание публики леденящими душу рассказами о проклятии египет-ских фараонов, которое якобы обрушивается на головы археологов и грабителей древних гробниц. Египет от нас далеко, однако встретиться с проблемой, хотя бы косвенно имеющей отношение к фараонам, мы можем у себя на кухне. Речь идет о маленьком желтом муравьишке, которого Карл Линней, наводя порядок в живой природе, назвал Monomorium pharaonis и включил в тот же отряд перепончатокрылых, к которому принадлежат черные и рыжие лесные муравьи, а также осы и пчелы. С легкой руки великого шведского систематика это существо называют теперь фараоновым муравьем. Проклятие не проклятие, но хлопот фараоновы насекомые могут доставить немало. Стоит им поселиться в квартире, и у вас не раз возникнет повод помянуть недобрым словом Аменхотепа и Тутанхамона.

Но надо честно признать — Линней ошибся. Фараонов муравей не имеет никакого отношения к Египту. Его историческая родина — Индия. В XV—XVII веках эти муравьишки обжили парусные корабли, которые курсировали между Европой, Индией и Вест-Индией. Став заядлыми путешественниками, они десятилетиями странствовали по морям планеты, методично портя продуктовые запасы пиратов и честных купцов, за что и получили название корабельных муравьев. Парусное сообщение между Востоком и Западом открыло корабельным муравьям путь на кухни и в таверны Европы, где однажды они и попались на глаза Линнею.

Теперь уже трудно сказать, почему он решил, что их родина — Египет. Возможно, желтый цвет этих муравьев вы-звал у него ассоциации с песками пустыни... Важно другое. Постепенно оккупируя все новые земли, фараоновы муравьи добрались в XIX веке и до России. Еще около ста лет ушло, чтобы прочно закрепиться на захваченных плацдармах. Начиная с сороковых годов XX века фараонов муравей стал частым гостем в российских городских квартирах. Удивленные жильцы начали обнаруживать муравьиные гнезда в металлических банках из-под кофе, под паркетом, в шкафах с бельем и за облицовочными плитками в ванной комнате.

Царица в портфеле

Нельзя сказать, что такие встречи с представителями экзотической фауны радуют современных горожан. Даже рьяному любителю природы станет не по себе, когда он обнаружит в своей комнате 350 тысяч фараоновых муравьев, прокладывающих тропку к сахарнице или банке с вареньем. (Случай обнаружения столь многочисленной ко-

лонии зарегистрирован документально!)

Так что если вы заметили у себя дома желтого муравья, едва достигающего в длину 2,5 мм, советуем насторожиться — это может быть грозным признаком уже начавшейся атаки социальных насекомых на ваши законные владения и продуктовые припасы. Впрочем, если это рабочий фараонов муравей, которого вы случайно принесли из гостей в портфеле, беспокоится не о чем. Он не в состоянии дать потомство, и, даже если ему удастся избежать удара тапочком, он вскоре тихо угаснет, лишенный контактов с остальными членами своей семьи.

Гораздо хуже, если вы принесете домой оплодотворенную самку фараонова муравья — царицу и потенциальную основательницу новой колонии. Она обычно вдвое крупнее рабочего муравья. Тут уже миндальничать точно не стоит — надо сразу давить. Гарантирую, что даже активисты из общества защиты природы не будут против. Если такой самке удастся ускользнуть, она найдет тихое, укромное место и начнет откладывать яйца. Почти как матка в фильме «Чужие», только в миниатюре. Но это только поначалу — в миниатюре...

Хотя оплодотворенная самка невелика — не более 5 миллиметров в длину, — ее энергетических запасов хватает, чтобы, практически не питаясь, от-

ложить пару десятков яиц. Есть данные, что проголодавшаяся царица на самых ранних этапах своей династиче-ской карьеры может подкрепляться отложенными яйцами и даже подкармливать ими подрастающих личинок. В любом случае она умудряется самостоятельно вывести из некоторых яиц взрослых рабочих особей. Так возникает ее личная гвардия из рабочих муравьев, которые берут на себя все хлопоты.

Обзаведясь помощниками, царица может сконцентрировать усилия на продолжении рода. За свою жизнь, которая длится около года, она может отложить до тысячи яиц. При этом подмечена любопытная закономерность — чем больше в колонии рабочих муравьев, тем быстрее работает яйцекладущий конвейер царицы. Это разумно и логично. Если она будет откладывать в начале своего правления, к примеру, сотню яиц за неделю, то немногочисленные пока рабочие не справятся с таким большим детсадом. Начальный темп откладки яиц у царицы — 3—4 за 24 часа. Максимальный в конце ее жизни — до 20 яиц в сутки.

У рабочих фараоновых муравьев существует по меньшей мере три профессии: фуражиры, то есть добытчики пищи, няньки и охранники. По некоторым наблюдениям, рабочие муравьи за свою недолгую жизнь (всего 2,5—3 месяца) успевают перепробовать все специальности — в человеческом обществе это называют ротацией. Вряд ли тут можно говорить о карьере, поскольку преимуществ одной профессии по сравнению с другой не заметно.

Логика роста

В разрастающейся колонии, которая состоит уже из сотен рабочих муравьев, начинают происходить любопытные явления. Основавшая колонию царица пожизненно хранит в своем теле запас сперматозоидов, который она получила от своего избранника во время первого и единственного с ним контакта. Сперматозоиды идут в дело по мере созревания яиц и прохождения их по яйцеводам царицы. Из оплодотворенного яйца чаще всего выводится рабочий муравей, вернее, рабочая муравьиха — недоразвитая самка, неспособная откладывать яйца. Однако у каждой личинки, которая выходит из оплодотворенного яйца (а есть и другие личинки, но о них чуть позже), есть шанс стать не простой труженицей, а новой царицей.

Для этого она должна получать больше корма. Мелкие личинки-недокормыши всегда становятся рабочими муравьями, из самых крупных всегда вылупляются будущие царицы, а личинку среднего размера с помощью усиленного питания можно «дотащить» до состояния потенциальной царицы либо, посадив на диету, заставить стать рабочим муравьем. Более того, если кормить личинку по принципу «ни то ни се», порой механизм определения судьбы дает сбой, и на свет появляется муравей-интеркаст. Он и работать не может, и на царицу не тянет. Интеркасты — несчастные существа. Бесплодные и социально бесполезные. Рабочие муравьи интеркастов не кормят, и те вскоре умирают от голода.

Однако мы отвлеклись от появления в колонии новых цариц. Пока колония невелика, царица-основательница не терпит конкуренции и выделяет летучие вещества (феромоны), которые заставляют рабочих муравьев несмертельно повреждать крупных личинок — потенциальных престолонаследниц. Из таких поврежденных личинок выводятся обычные рабочие муравьи. Какой сюжет для романа!

По мере того как колония разрастается, феромонный контроль, побуждающий рабочих губить наследниц, ослабевает. К тому же в рабочих муравьях активизируется программа поведения, которая заставляет их усиленно кормить крупных личинок. Нетрудно догадаться, что раньше эта программа подавлялась феромонным прессингом царицы-основательницы колонии. В результате некоторые крупные личинки умудряются проскочить через «таможенный контроль», который царица устанавливает в своих владениях, и превратиться в новых молодых цариц. Если царица-основательница случайно гибнет, рабочие муравьи начинают еще более интенсивно кормить крупных личинок. В результате из них выводятся новые царицы и правление династии не прерывается.

Когда в колонии появляются новые царицы, самка-основательница принимает это как факт и в борьбу за трон не вступает. Тем более что для мудрого управления поведением тысяч рабочих муравьев ее собственных пахучих сигналов уже может и не хватать, так что помощь престолонаследниц оказывается кстати. Не следует также забывать, что жизнь царицы не вечна, а колония может существовать годами — намного дольше, чем при самых благоприятных условиях проживет ее хозяйка.

Самка-основательница с возрастом начинает откладывать все больше крупных яиц, из которых с высокой вероятностью выведутся новые царицы. В отличие, скажем, от медоносных пчел, в колонии фараоновых муравьев количество цариц не ограничено. Вернее, оно лимитировано только достатком корма и свободной жилплощадью. В благоприятных условиях такая колония разрастается, будто раковая опухоль. Происходит это за счет появления все новых и новых самок. Известны случаи, когда в одной колонии цариц было несколько сотен!

Невозможные самцы

Для того чтобы новые престолонаследницы стали полноценными царицами, они должны быть оплодотворены. Другими словами, им хоть и на непродолжительный срок, но все-таки нужны мужья. Откуда они берутся в колонии? Ведь до сего времени колония напоминала войско амазонок — то есть состояла из одних только дам. Оказывается, достигая пика своей плодовитости, царица начинает откладывать некоторое количество неоплодотворенных яиц. То ли они случайно проскакивают на ее «конвейере» стадию оплодотворения, то ли тут задействован какой-то особый механизм контроля — неясно. Как бы то ни было, некоторое количество яиц не встречается со сперматозоидами, хранящимися в ее теле. Самое удивительное, что такие неоплодотворенные яйца начинают развиваться и из них через некоторое время выводятся самцы! Чтобы ситуация стала еще более интригующей, надо вспомнить основы генетики.

Большинство организмов, включая человека, являются диплоидными существами (от греч. dis — дважды, двойной). Это означает, что во всех их клетках, исключая половые, двойной набор хромосом. Один набор получен от папы, другой — от мамы. Считается, что такое дублирование увеличивает надежность, позволяя бороться со случайными мутациями — «опечатками» в генах.

Организмы, имеющие только один набор хромосом, называются гаплоидными. Это не патология и не такая уж редкость. Например, у многих низших растений некоторые стадии развития полностью гаплоидны. Однако очевидно, что именно диплоидные организмы являются главным направлением эволюции. И тут на тебе! У фараоновых муравьев (как и у некоторых других перепончатокрылых общественных насекомых) самки диплоидны, а самцы гаплоидны! Это означает, что во всех клетках самцов вдвое меньше хромосом, чем в клетках самок, — всего по 11 в каждой

Чтобы стать не простой труженицей, а новой царицей, – личинка должна получать больше корма

клетке. У самок же 22 хромосомы — двойной набор. Несмотря на такую хромосомную недостачу, самцы вполне жизнеспособны и неплохо выполняют свои мужские обязанности, а по габаритам и по внешнему виду они напоминают самок.

Вероятно, столь странное гапло-диплоидное определение пола у фараоновых муравьев возможно только потому, что роль самцов у них сводится лишь к переносу мужских половых клеток в тело самки. Самцы не подвергаются опасным воздействиям окружающей среды и не обязаны тестировать свои наборы генов на приспособленность к жизни. После кратковременного спаривания, выполнив свою единственную жизненную задачу, самцы гибнут. Они больше никому не нужны.

В разросшейся колонии фараоновых муравьев всегда есть некоторое количество гаплоидных самцов, готовых немедленно обслужить новую только что вылупившуюся из куколки царицу. Так оно обычно и происходит. Хотя царицы выходят из куколок крылатыми, романтических полетов будущих супругов, как это принято у их лесных родичей, у фараоновых муравьев не бывает. Любовь протекает буднично, прямо дома, в колонии.

Оплодотворенная самка отгрызает себе крылья, съедает их и уже через 6—7 дней начинает откладывать яица, из которых выведутся рабочие особи. (Интересно, что яйца откладывают и самки, оставшиеся неоплодотворенными, однако эти яйца гаплоидны и порождают только самцов.) Если в колонии достаточно места, новая царица остается в пределах своей родной семьи. Если же стало тесновато — отправляется на поиски нового пристанища для будущих своих потомков.

Организм-колония

Есть указания, что рабочие фараоновы муравьи кормят лишь свою, породившую их самку. Таким образом, всю многотысячную колонию можно рассматривать как несколько смешанных «семей», существующих территориально вместе, но функционально — до некоторой степени независимо друг от друга. Царицу можно уподобить стволовой клетке организма, которая порождает тысячи работающих потомков, а всю колонию — целому организму, построенному из таких клеточных клонов.

Сравнение колонии муравьев с многоклеточным организмом можно продолжить. Не случайно один из крупнейших специалистов по муравьям американский энтомолог У.Уилер предложил специальный термин для обозначения таких колоний — сверхорганизм. Слаженной работой клеток нашего тела управляют два типа сигналов. Одни из них действуют быстро и локально — это нервные импульсы, под воздействием которых мы, например, отдергиваем руку от горячего чайника или подхватываем падающий предмет. Другие — гормоны — действуют медленно и оказывают воздействие сразу на многие клетки организма.

Работой муравьев в колонии управляют несколько десятков различных летучих сигнальных молекул — феромонов. Совершенно аналогично нервным сигналам и гормонам они делятся на «быстрые» и «медленные». Быстрые вызывают мгновенные поведенческие реакции. Например, феромон тревоги заставляет рабочих муравьев принимать одну из двух оборонительных поз. Первая — голова и грудь прижаты к полу, брюшко задрано вверх. На его конце расположено жало — сложный аппарат с мощным зазубренным выдвижным стилетом и ядовитой железой, которая в момент тревоги выделяет капельку яда. Вторая поза — муравей как бы сложен пополам: голова и конец брюшка смотрят вперед, ноги вытянуты и растопырены. (Эти позы муравей демонстрирует, если враг сравнимого с ним размера. Защитной реакцией при появлении крупного угрожающего предмета, вроде хозяина квартиры, будет, скорее всего, бегство. Проткнуть жалом кожу человека фараонов муравей не может.)

К «быстрым» феромонам относятся и пахучие сигналы прокладывания тропы, которые муравей оставляет, касаясь пола концом брюшка. Первоначальные исследования показали, что это вещество алкалоидного характера — 5-метил-бутилоктагидроиндолизин. Его назвали «мономорином» (от латинского названия рода муравьев). Позже выяснилось, что в состав следовых меток входят также мономорин-2 и мономорин-3, имеющие совершенно другое строение. Мономорин-2 — это 2-бутил-5-пентил-пирролидин, а мономорин-3 — транс-2-пентил-5(5'-гексенил-)-пирролидин. Молекулы всех этих веществ имеют циклические структуры и довольно низкую молекулярную массу.

Все следовые феромоны приказывают рабочему муравью идти по проложенной тропе, но, возможно, различные пахучие метки сообщают более подробные сведения о направлении и цели движения. Особые комплексы феромонов заставляют рабочих муравьев маркировать свою территорию и выносить из гнезда трупы. На самок и самцов действуют феромоны спаривания. Рабочий муравей, вернувшийся с добычей в гнездо, совершает определенные движения и выделяет феромоны «рекрутирования». Другие муравьи воспринимают его сигналы и также начинают выделять подобный феромон. Так происходит некая «цепная реакция», аналогичная распространению нервного импульса в теле многоклеточного организма. В результате колония реагирует на полученную информацию и вытягивает в сторону источника пищи цепочку рабочих особей: все триста тысяч гуськом направляются в вашу банку с печеньем...

«Медленные» феромоны регулируют физиологические процессы: созревание самки и откладку яиц, рост личинок и начало метаморфоза (окукливания и превращения во взрослого муравья). Ясно, что «быстрые» феромоны воздействуют на нервную систему муравья, а «медленные» — на органы внутренней секреции.

Подобно тому как изолированные клетки не в состоянии существовать вне тела человека, так и отдельные муравьи колонии (если это не царицы) не могут жить вне коллектива. Несмотря на обилие пищи, они быстро погибают. Рабочих муравьев-робинзонов просто не может быть. С этой точки зрения, фараоновы муравьи — гораздо более социальные животные, чем человек. Поведение и сама жизнь этих насекомых полностью подчинены запросам государства-колонии. Никакой свободы и демократии.

Без преувеличения можно сказать, что фараонов муравей постоянно окружен

целым букетом запахов, которые сообщают ему свежие новости и регулируют его поведение. Основные органы чувств фараонова муравья — воспринимающие запахи хеморецепторы. Фасеточные глаза занимают лишь почетное второе место. Сложности пахучей атмосферы, всю жизнь окружающей муравья, соответствует сложность его органов обоняния. Их несколько типов, расположены они во рту и на антеннах. Последние, кстати, служат не только органами чувств, но еще и дополнительными конечностями. Утомленный фараонов муравей может опираться антеннами о грунт. Хотя, возможно, дело не в усталости, а в повышенном внимании: так ему проще «вынюхивать» следовые запахи, оставленные собратьями.

Борьба с колонией

Подробности, которые успели выяснить энтомологи, изучающие особенности поведения и размножения фараоновых муравьев, явно превышают уровень практических знаний, необходимый для успешной борьбы с этими насекомыми. А бороться, безусловно, надо. Мало того что эти незваные гости назойливы и бесцеремонны, они вполне могут быть переносчиками опасных заболеваний, так как любят не только сладкое, но и, простите, трупы животных. Поскольку же территория, контролируемая обширной колонией, может быть достаточно велика, не исключено, что у вас в сахарнице окажется муравей, пару дней назад пировавший на дохлой мыши в подвале дома.

Борьба с фараоновыми муравьями основана на том, что рабочие особи кормят личинок и самок. Если предложить им ядовитую приманку, усердные рабочие отравят и царицу, и приплод. Но концентрация яда в приманке не должна быть слишком велика, чтобы муравей не погиб слишком быстро, а успел донести отраву до колонии. Например, борной кислоты в приманке не должно быть больше 2%. Вот надежный и проверенный практикой рецепт убийственной смеси: на 1 л воды 60 г буры, 100 г меда и 400 г сахара. А в продаже вы наверняка найдете готовые средства, которые помогут вам распрощаться с «фараоновым проклятием» на вашей кухне.

Тайна сныть-травы

...В иные летние дни раскидистые соцветия зонтичных растений — борщевика, морковника, дягиля, сныти — буквально истекали нектаром, особенно в тех уголках луговин и опушек, где мало насекомых-нектаролюбов, и мы с внуком даже забавлялись тем, что прикасались языком к сладким медовым соцветиям. Ну зачем столько нектара пропадает зря? Желая разобраться с этим получше, я набрал целый букет цветущих зонтиков, чтобы дома хорошенько разглядеть их в бинокулярный микроскоп и узнать, где и как у зонтичных образуются, хранятся и «выдаются» насекомым капельки сладкого угощения.

Поставил банку с букетом на стол, снял головку микроскопа со штатива и, действуя ею, как биноклем, стал обследовать зонтики. Впрочем, я тут же забыл о цели наблюдений... Букет превратился в дивную страну с прохладными зелеными закоулками между стеблей и листьев, с круглыми и гранеными стволами-колоннами, устремленными вверх. Если поведешь «биноклем» выше по стеблю, он вдруг разделится на несколько стволов помельче, а те, в свою очередь, дадут начало новым веткам, расположенным идеально правильным образом. А там, еще выше, — цветы каких-то сказочных неземных растений, которыми предстают в бинокуляре нехитрые цветочки сибирских скромных травок. Очаровательно белые, желтовато-янтарные, с нежными тычинками и толстенькими лепестками. А каждый лепесток изогнут этаким красивейшим изгибом, напоминающим стилизованные коринфские капители, только куда более изящный.

Путешествую со своим бинокуляром в этих «амазонских дебрях» и вдруг вижу непорядок: лепестки некоторых цветков дягиля и сныти испещрены мельчайшими коричневыми точками — не иначе это следы каких-то неряшливых и неблагодарных едоков-насекомых. Однако что это: частички следов вроде бы шевелятся? Интересно! Сорвал цветок, положил его на столик микроскопа, вновь установленного на штатив. И увидел три точки махоньких, совершенно микроскопических пиявочек, которыми был усеян цветок. Они шевелились и напоминали то рыбок, то восклицательные знаки, прикрепленные узким концом к растению. Некоторые из них покачивались, медленно и ритмично изгибая тельца в стороны. Иногда одна пиявочка сидела на другой, в некотором роде удлиняя первую, и эта странная пирамида тоже качалась, как будто что-то искала и ловила в воздухе около цветка.

Я так и думал, что это какие-то крохотные черви, пока не увидел при более сильном увеличении, что тельца их явно сегментированы и снабжены головкой, в которой просвечивают острые жвалы-крючочки. Значит, мои «зверушки» относятся к членистоногим! Но откуда и как они попали на цветы?

И тут вспомнил: несколькими днями раньше мы с внуком насобирали преинтереснейших насекомых, относящихся к группе так называемых наездников — крупненьких, горбатых, с плотным телом черного цвета с зеленым отливом и чрезвычайно блестящим сияюще-черным брюшком, которое, если смотреть сверху, тонкое, а сбоку — странным образом треугольное. Наездники были очень смирные, и мы собирали их руками, как драгоценные камешки, аккуратно разложенные для нас на зонтиках сныть-травы, морковника и дягиля. И тут я отметил интересную подробность: насекомые эти восседали на еще не распустившихся бутончиках, а значит, сладкий нектар их не интересовал. А не связаны ли эти два явления: странные насекомые на зонтиках и микроскопические червячки на этих же цветах?

Проверить это оказалось нетрудно. Чистое просмотренное растеньице морковника помещено в банку, туда же вытряхнуто несколько наездников. И вот результат: через несколько дней в бутонах — кучки овальных микроскопических яиц. Еще неделя — и лепестки усеяны «пиявочками», стоящими торчком на хвостиках и напоминающими восклицательные и вопросительные знаки. Было ясно: это начало какой-то неведомой цепи. «Пиявочки», несомненно,

В.С.Гребенников,
агрозколог Сибирского
НИИ земледелия
и химизации

заняли такие позиции, чтобы прицепиться к насекомому, которое сядет на цветок, чтобы отправиться в чье-то гнездо и там продолжить (или завершить) свой цикл развития. Но в гнезде какого именно насекомого?

Они мгновенно и очень ловко перескакивали на любой движущийся у цветка предмет — кончик иглы, бумажку, пинцет, стоило лишь приблизить «приманку» на досягаемое расстояние. Но, убедившись, что это обман, пиявкообразные личинки проявляли признаки тревоги и начинали ползать по игле или бумажке, забавно прикрепляясь к ней то головкой, то подтягиваемым к ней хвостиком.

Шли дни. Личинки явно не росли, ничем не питаясь, и все так же, рассевшись по краям уже завядших лепестков, терпеливо тянулись в пространство, слегка покачиваясь. Кого я только не сажал на цветок с «пиявочками»: диких пчел, мух, жуков — в надежде, что угадаю хозяина. Брал пинцетом отдельную ножку или усик какого-нибудь насекомого и под микроскопом подсовывал их личинкам. Правда, некоторые из них прицеплялись к приманке и ползали по ней, но всеобщего энтузиазма я не замечал. В общем, так ничего и не добился.

Мои терпеливые зверушки отказывались от всякой еды (меда, мясного сока), они ждали таинственного Хозяина, который увез бы их неизвестно куда для дальнейших превращений.

Пришла уже и осень, отцвели последние цветы сибирских луговин и опушек, погибли и мои невольники-наезднички, похожие на зеленоватые блестящие угольки, и их крохотные, невидимые глазом личинки. Остались лишь рисунки в моем альбоме, скупые строчки записей да неразгаданные тайны.

А потом я все выяснил. Увы, не сам: помогли книги. Хотя разгадка была совсем рядом. Что мне мешало подсунуть моим микропитомцам вместе с мухами, клопишками и жуками муравья, тем более что тут же, рядом с цветами зонтичных, проживали несколько муравьиных семей разных видов.

Цикл развития эвхаритид (так зовутся эти наездники) оказался таким. Микроскопическая личинка — планидий, едва коснувшись тела работягимуравья, пришедшего на растение за сладким лакомством, прицепляется к волоскам его тела, едет на нем в муравейник, а там переползает на муравьиную личинку. Тогда уж планидий превращается в обычную личинку и проникает внутрь жертвы, где и растет (иначе муравьи-няньки немедленно уничтожили бы наружного паразита). Перед смертью личинка муравья свивает себе традиционный шелковый кокон. Но из него выходит уже не муравей, а крылатая взрослая эвхаритида, которая выбирается из муравейника и улетает.

Теперь мне стало понятным преимущество необычной горбатой формы тела и гладкого полированного брюшка эвхаритиды: такое бронированное существо выберется, конечно, целым из самого воинственного муравейника. А то, что собранные нами эвхаритиды были довольно крупными, означает, что сравнительно маленькой личинки рыжего или лугового муравья для развития недостаточно и что наездники воспитаны на более внушительном пайке. Подозрение мое падает на древоточцев — здоровенных черных муравьищ, чью семью я частенько навещал на опушке. Впрочем, паразитирование эвхаритид именно на этом виде муравьев — пока что не более чем моя догадка.

Но если теперь увижу крохотных планидий на цветах сныть-травы или морковника, непременно постараюсь докопаться до самой сути явления. Беда только в том, что все опушки и поляны наших лесов так тщательно обкашивают, что многие травы не успевают отцвести и обсемениться, и все реже и реже встречаешь белые и желтые ажурные зонтики с черно-зелеными драгоценными камешками — таинственными эвхаритидами.

Лавровишня лекарственная

Само название этого растения (Lauroce-rasus officinalis L.) говорит о том, что оно несет в себе черты вишни и благородного лавра. Видовое же название напоминает о ценных лекарственных свойствах.

На лавр очень похожи листья лавровишни. Они такие же жесткие, вечнозеленые, но в два-три раза крупнее и никогда не бывают волнистыми. Пахнут же совсем по-другому. На вишню растение похоже цветками и плодами. Правда, вкус у ягод не такой, да и цвет отличается — они очень темные, почти черные. У диких растений плоды сильно вяжут рот, а язык и губы красят в темно-синий цвет, как ягоды черники.

Возможно, название связано еще и с тем, что ареал лавровишни граничит со Средиземноморьем, где лавр благородный — обычное растение. Лавровишня растет и на юге Азербайджана, в Талышских горах, и на Балканах, а на Кавказе она — главный представитель вечнозеленого подлеска буково-каштановых лесов, покрывающих западный склон хребта. Континентальный климат она не любит. Но когда влаги много, особенно в Колхиде, лавровишня обитает от самого берега моря и до высоты 2500 метров, где кончаются леса и начинается субальпийский горный пояс. Во всех этих зонах есть густые заросли лежащего по склонам гор стланца лавровишни, а на побережье встречаются кряжистые невысокие деревца.

В двадцатом веке природную растительность в прибрежной зоне почти полностью истребили, поэтому древовидная лавровишня осталась в небольших фрагментах колхидского леса. Но многочисленные культурные деревья в садах местных жителей свидетельствуют, что совсем недавна эта форма была широко распространена.

Стелющиеся деревца лавровишни покрывают горные склоны и вместе с рододендроном понтийским и рододендроном Унгерна формируют вечнозеленый подлесок, который известный ботаник, князь С.В.Голицын назвал «шкериани» (шкери — по-грузински означает рододендрон). Густым и высоким, иногда до четырех метров в высоту, покровом этот подлесок ле-

жит под буковыми деревьями. Ветви перевиваются друг с другом, саблевидно приподнимаясь концами. Когда идешь в гору, возникает ощущение, словно лезешь на дерево, при этом ветви так и норовят попасть в лицо. Под густым пологом вечнозеленых листьев густая тень, и травы там не растут. Не прорастают и семена, поэтому лавровишня размножается вегетативно: лежачие стволы по мере отползания вниз по склону укореняются. Этому способствует плотный и высокий покров снега, который прижимает их к земле. Но случается, что почва не выдерживает снежного натиска, и тогда лавина сдирает покров стлаников до основания.

Оголенные участки быстро зарастают лавровишней, у которой в отличие от рододендрона скорость разрастания и длина побегов больше. На крутых горных склонах, там, где недавно сошла лавина, блестящие яркие пятна молодой зелени лавровишни резко контрастируют с темно-зелеными неповрежденными участками, покрытыми в основном рододендронами. Замечательная особенность стелиться по горным склонам делает лавровишню ценным растением для их укрепления.

На верхней границе, в субальпийском поясе, лавровишня никогда не бывает деревом и растет как низкий кустарник, не цветет и не плодоносит. Под густым пологом леса цвести ей тоже не просто. Но на опушках или над отвесными склонами в хорошо освещенных местах ее ветви весной покрываются свечами белых соцветий длиной до 15 сантиметров, а лепестки белым нежным дождем сыплются вниз по склону. Садовые формы лавровишни цветут очень обильно. В апреле темная блестящая листва оттенена красивыми белыми цветами с сильным дурманящим ароматом. Позже, по мере созревания ягод, соцветия повисают и становятся плакучими.

Созревает лавровишня в конце июля — начале августа. У садовых ягод приятный вкус, они почти не вяжут рот, а цвет обычно столь же темный, как у диких. Но иногда в садах встречаются растения и с белыми плодами. Считается, что варенье и настойка из лавровишни целебны, помогают лечить сердечные болезни. Но поскольку в косточках содержится синильная кислота, настойку и варенье долго не хранят, а едят сразу.

Настоящее же лекарство делают из листьев — на них настаивают лавровишневую воду и применяют ее как болеутоляющее средство. Дело в том, что в листьях есть гликозид амигдалин. Тот самый, про который мы упоминали в рекомендациях писателю, как грамотно отравить своего героя (см. «Химию и жизнь», 1999, № 2). В кишечнике амигдалин взаимодействует с глюкозой, ферментами и разлагается на бензальдегид и синильную кислоту. В малом количестве синильная кислота служит анестезирующим средством.

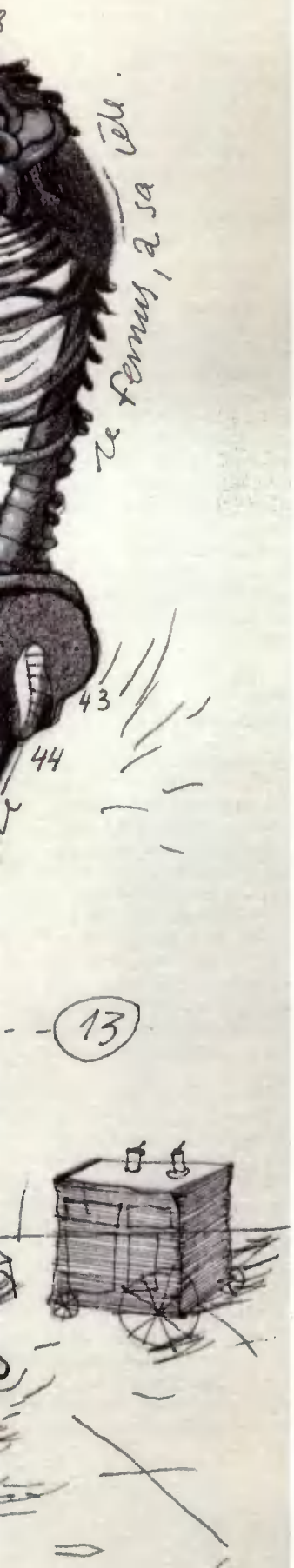
Помимо амигдалина в листьях лавровишни есть еще два родственных ему гликозида — пруназин и его стереоизомер прулауразин, а также эфирное масло, содержащее продукты их гидролиза, например бензальдегид, синильную кислоту и бензиловый спирт. Напомним, что именно бензальдегид ответствен за аромат и вкус горького миндаля.

Лавровишня не только лекарственное растение. Она прижилась в сухих и сильно загазованных южных городах, поэтому ее разводят как декоративное дерево или кустарник в Крыму, на Кавказе, на юге Украины и в Средней Азии. Посадки лавровишни можно найти и в центре Рима — шпалеры этого вечнозеленного кустарника окружают знаменитый Форум. На них даже ягоды есть. Тот факт, что лавровишня хорошо растет и плодоносит в сильно загазованном городе, говорит, насколько пластичен и устойчив этот вид растений в самых разных условиях обитания.

Доктор биологических наук
М.Т.Мазуренко

Медицина, которая выводит

Л.Хатуль
по публикациям
и интервью
с академиком
Ю.М.Лопухиным



Художник Е.Силина

Медицина есть прибавление и отнятие:
отнятие всего того, что излишне,
прибавление же недостающего.

Гиппократ

Та медицина, с которой мы чаще всего сталкиваемся, кормит нас таблетками. Три раза в день после еды. Держите в местах, недоступных для детей. И так далее... Между тем в организм можно не только что-то вводить, но из него можно и выводить. Как известно, организм умеет выводить и вводить сам. Но делает он это неизбирательно. Выводится все содержимое кишечника или желудка на тот момент, а вводится все содержимое котлеты. Медицина же вводит и выводит определенные вещества. Существует еще и третья медицина — та, которая не вводит и не выводит вещества, а облучает ультрафиолетом, пропускает ток, нагревает или помещает в барокамеру. Эта статья — о той медицине, которая выводит. Она называется — эфферентная медицина.

Начнем с общеизвестного примера — гемосорбции. Кровь пропускают через сорбент, который поглощает какое-то вещество. Для этого ее надо, понятное дело, вывести из организма, пропустить через, например, активированный уголь и вернуть в организм. Главная задача в этом случае — поглотить именно то, что нужно. Стало быть, нужен селективный сорбент. А основных областей применения, очевидно, две. Во-первых, это ситуации, когда в организме не работают собственные очистные сооружения — почки, печень. А во-вторых, когда в организме катастрофически увеличено содержание опасных веществ. Не из той бутылки хлебнул или не тех таблеток насыпал в ладонь...

Пациенты с острыми отравлениями составляют пятую часть всех жертв несчастных случаев. Их больше, чем инфарктников, а смертельных исходов при отравлениях больше, чем при ДТП. Так что объект для приложения усилий врачей имеется, и в избытке.

Поскольку диффузия в твердых средах переносит вещества намного медленнее, то эфферентная медицина извлекает вещества из жидких сред организма — крови, плазмы, лимфы, ликвора (спинномозговой жидкости). Собственно, извлечение веществ сорбентами из крови — это и есть извлечение из плазмы крови, просто технически удобнее сначала отделять жидкую часть крови, плазму, от клеток, пропускать ее через сорбент, а потом объединять клетки и очищенную плазму и возвращать все это в организм.

Сорбент, хитрый, как природа

Сорбенты бывают разные. Строго говоря, сорбентом является все. Даже золото на воздухе покрыто слоем сорбированных газов. Но называют сорбентами материалы, специально предназначенные для сорбции. А значит, имеющие большую удельную поверхность, следовательно — мелкодисперсные: порошок, волокна, мелкопористые тела и так далее. Во-вторых, поглощающие то, что мы хотим поглотить, а для этого надо, чтобы изначально поверхность сорбента не содержала этого вещества и чтобы оно вытесняло с поверхности то, что сорбировалось на ней ранее. Поэтому уголь, лежащий на блюдечке, не сорбент для кислорода — он его уже наелся; чтобы уголь сорбировал кислород, его надо сначала нагреть в вакууме и очистить от кислорода. Но уголь на блюдечке (а также в противогазах) — сорбент для газов, которые вытесняют с его поверхности кислород. Поэтому, войдя в противогазе в облако иприта, вы, быть может, получите дополнительную дозу кислорода. Впрочем, даже если это так, ситуацию на театре военных действий это вряд ли существенно изменит. Третье свойство сорбента, проявляющееся в основном при высоких температурах, — растворять в себе газ, адсорбированный поверхностью, и тем самым очищать ее. В электронике сорбенты используются для удаления газов из объема приборов, они действуют именно так и называются геттерами.

Более современные — это специфические сорбенты, «знающие», кто им нужен, и сорбирующие только эти вещества. Наконец, существуют микродиализирующие сорбенты, в которых каждая порошинка покрыта мембраной, пропускающей вещества — объекты охоты. Заметим, что подобным способом действует и организм, тоже использующий мембраны для всякого рода фильтрации. Наука пытается создать универсальные сорбенты, которые следят за правильным составом жидких сред организма. Собственно, такой сорбент — это уже почти орган. Поэтому искусственная почка или печень отчасти похожи на живую. Но пока что из множества механизмов переноса веществ через мембраны удалось реализовать искусственно только диализ.

Универсальный сорбент, который готов сорбировать все подряд, на уровне организма действует более или менее избирательно. И вот почему: на удаление вредных или безразличных (балластных) веществ организм не реагирует, а при попытке удалить нужное ему вещество начинает выделять его в кровь, поддерживая концентрацию. И возникает ощущение избирательности действия.

Механизмы работы

В некоторых случаях сорбенты не только выводят те или иные вещества из организма, но и вводят. Это происходит, если сорбируемое вещество вытесняет что-то с поверхности сорбента и это что-то попадает в организм. Такой процесс можно использовать для регулирования состава сред. Именно так действуют ионообменные сорбенты. Они заменяют, например, ион K^+ на ион Na^+, приводя их концентрации в организме к норме.

Многие страшные яды — это вещества, которые растворяются не в воде, а в жире. И в качестве первого шага борьбы организм окисляет их, переводя в водорастворимую форму. Для этого можно использовать либо взвесь клеток печени (живого существа того же или иного вида) или микрокапсулы, содержащие соответствующие ферменты. Но в данном случае эффективнее оказалось имитировать природу иначе.

Первый шаг, который делает печень, «разбираясь» с ядом, — окисляет его на цитохроме

P450, чтобы растворить в воде и вовлечь в дальнейшие превращения. Но выделить фермент-окислитель непросто, а проще окислить в электрохимической ячейке. Этот метод относится одновременно и к невещественной медицине и к эфферентной, поскольку продукты окисления выводятся в этом случае из организма методами эфферентной медицины.

Внутри человека есть орган, который может использоваться как мембрана при диализе. Это — брюшина. Отличие диализной мембраны состоит в том, что грязный и чистый растворы находятся по разные стороны мембраны, а с брюшиной ситуация иная. Грязный раствор, то есть очищаемая кровь, протекает по сосудам, находящимся внутри брюшины, а чистый раствор вводят во внутрибрюшную полость. В него и диффундируют через брюшину-мембрану те вещества, которые надо вывести из организма. Разумеется, наличие катетера в брюшной стенке и необходимость по нескольку раз в день выливать из себя раствор и вливать новый — не слишком большое удовольствие, но когда речь идет о жизни, выбирать не приходится. Кроме того, в этом случае человек может вести относительно активный образ жизни, работать.

Заменить или помочь?

Заменить естественный орган искусственным удается не всегда, но это всегда сложная операция. И весьма не безразличная организму — он пытается отторгнуть чужое. В результате таких попыток в организме появляются вредные для него вещества. А с пересадками органов связаны многие надежды людей. Вот тут-то и оказываются ко двору методы эфферентной медицины. Например, гемодиализ часто применяют и до и после пересадки почки. До операции он приводит организм в норму и делает операцию более легкой, после нее он помогает организму примириться со случившимся, подружиться с чужим органом, ставшим теперь своим.

Представим себе организм, в котором есть чужеродные, вредные вещества. Что произойдет, если мы их выведем из организма? Надо полагать, организм облегченно вздохнет, и если присутствие этих чужеродных веществ было досадным отдельным эпизодом (как, например, при трансплантации), то вопрос будет исчерпан. А если эти нехорошие вещества — результат каких-то процессов в организме? Тогда возможны две ситуации. Первая — когда вредные вещества вырабатываются самим организмом в результате болезни, и тогда их надо периодически выводить. Люди могут активно жить и работать годами, раз в квартал ложась в больницу на несколько дней для гемодиализа. Но возможна и другая ситуация, когда после очистки организм переходит в другое, здоровое состояние и вредные вещества просто перестают вырабатываться. На бытовом языке это называется — «вылечить болезнь».

Здесь просматривается параллель с обществом и его экономикой. Помощь надо использовать разумно — для перестройки процессов в организме. В противном случае все начнется сначала.

Иногда всего лишь нужно чуть-чуть помочь...

Если человек несет рюкзак весом в 30–40 кг, то он испытывает существенное облегчение, если снять всего лишь 3–4 кг. Хотя 10% — небольшая доля. Нечто похожее происходит и в организме. Механизм этого явления ясен не до конца. Наиболее правдоподобное предположение таково: выводя из крови высокомолекулярные вещества (фибриноген), часть тромбоцитов, часть жестких эритроцитов, продукты распада, мы уменьшаем ее вязкость и улучшаем циркулирование по капиллярам, микроциркуляцию. И организм сам начинает лучше бороться с грязью. Это немного похоже на улучшение работы инфраструктуры в городе. Ведь город станет чище, не только если вывозить какой-то конкретный вид мусора, но и если вообще улучшить движение транспорта.

Не исключено, впрочем, что организм как-то реагирует на сам факт уменьшения концентрации вредных веществ. У него, образно выражаясь, «добавляется оптимизма». По крайней мере, у человека в целом такой эффект есть.

В последние несколько лет эфферентные методы удалось успешно применить при самых разных болезнях — при атеросклерозе (авторы работы К.Я.Гуревич, А.Н.Климов, М.В.Белоцерковский, О.В.Ремезов, и А.Н.Бельских из С.-Петербургской медицинской академии последипломного образования, С.-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П.Павлова и Военно-медицинской академии), при психических расстройствах и наркомании (А.Т.Давыдов, В.В.Нечипоренко, А.Л.Костюченко, А.Н.Бельских, А.Г.Софронов и М.П.Боржак из Военно-медицинской академии). Впервые же эфферентные методы использовали при алкогольной интоксикации Ю.М.Лопухин, В.В.Морковин и М.Н.Молоденков (больной сразу же сообщил об исчезновении зеленых чертей), а при атеросклерозе Ю.М.Лопухин в 1980 году.

Мозг за железным занавесом

От внешних воздействий некоторые части организма защищены особенно тщательно. Оно вроде бы и неплохо, но, если соответствующий орган заболевает, помочь ему трудно. Например, особенно хорошо защищен мозг. Но результат этой защиты — сложность лечения болезней мозга, например менингита и болезни Альцгеймера. Более того, организм и сам не может применить для борьбы с болезнью имеющиеся у него средства. Вспоминается шутка насчет того, что «рыба тухнет с головы».

Мозг плавает в жидкости, в ликворе. Что происходит, например, при кровоизлиянии в мозгу? Кровь попадает в ликвор, организм получает сигнал о травме, и сосуды сжимаются, пытаясь прекратить этот процесс. И в результате мозг, как это ни парадоксально, погибает от обескровливания. Снять этот спазм сосудов очень трудно : гемоэнцефалический барьер не пускает лекарство в мозг. Можно предположить, что, если изъять эту кровь из ликвора, организм перестанет получать сигнал о кровоизлиянии и спазм прекратится.

Но мозг не просто плавает в ликворе. Во-первых, между оболочками мозга циркулирует спинномозговая жидкость. Места, где расстояние между оболочками больше, называются цистернами. Кроме того, в толще головного мозга имеются емкости, заполненные этой же жидкостью, так называемые желудочки. И хотя спинномозговой жидкости в человеке немного (от 1/2 до 3/4 стакана), краткое описание ее циркуляции занимает целую страницу. Анатомы называют эту систему «водопровод мозга», хотя древние римляне, которые построили водопровод, работающий и по сей день, таких сложностей не создавали.

Добираться до спинномозговой жидкости удобно именно в цистернах или в желудочках. И вот пункция произведена, и через два тончайших катетера (диаметром 0,6–0,7 мм) врачи получили доступ к ликвору. По одному катетеру течет, естественно, оттуда, по другому туда. Вне человека ликвор перекачивается маленькими насосами с производительностью 1–3 мл/мин, по магистрали диаметром 2–3 мм. Поскольку собственная бактериальная активность спинномозговой жидкости низка, этот наружный ликвопровод при подготовке к операции стерилизуют и отмывают антибиотиком. А дальше можно идти по двум путям.

Ликвосорбция и ликвофильтрация

Ликвосорбцию можно вести как маятниковым, так и рециркуляционным способом. Маятниковый метод хорош тем, что в человека вводят только один катетер. Небольшое количество (10–20 мл) спинномозговой жидкости вытягивают шприцом, и, поскольку в нем находится сорбент, эту порцию очищают от загрязнений. Потом жидкость возвращают в организм. Через некоторое время цикл повторяется, и так 40–60 раз. Это называется «сеанс». При использовании рециркуляционного метода жидкость по одному катетеру выводят из организма, пропускают через сорбционную колонку и по другому катетеру вводят в организм.

Ликвофильтрация похожа на обычную фильтрацию. При этом ликвор очищается от сгустков и клеток крови, белка и других высокомолекулярных веществ. Селективность зависит от типа выбранной полупроницаемой мембраны.

В последние годы доказано, что метод очистки ликвора эффективен, например, при менингите и при снятии спазма сосудов из-за попадания крови в ликвор (авторы работ В.И.Горбачев, Д.А.Кузьмичев, А.А.Файтвльзон, Ю.М.Лопухин, С.И.Петров, В.А.Сороковиков, О.В.Елизов из Института усовершенствования врачей в Иркутске и НИИ физико-химической медицины, Москва). Есть основания полагать, что этот метод будет эффективен при лечении некоторых психических заболеваний и наркомании.

ВСЯ лаборатория — на интегральной схеме

Биоорганическая химия прошла в своем развитии несколько этапов. В начале века исследователи активно искали и изучали методы, позволяющие узнать строение молекул. К 50-м годам нашего столетия эти методы освоили, но все они были связаны с определением фрагментов молекул: сначала молекулы тем или иным способом расщепляли, затем анализировали. Однако такой метод анализа — от фрагментов к целому — сегодня уже явно недостаточен, потому что изменились цели и задачи, стоящие перед учеными, работающими в области биоорганической химии и медицины. Чтобы создать новое лекарство или метод диагностики заболевания, важно знать, как выглядит та или иная биологически активная молекула в естественном виде, без деструкции. Сейчас даже невозможно оценить, насколько сложна эта задача. Ведь диагностика заболеваний и индивидуальный подход к лечению — это третий этап программы «Геном человека». Сейчас ученые находятся лишь на первом ее этапе, которому присвоена степень сложности 1, ко-гда ученые должны распознать около 100 000 генов. Впереди еще второй этап — выявление роли этих генов и определение последовательности из 3×10^9 пар оснований (степень сложности 100), а третий этап еще даже не определен ни по срокам, ни по степени сложности.

Но именно для решения третьего этапа, то есть самой сложной задачи, биоорганическая химия должна искать новые подходы к исследованию крупных биологических молекул. Понятно, что производительность приборов должна увеличиться в 10—100 раз, приборы должны работать с микроколичествами веществ и при этом обеспечивать получение абсолютно надежных результатов. Фирма Agilent Technology всегда уделяла большое внимание фармакологическому и биоорганическому направлению, но сейчас оно становится приоритетным. Совместно с фирмой Caliper был создан принципиально новый прибор для анализа биологических молекул — на интегральной схеме.

Этот прибор, а по сути — микролаборатория, называется Биоанализатор Agilent 2100. Он быстро и точно анализирует сложные молекулы РНК и ДНК. Для сравнения: если действовать по традиционной, классической методике, то анализ занимает около полутора часов. Образец помещают в камеру для электрофореза, где под действием электрического поля он разделяется на составляющие: сложные молекулы, состоящие из большого количества фрагментов, успевают преодолеть небольшой путь по слою геля, а легкие молекулы — большой путь. Потом образец прокрашивают, делают снимок, который и анализируют. Биоанализатор Agilent 2100 сам выполняет все операции, которые мы только что описали. Это очень компактный прибор, соединенный с компьютером, куда помещают интегральную схему (чип) для анализа конкретного объекта. В микролунки чипа вносят микроколичества (1 мкл) анализируемых веществ (12 образцов сразу), и через 30 минут на мониторе появляется результат всех 12 анализов. Прибор сам опустит мини-электроды в лунки, создаст нужную температуру, проведет электрофорез, возбудит лазерным лучом флуоресцирующие молекулы разделившихся соединений, обнаружит их с помощью системы самонаведения и проанализирует результаты. На экране исследователь увидит привычную электрофореграмму.

В компактном приборе ученые использовали самые последние достижения науки, включая военные технологии (системы самонаведения на цель). Скажем, оптическая самофокусирующаяся система, которая определяет разделившиеся молекулы, похожа на те, что стоят в баллистических ракетах. В нашем случае это механизм с возможностью фокусировки по 2 осям и с разрешающей способностью 0,8 микрона за один шаг. Он может сканировать диапазон по горизонтали (±0,5 микрона) и вертикали (±0,25 микрона). Как и все приборы высоких технологий, Биоанализатор Agilent 2100 снабжен сложным программным обеспечением, которое собирает данные, записывает их в память, интерпретирует, а также пересылает при необходимости коллегам.

Главное ноу-хау прибора — одноразовая интегральная схема: небольшая, размером со спичечный коробок, пластина с 12 лунками для образцов и лунками для красителей и стандарта (лэддера). Работать с этой схемой очень легко и удобно: требуется микроколичество пробы и, что особенно приятно, нет никакого контакта с ядовитыми красителями. К биоанализатору прилагаются несколько наборов интегральных схем. Их уже три типа: чипы для анализа ДНК 100–7500 пар оснований (продукты цепной реакции полимеразы, фрагменты ДНК), ДНК 100–12 000 пар оснований (продукты обработки рестриктазой, более крупные фрагменты РНК) и РНК до 6000 пар оснований (полная РНК, матричная РНК, проверка качества и целостности, количественный анализ). Скоро будут созданы чипы для анализа и других объектов. Разрешающая способность при анализе РНК, белков и другого биологического материала станет все выше, а сама процедура анализа — проще. Соответственно светлое будущее, когда по капле крови вам дадут полную информацию о состоянии организма и выпишут лекарство, — все ближе.

Б.П.Лапин,
Московское представительство InterLab Gmbh

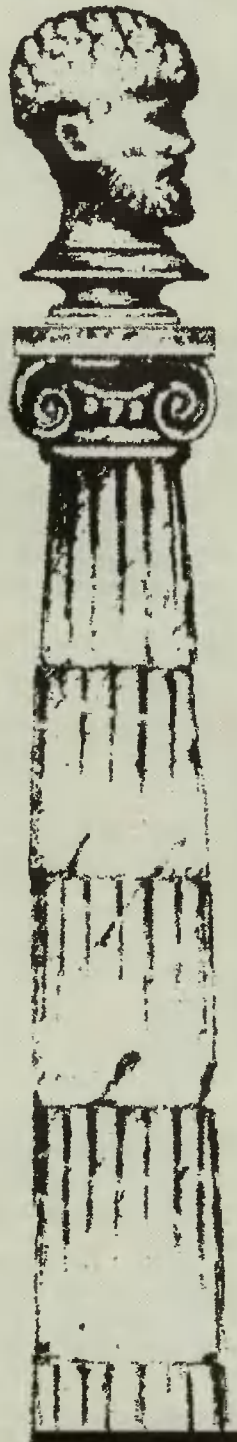
Более подробную информацию о Биоанализаторе Agilent 2100, вам предоставит компания InterLab Gmbh.
Тел: (095)973-20-33, 973-20-34, 973-20-35

Консультации

Яшма в умелых руках

В командировке нашел кусок яшмы и хочу сделать красивый срез. Подскажите, как с ним работать.

Данилов И. Лобня



Вообще, обработка поделочных камней — дело кропотливое и долгое. Здесь нужны и специальные знания, и специальный инструмент. Поэтому приведем лишь наиболее общие правила обработки цветных поделочных камней, к которым как раз и относится яшма.

Итак, у вас есть крупный кусок яшмы, и вы хотите его распилить, чтобы полюбоваться внутренней красотой камня. Первое, что надо сделать, — наметить линию распила. Это не так просто, как может показаться на первый взгляд, ведь надо учесть направление цветных прожилок, пронизывающих толщу камня.Только опытный камнерез, осмотрев булыжник, быстро определит, как именно (вдоль прожилок, поперек или под углом) надо рассечь камень, чтобы внутренний рисунок был представлен наиболее эффектно. Поэтому — экспериментируйте, набирайтесь опыта.

После того как линия разреза намечена, можно распилить камень. Цветные камни обычно пилят на специальных станках при помощи тонких алмазных дисков, делающих до 8 тыс. об./мин. Впрочем, для яшмы достаточно и 3 тыс. об./мин. Камень закрепляют в зажиме и вручную, слегка повертывая его, медленно направляют навстречу вращающемуся диску, а место распила обязательно охлаждают водой.

Обычно для распиливания используют алмазные диски АС с крупной зернистостью алмазов. Если камень большой, с крупным рисунком, то надо взять диск большего диаметра с более крупным алмазным зерном; если же он невелик — небольшой диск с меньшей зернистостью. Не стоит использовать для этой цели обычную циркулярную пилу, так как без охлаждения диска водой пилить камень нельзя. А надежно зашитить подшипники электропилы от попадания в него водяных капель, вам вряд ли удастся.

Наконец, камень разрезан на две части, но плоскости еще неровные. Чтобы их сгладить, камни обдирают на специальных станках при помощи вращающегося круга («алмазной шайбы»), армированного алмазами. Размер алмазного зерна в таком случае — от 260 мкм до 100 мкм. Если специального станка нет, то можно ободрать камень вручную на чугунной плите, подсыпая на нее электрокорундовый порошок и периодически смачивая водой. Пользуйтесь порошком с разной зернистостью от грубого до самого тонкого. Круговыми движениями осторожно водите камнем по мокрому порошку и приготовьтесь к тому, что эта процедура займет много времени и сил. Теперь плоскость гораздо ровнее, однако цветные прожилки яшмы видны еще не очень хорошо — поверхность камня еще матовая и мутная. Поэтому его еще надо отшлифовать. Камни шлифуют и полируют на станках, где горизонтальные алмазные щайбы (размер гранул шлифовального порошка от 12 до 3 мкм) вращаются со скоростью до 600 об./мин. Чтобы добиться идеально ровной поверхности, по мере шлифовки надо заменять круги на те, которые покрыты шлифовальным порошком с меньшей зернистостью (от 63 до 14 микрон). Он так и называется — микропорошок. И наконец, для окончательной полировки можно применять тонкие микропорошки с размером зерна от 10 до 1 микрона. Если вы собираетесь шлифовать вручную, то вам понадобиться толстая стеклянная плита. Подсыпая на мокрую плиту микропорошок, можно неплохо отполировать яшму. Заключительная стадия полировки яшмы проходит на насыщенном водой войлоке, при этом используется уже не микропорошок, а окись хрома. Правда, и здесь есть свои тонкости. При окончательной обработке надо учитывать индивидуальные особенности камня (его плотность, наличие трещин, внутренних дефектов). Например, родонит, лазурит и нефрит, имеющие плотность 6 по шкале Мооса, сложны в полировке, изображение в отполированном камне расплывается, появляется эффект «апельсиновой корки». Избавиться от него поможет специальная полировка алмазным порошком на разных подложках — от дерева и бумаги до шелка. В отполированную таким образом плоскость можно смотрется как в зеркало.

Камни, имеющие большую плотность, например яшма (плотность 7), легко полируются до зеркального блеска и без применения специальных средств. Но с яшмой другая проблема — у нее могут быть внутренние дефекты, которые не видны после распиливания. Мельчайшие выбоинки и неровности, заполненные мягкой породой, становятся заметными только после шлифовки.

Все тонкости обработки камней, а также много других интересных и полезных сведений можно узнать на заседаниях Московского общества камнелюбителей, которые проходят два раза в месяц в МОИПе (тел. 203-36-52).

За помощь в подготовке материала редакция благодарит Ю.И.Дубровского

Болотная одурь

Прошлым летом мы гостили в Подмосковье. Когда ходили за ягодами на болото, всякий раз возвращались с головной болью. Мне сказали, что это из-за багульника. Разве он — ядовитое растение?

Ю.Ливитинов, Москва

Действительно, если несколько часов бродить жарким днем по торфяному болоту, на котором много багульника, — головная боль вам обспечена. Причем чем жарче день, тем больше лету-

чих эфирных масел выделяют его узкие кожистые листья. Это вечнозеленое растение из семейства вересковых имеет сильный одурманивающий запах. Багульник содержит много эфирных масел (до 1,5%), гликозиды эриколин и арбутин, дубильные вещества. Непосредственный виновник головной боли — сильный яд ледол, который обладает раздражающим действием, а при попадании в организм парализующе действует на центральную нервную систему. Так что багульник вполне можно назвать ядовитым растением. Но, как это часто бывает, в разумных количествах яд становится лекарством.

В медицине настой травы багульника применяют в качестве отхаркивающего средства при острых и хронических бронхитах, при воспалениях толстого и тонкого кишечника. Используют его и как потогонное средство, а также при ревматизме, подагре и экземах. Отваром багульника, сваренного с маслом, лечат некоторые кожные заболевания. Однако применять лекарства с багульником надо очень осторожно и не допускать передозировок. Не забывайте, что принимаемый внутрь настой обладает наркотическим действием.

Е.КРАСНОВА

Как содержать дома хомяков

У нас дома появилась пара симпатичных зверушек — хомячков. Но я не уверена, что мы правильно за ними ухаживаем. В последнее время они стали беспокойными и кусаются. Расскажите, как правильно содержать этих животных.

Н.Липатова, Казань

Золотистый, или сирийский, хомяк — подходящий зверек для содержания в домашних условиях. Он неприхотливый, добродушный и очень забавный. Обычно держат пару — самца и самку. Если вы не хотите воспитывать хомячат, заведите однополых животных. Добродушными хомяки бывают только при правильном уходе. Если их недокармливать, попусту беспокоить, не давать отсыпаться, они становятся злобными и начинают кусаться.

Клетку длиной около 10, шириной 50–60, высотой 40 см можно сколотить самим из досок. Одна сторона у такого ящика должна быть закрыта мелкоячеистой сеткой. Правда, есть вероятность, что в конце концов хомяки прогрызут ее и убегут. По этой же причине хомячий дом не надо делать из фанеры. Можно взять старый аквариум, но тогда два стекла придется заменить металлической сеткой. Специальные клетки для грызунов продаются в магазине. Только не покупайте птичьих клеток — хомяки боятся сквозняков. Кроме того, в этих клетках слишком большие зазоры между прутьями.

В углу клетки надо устроить домик: годится любая пластмассовая небольшая коробочка, керамический горшок, сойдет и картонная коробка. В домике проделайте дырку, достаточную для того, чтобы животные туда проникли. Предложите хомяку кусочки ваты или пакли, мелкие лоскутки материи — из них он построит себе гнездо по своему вкусу. В противоположный угол клетки поставьте плоскую посудину с песком или кусочками бумаги: хомяки очень чистоплотны, здесь у них будет туалет. Пол клетки можно посыпать опилками (они продаются в специализированных магазинах), застлать бумагой или газетами. Если вы купили клетку для грызунов, то у нее есть специальный выдвигающийся поддон, что значительно упростит уборку.

Хомяки очень любопытны и подвижны, поэтому оборудуйте клетку лесенками и жердочками; зверьки будут с удовольствием по ним лазать. Можно поставить в клетку беговое колесо, хомякам наверняка понравится такой «тренажер».

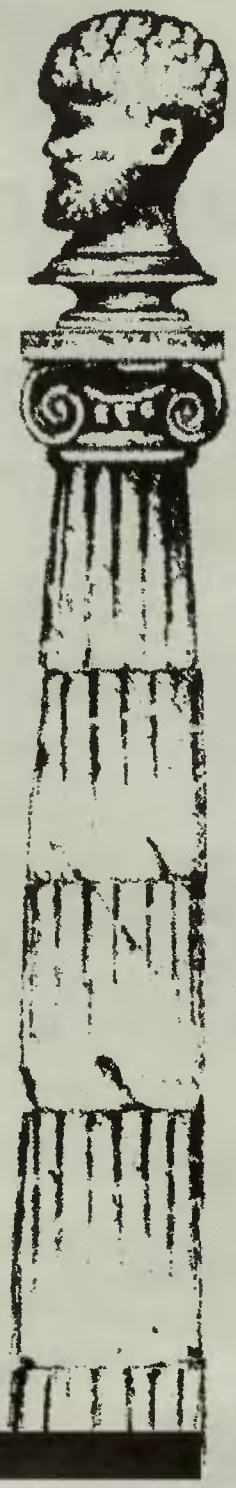
Хомяки — всеядные животные, они с удовольствием едят насекомых, мясо, зелень, разнообразные крупы. Для золотистых хомяков рекомендуется такой суточный рацион: 15 г разной крупы (в основном овсянки), 5–7 г черствого белого хлеба, 5 г сырого или вареного мяса, рыбы или творога, 30 г зелени и сочных корнеплодов. В кормушке всегда должны быть вода, немного поваренной соли и мел.

Вкусы у хомяков индивидуальны, и скоро вы на собственном опыте убедитесь, что предпочитают ваши любимцы. Стоит напомнить, что продукты должны быть только свежими, хотя хомяки прекрасно разбираются в их качестве и испорченное есть ни за что не станут. Хомяки — запасливые хозяева, поэтому несколько раз в неделю давайте им побольше корма. Животные будут складывать его в домике, который время от времени следует чистить. Если зверькам не удается пополнять свои кладовые, они становятся агрессивными — дерутся между собой и кусают хозяев.

Хомяки относятся к сумеречным животным. Днем предпочитают спать, а играют и бегают вечером и по ночам. Поэтому ставьте клетку с животными там, где вам не помешает их ночная возня. Если вы хотите пообщаться со зверьками днем, предложите им угощение, и крепко спавшие хомяки не замедлят его отведать.

Самка три-четыре раза в год приносит до 6–10 хомячат. Незадолго до их появления самца надо отсадить, иначе самка будет его гонять и может даже загрызть. Пару соединяют не раньше чем через месяц после появления малышей. В это время старайтесь меньше беспокоить хомячье семейство, не берите малышей в руки. Если в доме есть дети, объясните им, что сейчас животные, как никогда, нуждаются в покое. Заранее позаботьтесь о том, кому отдать подросших хомячат.

Хомячий век недолог — всего 2–3 года, и, если придерживаться этих несложных рекомендаций, шустрые зверьки доставят вам много приятных минут.



Кандидат технических наук
Б.З.Кантор

Агат и его загадка

Фото 1
Агат из Бразилии

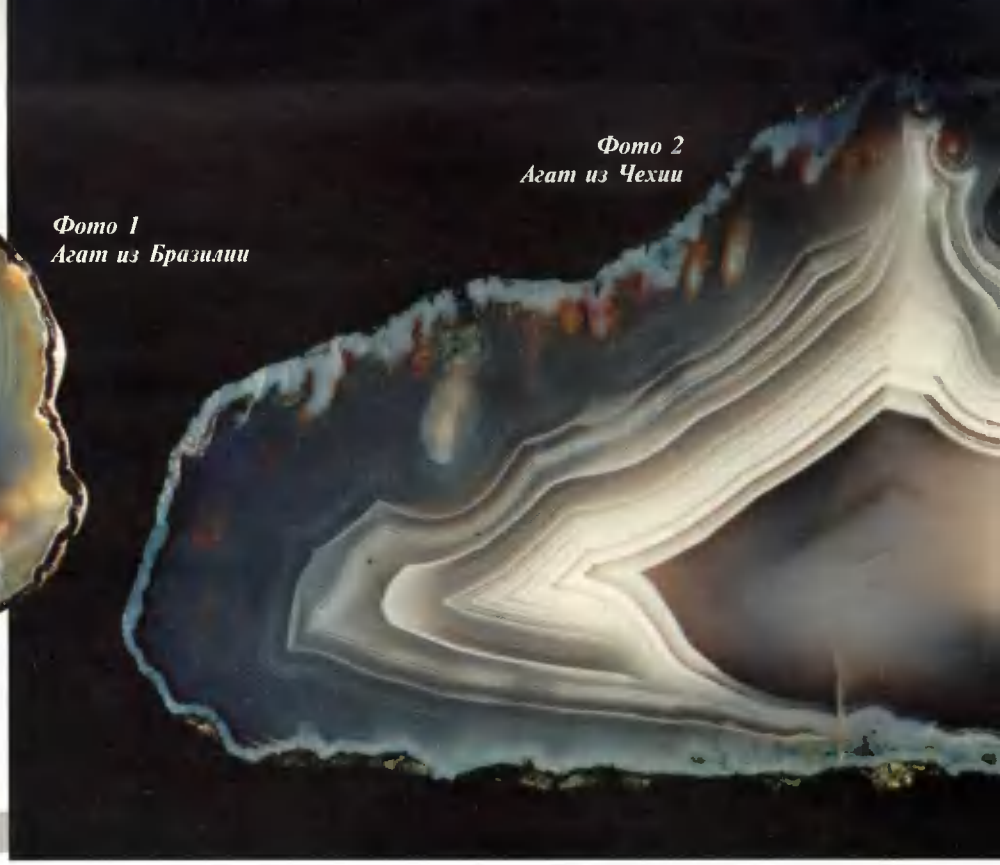


Фото 2
Агат из Чехии

Первый взгляд на агат

С древности и поныне он — любимый камень резчиков и ювелиров, материал для произведений искусства и милых украшений. Минералоги называют агатом заполняющий агатовую камеру слоистый халцедон — микроволокнистый кремнезем SiO_2. По химическому составу и кристаллической структуре это то же самое, что всем известный кварц. Агаты встречаются в застывших вулканических лавах, где заполняют газовые пузыри, которыми вскипала лава при излиянии на земную поверхность, освобождаясь от летучих компонентов. Изредка попадаются агаты и в известняках, где выщелачивание породы формировало пустоты.

Природа изобретательна — для создания рисунков агатов она использовала лишь три средства. Внешнюю форму агата, точнее, заполняемой им полости в горной породе («агатовой камеры»), характер его слоистости и минеральные включения. Другое дело — технология природы. Она до сих пор не ясна. Никто не видел, как и чем заполнялись агатовые камеры и что там было до агатов. И по сей день агат, простой камень, похожий на старую картофелину, остается загадкой.

Гипотезы

В середине XVIII века считали, что агаты образовались из водных растворов кремнезема. Геолог Леопольд фон Бух полагал, что, протекая через камеры, растворы последовательно, начиная от стенок, осаждали там слои халцедона. Слоистость должна была повторять форму камеры, что и наблюдается в действительности. Однако кремнезем почти не растворяется в воде, поэтому красивая «гипотеза протекания» казалась несостоятельной.

В начале XX столетия химик Рафаэль Лизеганг предложил «гипотезу созревания», и на первых порах у нее было много сторонников. Специалист по коллоидной химии, Лизеганг увлекся опытами по ритмической диффузии в желатиновых студнях и получил так называемые «кольца Лизеганга» — концентрические узоры, похожие на рисунок агата. Это навело его на мысль, что агат возникает не из растворов, а из геля кремнезема, который проник в камеру, расслоился из-за диффузии некого вещества извне, созрел до твердого состояния, закристаллизовался в халцедон.

Но гель при этом должен был отделить воду, а значит, сократиться в объеме, так что в агате остались бы пустоты. Согласно расчетам, они должны были занять от 50% до 95% объема камеры. Действительно, полостные агаты встречаются, но на долю пор приходится 3 — 4% объема, а у большинства агатов вовсе нет пустот.

В 1948 г. немецкий ученый Р.Наккен высказал предположение, что халцедон агатов кристаллизовался из сгустков расплавленного кремнезема, содержавшихся в раскаленной лаве. И он действительно получил искусственный халцедон из расплавленного кремнезема. Но откуда взяться расплаву кремнезема в лаве, если ее температура не превышает 1200°С, а для плавления кремнезема нужно 1600°С? Кроме того, в агатах часто находят кальцит, но никогда не находили минерала волластонита, который непременно образовался бы на контактах кремнезема с кальцитом при высокой температуре.

Были и другие предположения, но и они содержали внутренние противоречия либо плохо соответствовали фактам. И минералоги стали приглядываться к старой гипотезе протекания. Но камнем преткновения для нее была низкая растворимость кремнезема. В горячих природных растворах его содержание достигает 400 мг/л, в холодных кремнеземах — не более 20 мг/л. Поэтому для образования агата массой 100 г и размером всего 4—5 см требовалось бы не менее четверти кубометра раствора в лавах и пяти кубометров в известняках. Но встречаются и гораздо более крупные агаты, а главное, залегают они обычно не поодиночке, а целыми агатовыми полями. Для образования такого поля необходимы циркуляции в плотной породе колоссальных объемов раствора.

Чтобы устранить эту проблему, допустили, что халцедон в агатовых камерах отлагался не истинными растворами, а гораздо более концентрированными коллоидными раствора-

Агаты ценятся за многие чудесные свойства. Они воспроизводят облик рек, лесов, вьючных животных, а также колесницы, фигурки и убранство коней.

Плиний

ми — золями. Идея казалась перспективной. Но позже выяснилось, что кремнезем имеет в растворах не зольную, а полимерную природу. В дальнейших событиях сыграли важную роль находки любителей — коллекционеров минералов.

Наблюдения и размышления

В микроскоп видно, что халцедон сложен сферолитами — пучками тонких (1—10 мкм) волокон, выросших от стенок полости по направлению к центру камеры (рис. 1). Значит, халцедон действительно отлагался, начиная от стенок. Первые исследователи заметили в агатах каналы, изредка свободные, чаще заросшие халцедоном, соединяющие внутренние слои или центральную полость, если таковая имеется, с поверхностью агата. Вблизи устья канала агатовые слои истончаются, а в самом канале становятся совсем тонкими (рис. 2, фото 1, 2, 3). Каналы явно напрашиваются на роль «проводников», пропускающих в камеру свежий раствор и удаляющих отработанный. Это согласуется с гипотезой протекания.

Свидетельство протекания через камеры жидкостей, отлагавших халцедон, — изгиб растущих рядом халцедоновых псевдосталактитов в одну сторону (см. «Химию и жизнь», 1998, № 8). Такие псевдосталактиты находили и в Подмосковье, и на Сихотэ-Алине (фото 5). В Подмосковье любители разыскали полые агатовые жеоды, в которых было видно, что внутренний слой халцедона местами истончается, обнажая лежащий под ним предыдущий слой (фото 4). В этих местах отложение халцедона тормозилось — здесь протекал истощенный, отработанный раствор, которому нечего было отложить.

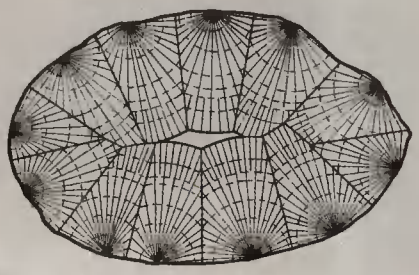
Как питается растущий агат, когда остается лишь один канал, а остальные заросли? К тому же и этот последний тоже в конце концов зарастает — каким образом? Была даже предложена гипотеза проникания: частицы кремнезема проникали в камеру не с течением раствора, а через поры в халцедоне благодаря диффузии в пропитывавшей всё и вся воде. Такая гипотеза обходится без каналов; с другой стороны, без них почему-то не обходится агат. И кроме того, зачем же было частицам кремнезема проделывать столь долгий и трудный путь, диффундируя внутрь камеры по порам халцедона, вместо того чтобы там же, в этих порах, и оседать?

Истончение слоев, заметное вблизи устья канала и особенно в самом канале, навело минералога В.И.Степанова на идею, что каждый канал выполнял обе роли: по осевой его части в камеру поступал свежий раствор, а по периферии выходил наружу отработанный. Опыты показали, что при очень медленном течении такое может быть. Именно это и обеспечивало каналу долгую жизнь: в камере полным ходом откладывался халцедон, а в канале просвет сужался лишь незначительно, он продолжал выполнять свою проводящую роль и зарастал в последнюю очередь. С этого момента агат переставал получать питание и процесс его образования завершался.

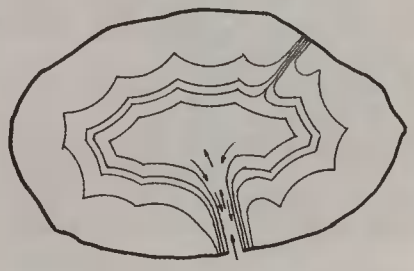
Полость в сердцевине некоторых агатов содержит кристаллы кварца (горного хрусталя или аметиста). Кристаллы растут непосредственно на поверхности халцедона, и между этими двумя формами одного и того же минерала — расщепленной (сферолиты) и нерасщепленной (кристаллы) нет постепенного перехода. Этому нашлось объяснение, когда минералог Ю.Н.Пунин и его коллеги обнаружили, что расщепление прекращается, как только пересыщение раствора снижается до некоторого уровня, хотя кристаллизация при этом остается возможной.

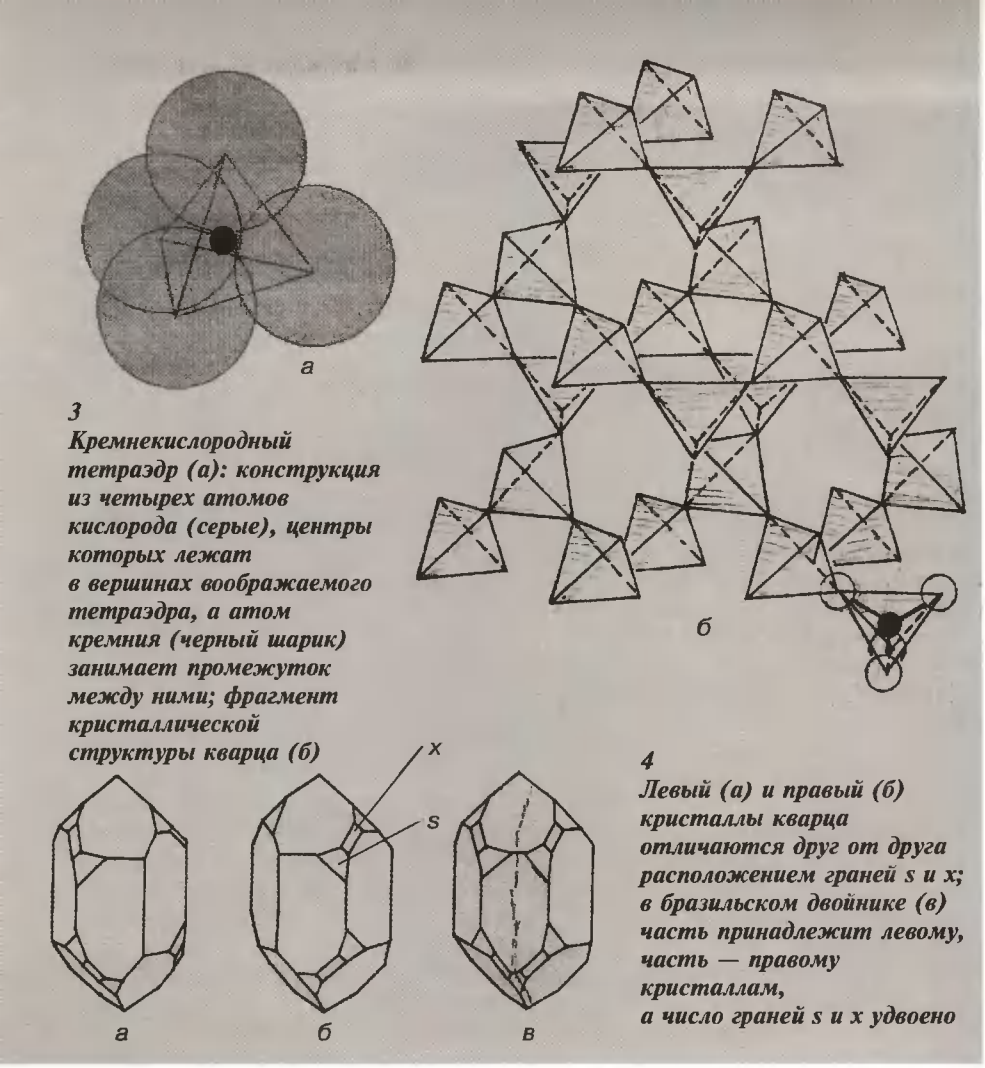
Фото 3
Проводящие каналы в агате из Тиманского кряжа

1
Схема строения агата



2
Строение и работа проводящего канала





3
Кремнекислородный тетраэдр (а): конструкция из четырех атомов кислорода (серые), центры которых лежат в вершинах воображаемого тетраэдра, а атом кремния (черный шарик) занимает промежуток между ними; фрагмент кристаллической структуры кварца (б)

4
Левый (а) и правый (б) кристаллы кварца отличаются друг от друга расположением граней s и x; в бразильском двойнике (в) часть принадлежит левому, часть — правому кристаллам, а число граней s и x удвоено

Почему халцедон?

Но почему образуется именно халцедон, а не кристаллы кварца? На этот счет природа не дает нам никаких указаний, и поиски фактов — традиционный путь минералогов — на этот раз зашли в тупик. И в 1993 г. американский ученый П.Дж.Хейни решил, что подсказать, при каких условиях кристаллизуется тот или другой минерал, могла бы сама кристаллическая структура.

Кварц — это ажурный каркас из кремнекислородных тетраэдров SiO_4, соединенных друг с другом общими кислородными атомами (рис. 3). Эта структура несовместима с собственным зеркальным отражением. Структур кварца может быть две — левая и правая. Соответственно и кристаллы кварца встречаются в левой и правой формах, а также в виде сросшихся левых и правых индивидов — «бразильских двойников» (рис. 4). Такие образования часто попадаются в бразильских месторождениях. Среди природных кристаллов кварца бразильские двойники нередки, но несравненно чаще они встречаются в кристаллических волокнах халцедона. Другая особенность халцедона в том, что волокна почти всегда скручены вокруг своих продольных осей.

Форма кристаллитов халцедона навела П.Хейни на мысль, что волокна образуются кристаллизацией вокруг структурных дефектов — винтовых дислокаций. На направлении дислокации возникает неисчезающая ступенька (рис. 5). Она навивает на растущую грань непрерывный спиральный слой кристаллизующегося вещества. Так винтовая дислокация запускает особый механизм роста, а фронт дислокации становится тем предпочтительным местом, где оседают частицы кристаллизующегося вещества. Благодаря этому кристаллы растут преимущественно в одном направлении и поэтому получаются вытянутыми. А из-за искажений структуры, связанных с дислокацией, возникают механические напряжения. Они и скручивают тонкие кристаллиты.

При каких условиях наиболее вероятно такое развитие событий? Как и другие структурные дефекты, дислокации возникают при высокой концентрации материнского раствора. Такую концентрацию могут создавать полимерные формы кремнезема. Поэтому П.Хейни пришел к выводу, что частого двойникования следует ожидать в том случае, если бы рост кристалла происходил путем присоединения полимерных цепочек кремнезема.

Линейные полимеры кремнезема в природных растворах — это продукты конденсации силоксановых групп SiOH:

$$\equiv Si-OH + HO-Si\equiv \rightarrow \equiv Si-O-Si\equiv + H_2O.$$

С полимерами кремнезема обычно сосуществует мономер. При кристаллизации халцедона раствор обедняется полимером и одновременно разбавляется водой — продуктом реакции. Когда концентрация снижается до некоторой критической величины, полимеризация становится невозможной и в растворе остается лишь мономер SiO_2. Характер кристаллизации меняется: волокна халцедона перестают расти и начинают расти кристаллы кварца.

Время умеренного оптимизма

Сегодняшнее понимание проблемы таково. В горной породе имеется полость, и она заполняется жидкостью,

Фото 4
Внутренний беловатый слой в агате местами отсутствует, обнажая лежащий под ним бурый слой (окрестности Ступино, Московская обл.)

5
Дислокационный рост кристалла. Частице А легче закрепиться под дислокационной ступенькой, чем такой же частице Б на гладкой грани

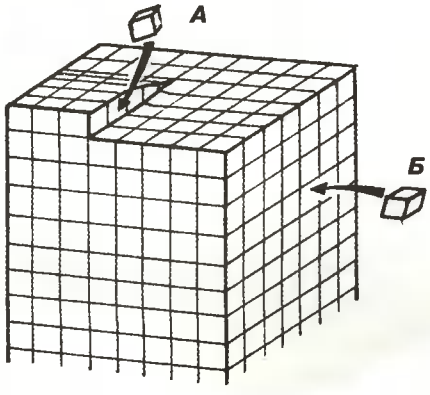


Фото 5
Согласно изогнутые псевдосталактиты в агате (Сергеевское месторождение)

содержащей кремнезем. Возможны три случая: концентрация кремнезема низкая, высокая и очень высокая. При низкой концентрации кремнезем остается в мономерной форме и на стенках медленно вырастают кристаллы кварца — горного хрусталя или аметиста. Если концентрация достаточно высока, то кремнезем полимеризуется в неразветвленные цепочки. Так возникают сферолиты, состоящие из пучков скрученных волокнистых кристаллитов. Раствор в агатовой камере обновляется через поры халцедона и проводящие каналы.

После снижения концентрации раствора до критического уровня в растворе остается лишь мономер кремнезема. Если к этому моменту внутри агата еще есть незаполненное пространство, то на его стенках появляются кристаллы горного хрусталя или аметиста.

А высоко концентрированные среды, способные образовывать «гели», столь увлекшие Рафаэля Лизеганга, как оказалось, вообще не могут осаждать халцедон. Полимеризация в них не ограничивается образованием цепочек — происходит их объединение в кольцевые структуры. Такие среды осаждают не халцедон, а другие виды кремнезема — тридимит и кристобалит, составные части опала, образующего в некоторых агатах ониксовые горизонтальные слои (фото 1).

Описанную модель специалисты оценивают с осторожным оптимизмом: уж очень много копий было сломано о проблему агатов и далеко еще не на все вопросы получены ответы. Но «плацдарм» для продвижения в глубь проблемы уже существует.

Кое-что об агате

«На лице агатобровом», — так писал Шота Руставели, воспевая красоту грузинской царицы Тамар. Бытующее мнение, что агат — черного цвета (черные, как агат, глаза; агатовые кудри и т.п.), на самом деле неверно. В природе агат бывает серым, буроватым, голубым, красным, разноцветным, но только не черным. Существуют две версии возникновения этой ошибки. Возможно, агат когда-то перепутали с созвучным гагатом, поделочным камнем глубокого черного цвета, разновидностью каменного угля. Месторождения гагата есть в Грузии, на родине автора «Витязя в тигровой шкуре», где этот камень испокон веков использовали в украшениях. Известен он был и на Руси.

Другая версия действительно основана на черном цвете агата, но не природного, а окрашенного искусственно. Секрет окраски агата знали в Древнем Риме, однако впоследствии он был утерян. Тело агата пронизано микроскопическими порами, способными удерживать красители. Для окрашивания в черный цвет римляне проваривали его в меду до черноты. Сейчас для получения черного агата минерал выдерживают в растворе сахара, а затем осевший в порах сахар обугливают крепкой серной кислотой. С помощью различных химических реакций с участием адсорбированных в порах реагентов можно окрашивать агаты и в другие цвета, например в синий и ярко-зеленый.

Агат известен с глубокой древности. Название камня связывают с находками на реке Ахатес (Сицилия). Во все времена модники и модницы с удовольствием носили кулоны, серьги и перстни из агатов. Из этого камня вытачивают пепельницы, вазы, чаши, украшениями служат и просто полированные срезы агатов. Екатерина II, знавшая толк в красивых камнях, распорядилась отделать агатовыми пластинками одну из комнат Царскосельского дворца.

С древности известно искусство глиптики — вырезания различных изображений и печатей на камнях, главным образом на агатах. Самые красивые камеи получаются из оникса — разновидности агата с плоско-параллельной слоистостью. Один из слоев используют как фон, на другом вырезают выпуклое изображение, например женскую головку, на остальных — волосы, головной убор, детали одежды и т.д. Еще древние римляне высоко ценили рисунки, открывающиеся при разрезании агата: Плиний, например, сообщает об агате, «в котором были видны девять муз и Аполлон, держащий кифару; и не с помощью искусства, а по воле природы узоры расходились так, что каждой музе придавался ее атрибут». Агатам, как и другим ценным камням, приписывали магические свойства: «помогают при укусах пауков и скорпионов», «благоприятствуют зрению», «делают атлетов непобедимыми» и пр. Халцедон агатов весьма твердый (6,5–7 по 10-балльной шкале Мооса) и износоустойчивый минерал. Поэтому из него делают опорные камни точных весов, подпятники компасных стрелок, опоры осей в настольных и настенных часах и различных приборах. Из агата делают также ступки для растирания в порошок твердых веществ.

Месторождения агатов есть во многих странах. Содержащие агаты горные породы на земной поверхности выветриваются, разрушаются, продукты разрушения уносятся текучими водами, а агаты, как более твердые и стойкие, накапливаются в россыпях. Больше всего агатов добывают на юге Бразилии, в штате Риу-Гранди-ду-Сул. В России агаты встречаются во многих местах. Наиболее богаты ими побережье Чукотского моря, западные отроги Сихотэ-Алиня, северная часть Тиманского кряжа. Красивые агаты встречаются в известняках левобережья Оки (в Ступинском, Озерском и Коломенском районах Подмосковья). Наиболее популярны среди любителей пестроцветные агаты из окрестностей города Голутвина. В начале 60-х гг. там попадались очень крупные камни: одной пластины хватало для крышки небольшого столика. По некоторым сведениям, еще в XV веке голутвинскими агатами был отделан пол в Архангельском соборе Московского Кремля. Отдельные находки агатов возможны в известняковых карьерах Средней полосы, по берегам рек — Волги, Кубани и др. Иногда агат попадается в отвале земснаряда, чистящего русло реки, и даже при перекопке огорода.

Художник Е.Станикова

Школьный клуб

Задачи на Земле и вокруг нее

Редакция продолжает публикацию задач «Конкурса имени Ломоносова». Сегодня мы публикуем несколько задач из раздела «Задачи на Земле и вокруг нее».

1. Пролетая мимо Плутона, космонавт решил немного прогуляться в открытом космосе и заодно почитать газету. Сможет ли он заняться чтением вне корабля?

Решение. Расчет показывает, что космонавт около Плутона читать газету сможет. Расстояние от Солнца до Плутона в 40 раз больше, чем до Зем-

ли. Соответственно освещенность, которая уменьшается с увеличением расстояния как $1/R^2$, в открытом космосе около Плутона в 1600 раз меньше, чем около Земли. Оценим, достаточно ли этого для чтения. При этом будем считать, что минимальный уровень освещенности для чтения соответствует освещенности от полной Луны.

Соотношение освещенностей от Солнца и полной Луны на Земле можно приблизительно оценить так. Известно, что Луна светит отраженным солнечным светом, а угловые размеры Луны и Солнца совпадают. Мысленно увеличим радиус Солнца от его истинного значения 700 тыс. км до 150 млн. км, то есть до радиуса орбиты Земли. Поверхностная яркость «раздутого Солнца» уменьшится как квадрат увеличения его радиуса, то есть в 46 200 раз. Соответственно и Луна, как отражатель света на этом расстоянии от истинного Солнца, во столько же раз получает его меньше. Кроме того, сама Луна — не зеркало, а весьма неровное каменистое тело. Она отражает всего 7% от падающего на нее света, то есть в итоге светит слабее Солнца на Земле в 660 000 раз, или в 400 раз слабее, чем Солнце на Плутоне.

2. Есть ли на других планетах моря и вулканы?

Решение. Море — это жидкий объект в поверхностных слоях планеты, занимающий большую ее часть. Практически на всех планетах могут быть моря, но, разумеется, не только из воды. Если даже не говорить о магме, то известны вулканы на Ио, которые, как считают ученые, питаются приповерхностными морями из жидкой серы и ее соединений. Предполагается, что слой жидкой воды имеется под ледяной коркой на Ганимеде. Все планеты-гиганты и их массивные спутники должны иметь жидкие слои из метана, аммиака и водорода, составляющие в некоторых случаях основную часть этих планет.

Вулкан — это выброс жидких или газообразных веществ на поверхность планеты сквозь разломы его твердых оболочек. Наиболее известные магматические вулканы (недействующие) находятся на Луне, самый высокий вулкан солнечной системы — гора Олимп (25 км высоты) на Марсе, есть они и на Венере. Активно действующие вулканы из сернистых соединений наблюдали на Ио; на Луне отмечали выбросы газов в центре кратеров.

3. 20 июня 1998 года над Москвой пронесся мощный ураган. Почему деревья были повалены не везде, а лишь в некоторых местах, причем полосами? Почему образовался подобный ураган, каковы были его ширина у поверхности земли и скорость ветра? Чем он отличается от тропических тайфунов?

Решение. В любом потоке воздуха, а тем более в таком мощном, как ураган, есть завихрения. Именно по этой причине образуются клубы дыма и похожие на них облака. Размеры вихрей в атмосфере — от десятков до сотен метров, причем скорость движения воздуха в какой-то точке может превышать среднюю скорость движения воздуха в несколько раз. Сила аэродинамического сопротивления любого тела в потоке пропорциональна квадрату скорости потока. Таким образом, если скорость воздуха в локальном вихре превысит среднюю, например, в три раза, то сила, действующая на препятствие, возрастет в девять раз. Поэтому деревья рушились не везде, а там, где быстрая часть вихря касалась поверхности земли.

В средних широтах ураганы возникают при столкновениях двух атмосферных фронтов с сильно отличающимися температурами и давлениями воздуха. Горизонтальные размеры таких фронтов составляют сотни километров. 20 июня 1998 года над Москвой встретились воздушные массы относительно сухого воздуха с температурой +35°С и влажного с температурой +10°С, причем более тяжелый холодный воздух оказался над более легким теплым. Возникла неустойчивость, теплый воздух начал подниматься вверх, а холодный — падать вниз с большой скоростью, образуя мощные потоки и вихри. Ширина полосы разрушительного урагана составила 20 — 30 км, протяженность — до 300 км, скорость ветра — до 30 м/с. Подобные ураганы,

иногда сопровождаемые смерчами, в конкретной местности повторяются несколько раз в столетие.

Тропические тайфуны, напротив, могут происходить десятки раз за сезон. Они образуются там, где солнце сильно нагревает поверхность земли и нижний слой воздуха. При этом неустойчивость может возникнуть в любом месте, особенно часто — над океаном. Двигаясь по океану, тайфун приобретает спиральную структуру и вовлекает в себя все новые и новые неустойчивые области воздуха. Высвобождаемую потенциальную энергию он переводит в кинетическую, и скорость ветра достигает 60 м/с. Тайфуны порождают в океане волны до 20 м высотой, наводнения за счет большого количества осадков, многочисленные и катастрофические разрушения.

4. Нетрудно подсчитать, что на поверхности Земли сила притяжения к Солнцу намного больше, чем к Луне. Почему же лунные приливы выше солнечных?

Решение. Сила гравитационного притяжения пропорциональна массе M притягивающего тела и обратно пропорциональна квадрату расстояния R до него. Соответственно сила притяжения к Луне ($M_л$= 7·1025г, $R_л$= 384·103 км) в 190 раз слабее, чем к Солнцу ($M_с$= 2.1033 г, $R_с$= 150·106 км). Очевидно также, что в однородном силовом поле никаких приливов не будет.

Однако поле тяготения не однородно, а имеет центр в притягивающей массе M. Стало быть, для любого тела с конечными размерами будет существовать разница сил тяготения на противоположных краях, которая и называется приливной силой. Приливная сила, как производная от силы тяготения, обратно пропорциональна третьей степени расстояния от центрального тела. Поэтому Луна, которая находится к Земле существенно ближе, несмотря на свою малую массу, создает приливную силу почти в два раза большую, чем Солнце. Каждое из этих светил создает во внешних оболочках Земли, прежде всего в океане, приливную волну. Естественно, что лунный прилив движется по поверхности Земли вслед за движением Луны, а солнечный, вдвое меньший, — за Солнцем. Во время полнолуний и новолуний, когда Луна и Солнце встают относительно Земли примерно на одну прямую, их приливные волны складываются и наступает максимальный, так называемый сизигийный, прилив; а когда они во время первой или последней четверти Луны расходятся на небе на 900, квадратурные, или разностные, приливы имеют минимальную высоту.

5. Известно, что можно определять стороны света по часовой стрелке. Каким образом это можно сделать, находясь в Эфиопии или в Новой Зеландии?

Решение. В наших широтах биссектриса угла между цифрой 12 и часовой стрелкой, направленной на Солнце, показывает юг. Для декретного времени вместо 12 надо брать цифру 1, для летнего декретного — цифру 2. Этот метод дает приемлемую для ориентирования на местности ошибку до 300 в северных широтах (выше 500), где Солнце можно предполагать движущимся вдоль южной части горизонта слева направо с угловой скоростью, вдвое меньшей, чем угловая скорость часовой стрелки, и находящимся над точкой юга приблизительно в 12 часов среднего солнечного времени (в 13 часов декретного и 14 часов декретного летнего времени).

В экваториальной части Земли (например, в Эфиопии) Солнце на небе движется почти перпендикулярно линии горизонта, проходя около полудня недалеко от зенита. Очевидно, что ориентирование по Солнцу и часам в это время невозможно. В утренние часы, от 6 до 9, Солнце поднимается на восточной стороне горизонта, а в вечерние, с 15 до 18, опускается на западной.

В южном полушарии Земли Солнце движется вдоль северной стороны горизонта справа налево, в обратную сторону относительно часовой стрелки. Данный метод также можно применять в высоких южных широтах (например, в Новой Зеландии), только на Солнце нужно направить на часах не стрелку, а цифру 12, тогда полученное направление биссектрисы угла меж-

ду Солнцем и стрелкой будет показывать направление на север, а не на юг.

6. Смогут ли жители лунных поселений наблюдать корону Солнца во время затмений?

Решение. Только частично. На Земле корону Солнца нельзя видеть в любое время, поскольку излучение короны в миллион раз слабее, чем самого Солнца. Во время полного солнечного затмения, когда Луна полностью закрывает диск Солнца, а размеры пятна лунной тени на поверхности Земли достигают нескольких сотен километров, яркость земного неба в центре полосы затмения может уменьшаться до 10^{-9} от яркости Солнца, и корона на этом фоне становится видимой.

На Луне в обычных условиях, без затмений прилегающая к диску Солнца корона не будет видна из-за слишком большого перепада яркости (в 106 раз). Единственное небесное тело, которое может для лунного наблюдателя затмить Солнце, — это Земля. Однако размеры Земли в 3,7 раз больше, чем размеры Луны, соответственно Земля закроет не только само Солнце, но и солнечную корону. Солнечную корону можно будет увидеть при лунных восходах и заходах Солнца, которые на Луне происходят через полмесяца. Но при этом, когда диск Солнца находится под горизонтом Луны, над ним будет видна только часть его короны.

Газ проходит сквозь стенку

Азот, которым мы дышим, плох тем, что он растворяется в крови и при резком уменьшении давления, не успевая выделиться из крови, образует в ней пузырьки. Дальнейшее печально — пузырек закупоривает капилляр в мозгу, питание каких-то клеток отключается и...

Правда, большинству из нас не приходится жить в условиях изменяющегося давления, но для водолазов эта проблема — вопрос жизни и смерти. Впрочем, у нее есть решение — заменить азот гелием. Когда в подводных лабораториях применили атмосферу из кислорода и гелия, произошли три интересных события: изменился тембр голоса людей, они стали мерзнуть и вышли из строя все кинескопы в осциллографах и телевизорах. Первое — следствие того, что длина волны звука в гелии отличается от таковой в воздухе. Но изменение тембра голоса — не так уж и страшно. Второе — результат высокой теплопроводности гелия, и это поважнее: человек не хочет мерзнуть. Средство известно — теплее одеваться. Но самым важным оказалось третье. Причина выхода из строя кинескопов — диффузия гелия через стекло. При этом вакуум в них ухудшался и электронный пучок, который должен без помех преодолевать расстояние от катода до экрана, начинал рассеиваться.

Разумеется, проникновение гелия в кинескоп происходит и в обычной атмосфере. Но гелия в ней лишь 5×10^{-4} объемных %, что соответствует давлению 4×10^{-3} торр. Поток газа сквозь стенку из диэлектрика (а кинескопы делают из стекла) пропорционален площади, разности давлений и обратно пропорционален толщине стенки. Поэтому замена азота гелием увеличивает его поток внутрь кинескопа (даже при атмосферном давлении) в тысячу раз.

Если бы азот заменяли не гелием, а другим инертным газом, то на работе кинескопов эта замена не сказалась бы. Дело в том, что через диэлектрики газы диффундируют в виде молекул, а из всех газов самая маленькая молекула у гелия (0,11 нм против 0,27 нм у H_2, 0,32 нм у Ne и т.д.). Поэтому при прочих равных условиях поток H_2 через диэлектрик меньше, чем поток He, на три порядка, поток Ne меньше на четыре порядка и т.д. Поскольку H_2 в атмосфере вдобавок втрое меньше, чем He, то и получается, что He преобладает.

Проницаемость диэлектриков для газа сильно зависит от его состава. Для стекол проницаемость пропорциональна сумме содержаний SiO_2, B_2O_3 и P_2O_5. Поэтому через кварц He натекает быстрее, чем через стекло.

Газы проникают не только через диэлектрики, но и через металлы, но не в виде молекул, а в виде атомов, и, стало быть, быстрее всего проникает водород — его атом имеет размер 0,037 нм против 0,055 для N, 0,060 для O, 0,011 для He и т.д. Натекание через металлы зависит не от разности давлений, как для диэлектрика, а от разности корней квадратных из давлений. Зависит оно, естественно, и от рода металла — быстрее всего водород проникает через Pd, Fe, Ni. Их используют в технике для очистки H_2 от примесей: водород проходит, другие газы — нет.

Поскольку газы диффундируют через металл поатомно, то лимитирующей стадией может оказаться диссоциация H_2 — 2H на поверхности. Обычно так и происходит, поэтому проникновение водорода через железо резко возрастает во влажном воздухе (влага взаимодействует с железом, окисляя его, а водород проникает в железо) и при гальванических процессах, когда на поверхности выделяется атомарный водород.

Л.Намер

Четыре жизни академика Баева

Академик
В.П.Скулачев

А.А.Баев (второй справа во втором ряду) среди однокурсников Казанского университета, Казань, 1924 г. «Саша Баев был такой худенький и бледненький, как цыпленочек, но уже тогда он среди всех выделялся своей серьезностью и увлеченностью учебой» (из воспоминаний О.К.Малаховой)

«Академик Александрович Баев» (Москва, Наука, 1998). С обложки на вас смотрит спокойный, уверенный в себе седовласый человек. Вы открываете книгу, вчитываетесь в первую главу и уже не можете оторваться от страниц очерков, переписки, воспоминаний, от этой исполненной высокого трагизма жизни.

Как написал в своем эссе о Баеве академик А.С.Спирин, за отпущенные ему судьбой 90 лет Александр Александрович прожил не одну, а четыре жизни. Первая — благополучное детство и отрочество внука казанского заводчика и сына адвоката; вторая — начало научной карьеры, трудная молодость неблагонадежного выходца из эксплуататорского класса (не важно, что дед своим умом выбился в заводчики из крепостных!); третья — арест в 1937 г., тюрьма, кратковременное освобождение и «вечная» ссылка в Сибирь; наконец, четвертая — реабилитация, возвращение в науку и блестящая карьера ученого мирового масштаба.

На лагеря и ссылки в жизни Баева пришлось «всего» семнадцать лет. Но это были годы, когда ученым-биологам, как говорит статистика, удаются главные их открытия: с тридцати трех лет до пятидесяти. Не будем, однако, бессмысленно восклицать: «А что бы он мог совершить, если бы не арест в тридцать седьмом?» Лучше подумаем о том, чтобы тридцать седьмой не повторился. И предоставим слово самому Александру Александровичу.

А.А.Баев в ссылке, Норильск, 1945 г.

«Я твердо решил не поддаваться уловкам следователей и не подписал никаких ложных показаний, никого не оговорил». (Мне вспоминается речь Баева на похоронах Г.К.Скрябина: «Он жил в то время, когда о человеке судили не по тому хорошему, что он совершил, а по тому плохому, что он мог бы сделать, но не сделал». — *В.С.*)

«Как-то один мой собеседник поинтересовался, почему я не стал диссидентом. Я ему ответил, что диссидентами, по моему мнению, становятся особые натуры. Я по своей природе не обличитель, не искатель правды, не проповедник, не заговорщик, хотя и объявлен был членом террористической подпольной организации. Единственная приемлемая для меня форма

А.А.Баев, Сыктывкар, 1948 г.

деятельности — это созидание чего-то положительного, реального, полезного для родины, общества, человека. Иначе я действовать не могу и не хочу».

И тут же иная, безжалостная самооценка:

«В поисках какого-то логического оправдания своего положения я пришел к заключению, что моя тюрьма — возмездие за равнодушие к той неправде, которая окружала меня... Для меня было очевидно, что процессы, которые устраивались по указанию Сталина, были грубыми инсценировками. И, понимая это, я молчал, у меня не было даже никакой внутренней реакции. И Соловецкая тюрьма — наказание вовсе не за мнимое участие в подпольной политической организации, а возмездие за уснувшую совесть».

Трудно спокойно читать эти искренние строки. Однако не будем спешить со словами осуждения. Когда затравленный человек под действием инстинкта самосохранения стремится убедить себя, что ненормальное состояние общества, в котором он оказался, и есть норма, то «отсутствие внутренней реакции» едва ли допустимо ставить ему в вину.

В этом месте я позволю себе маленькое отступление. В тридцать седьмом, когда мне было два года, наша семья жила в Москве, в квартире моего деда в доме № 5 по Каляевской (теперь вновь Долгоруковской). Это был дом сотрудников Наркоминдела и Наркоминторга. Дом семизтажный, по две квартиры на каждом этаже. Так вот, в одну ночь в двенадцати из четырнадцати квартир нашего подъезда исчезли все жильцы, включая детей моего возраста. Нас не тронули только потому, что дед был при смерти после тяжелейшего инфаркта. На всю жизнь я запомнил страх в глазах бабушки, рассказавшей мне о той ночи. Этого страха хватило ей на всю жизнь, да и я получил от нее изрядную дозу.

«Как-то в разговоре с А.А.Баевым, — вспоминает А.С.Спирин, — мы случайно открыли, что он учился в одном классе с моим отцом. После этого он стал наводить справки о всех своих одноклассниках... Через некоторое время он сообщил мне, что из приблизительно 30 учеников их класса только троим удалось пройти через две революции, Гражданскую войну, голод, массовые репрессии и войну с Германией — это он сам, мой отец и еще один их одноклассник; остальные либо погибли, либо пропали без вести».

И не нам порицать Баева за то, что он в 1964-м, всего через 10 лет после возвращения из сибирской ссылки, вступил в партию. «Ни идеологических, ни карьерных мотивов у меня не было, когда я получал красную книжечку как свидетельство благонадежности. Я хотел крошечной свободы, возможности жить так, как это меня устраивало».

Люди моего поколения знали Александра Александровича по его «четвертой жизни». Мы помним Баева-академика, а не заключенного концлагеря, лагерного врача или ссыльного поселенца. Но несомненно, что террор оставляет в сознании человека характерный след. Я убедился в этом еще раз, когда недавно провел одиннадцать дней в Китае. Все это время меня преследовало ощущение, что я вернулся в наше недавнее прошлое. В огромной аудитории Пекинского университета, где я читаю лекцию, поперек экрана висит длинный, от стены до стены, кумачовый транспарант, закрывающий верхнюю, лучше всего видную в плоском зале треть экрана, где высвечиваются мои слайды. Транспарант всем мешает, но никому и в голову не приходит убрать его. Между прочим, на нем среди иероглифов затесались откуда-то «5%». После лекции я говорю своему другу Лю Шусеню, директору Пекинского института зоологии, который когда-то окончил вместе со мной аспирантуру МГУ, а потом, во времена культурной революции, пас свиней: «Хочешь, я переведу лозунг?» — и в ответ на его недоуменный взгляд продолжаю: «Работники высшего образования! Поднимем на 5% производительность труда в этой пятилетке!» Шусень, изумленно: «Ты что, изучал китайский?» — «Изучал, изучал, и мой отец, и мать, и дед, и бабушка — все изучали. Всего каких-то 75 лет!»

...Вряд ли стоит объяснять, как рисковал Владимир Александрович Энгельгардт, обращаясь (18 раз только с сорок пятого по сорок седьмой годы!) в «органы», иногда даже к самому Берии, с просьбой пересмотреть дело А.А.Баева, которого арестовали как деятеля бухаринского подполья, участвовавшего в подготовке покушения на Сталина. Энгельгардт разглядел тогда в своем молодом сотруднике ярчайшего ученого и сделал все возможное и невозможное, чтобы облегчить его судьбу. Замечательно, что Энгельгардт сохранил свою переписку с Баевым. Читая эти письма, видишь, как меняется их тональность: от подчеркнуто почтительной со стороны Баева и сугубо деловой со стороны Энгельгардта в начале до безоглядно сердечной в конце, в период

сибирской ссылки Александра Александровича и его семьи.

Между лагерем и ссылкой, закончившейся в 1947 году, и вторым арестом прошло полтора года. Их А.А.Баев провел в Сыктывкаре, работая заведующим биохимической лабораторией Коми филиала Академии наук СССР. Здесь он предпринял первую попытку вернуться в большую науку. Энгельгардт снабдил его оборудованием и реактивами, составил рабочий план и организовал защиту кандидатской диссертации, текст которой был написан Баевым еще до первого ареста. Владимир Александрович бережно хранил это произведение, написанное рукой «врага народа», долгие десять лет.

Здесь, в Сыктывкаре, Баев переводит книгу Э.Болдуина «Основы динамической биохимии». На этом переводе воспитывалось целое поколение наших биохимиков, включая меня.

А.А.Баев (второй справа во втором ряду) среди сотрудников лаборатории В.А.Энгельгардта (в центре в первом ряду) в Институте биохимии АН СССР, Москва, 1936 г.

Конечно, работать было трудно. Из писем Баева В.А.Энгельгардту: «За карандаш простите — нет чернил, пишущая машинка не работает» (14.01.49). «С литературой тут плохо — журналы разрозненны, малочисленны. «J.Biol.Chem.» что-то перестали присылать, даже «Биохимия» некомплектна» (16.01.48).

Третья, четвертая послевоенные зимы. Полстраны в руинах. Во многих областях — настоящий голод. Что уж говорить о чернилах. Прервалось поступление «Journal of Biological Chemistry»... Но значит, незадолго до того в Сыктывкаре все же получали этот журнал — главный из американских биохимических журналов и потому самый дорогой. (Для справки: в 1995—1997 годах «J.Biol.Chem.» приходил в Россию только в рамках Соросовской библиотечной программы. Одно из условий этой программы: Сорос оплачивает подписку и доставку журналов в российские библиотеки лишь в том случае, если издатели дают скидку. В 1998 году «J.Biol.Chem.» не дал скидки и в Россию не поступило ни одного экземпляра. Как президент Российского биохимического общества, я написал издателям слезное письмо, где объяснил ситуацию. Обещали сбросить цену на 50%, так что проблема с «J.Biol.Chem.», вероятно, решится.)

Вернемся, однако, в Сыктывкар. Несмотря на все трудности, Александру Александровичу казалось, что черная полоса жизни позади. Вот фотография того времени: красивое, еще молодое лицо, спокойный, благожелательный взгляд, улыбается... Сравните с фото в Норильске: отчаявшийся человек на фоне пейзажа, по которому ясно видно, что жить в таких местах людям нельзя.

Тем страшнее стал повторный арест и ссылка в Сибирь с жуткой резолюцией: «Навечно». С наукой покончено, вновь работа врача среди таких же, как он, ссыльных да огородничество, чтобы не умереть с голоду. «Жизнь моя совершенно бессмысленна. Осмысленно только лечение пациентов и выращивание рассады».

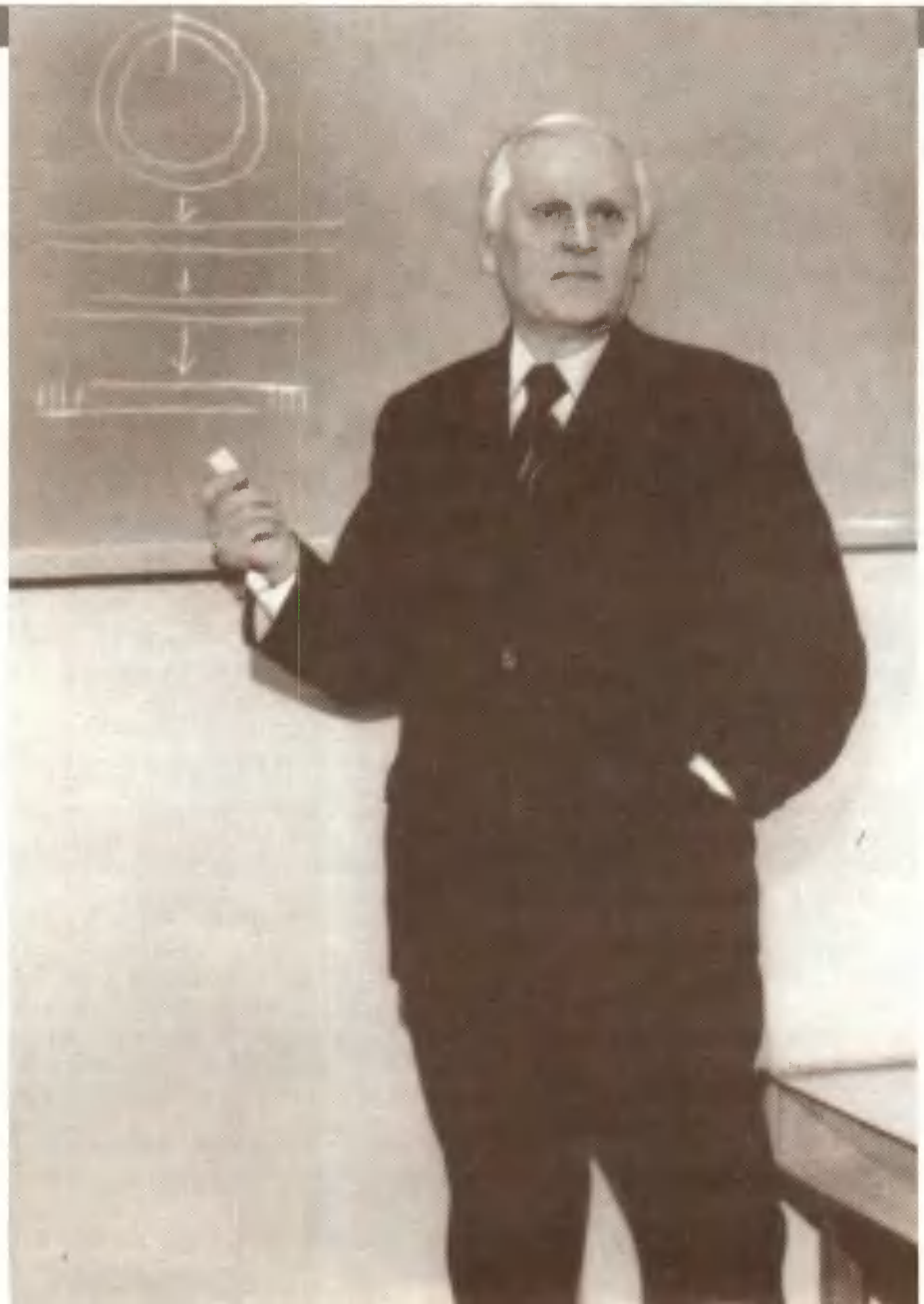
Новая ссылка Баева — страшный удар для Энгельгардта. Он опять бросается к властям предержащим, несмотря на категорическую просьбу Баева прекратить безнадежные и опасные попытки. Но все его старания были тщетны. Из неволи Баева спасла только смерть Сталина. Через полтора года, в сентябре 1954-го, он был реабилитирован, возвратился в Москву, и Энгельгардт взял его на работу в свою лабораторию в Институте биохимии АН СССР им.А.Н.Баха. Там-то я и увидел впервые Александра Александровича, когда в 1955 году нас, студентов кафедры биохимии МГУ, привели в институт на экскурсию. К нам вышел седой человек невысокого роста, лучезарно улыбающийся, очевидно счастливый, и стал с удовольствием объяснять, как устроена центрифуга и почему она — незаменимый инструмент в ремесле биохимика.

«Первое, — вспоминает Баев, — что я сделал по возвращении в лабораторию Энгельгардта, — это завершил те опыты с ресинтезом АТФ в эритроцитах голубя, которые были прерваны так внезапно в 1937 году, а именно провел идентификацию продуктов распада АТФ при выключении дыхания и ресинтеза в аэробных условиях. Откровенно говоря, тогдашние представления позволяли это сделать и без анализа, но я из упрямства хотел завершить то, что должен был выполнить еще в мае-июне 1937 года».

Впрочем, я уверен, что А.А.Баевым двигало не одно лишь упрямство, но также (если не в первую очередь!) благодарность Энгельгардту за поддержку, которую он неизменно чувствовал все жуткие 17 лет. В середине пятидесятых опыты Баева по синтезу АТФ не могли по большому счету добавить что-нибудь к уже сложившейся картине энергетического обмена. Однако они

помогали установить приоритет Энгельгардта как первооткрывателя основного процесса в энергообеспечении организма — окислительного фосфорилирования.

Дело в том, что в 1930 году, опубликовав свою первую работу об окислительном фосфорилировании, Энгельгардт не указал, что продуктом процесса служит АТФ. Он писал о зависящем от дыхания присоединении неорганического фосфата пирофосфатной связью к какому-то соединению. Нелепо упрекать Владимира Александровича в том, что тогда он не сказал слово «АТФ»: это соединение было описано в Германии Ломаном примерно в то же время, когда в Казани Энгельгардт ставил опыты на голубиных эритроцитах. Тем не менее приоритет Энгельгардта мог оспорить Г.Калкар, описавший семь лет спустя окислительный синтез АТФ в совсем другой системе. Понимая всю сложность метаболической карты и неизученность ее деталей в голубиных эритроцитах, Александр Александрович решил восполнить пробел и поставил опыты, которые полностью подтвердили первоначальный вывод: эритроциты действительно образовывали АТФ, если присутствовал кислород. Эта работа помогала упрочить славу Энгельгардта, но в общем-то ничего не давала самому Баеву, пытавшемуся в свои 50 лет взять новый старт в науке. С точки зрения карьеры он, грубо говоря, зря потратил золотое время, но сам он, конечно же, так не считал. Ничто так не отвратительно в человеке, как неблагодарность. Ясно, что Александру Александровичу был совершенно чужд этот порок.



А.А.Баев. Доклад на семинаре 1974 г., Институт молекулярной биологии АН СССР, Москва

Пройдут годы. Из-под пера А.А.Баева выйдут блестящие работы по первичной структуре валиновой тРНК, удостоенные Государственной премии. Он много сделает для становления молекулярной биологии в нашей стране и в мире, возглавит знаменитый проект «Геном человека», станет академиком. И скажет в своей последней, как всегда блестящей, речи на вручении ему Демидовской премии в 1994 году:

«Сейчас, не в самый безмятежный период для нашей Родины, обращение к прошлому своевременно и оправдано многими соображениями. И прежде всего потому, что прошлое — это не только вереница горестных событий, не торжественное и безнаказанное шествие преступников и честолюбцев, но также и деяния героев, проповедников возвышенных идей, светлых умов и носителей высоких добродетелей».

Прочтя книгу воспоминаний о Баеве, со всей ясностью сознаешь, что и сам ее герой принадлежал к этой второй, так точно очерченной им когорте.

Кирилл Берендеев

Как это было

В начале послышалось негромкое поскрипывание, затем внизу что-то стукнуло. Народ, столпившийся на смотровой площадке, ахнул, шум многотысячной толпы проник даже сквозь наглухо закрытые окна. Капитан-командор вздохнул и глянул наружу. Видно было плохо, но причина беспокойства людей ему стала понятна. В дверь постучали.

— Да? — капитан-командор обернулся.

— Все в порядке, ваша милость.

В каюту вошел Казимир Колодный. Капитан взглянул на прославленного астронома. Все еще крепкий старик, хотя уже давно за пятьдесят, небезызвестный на родине, он тем не менее вынужден был оставить ее и отправиться в далекое плавание. Новообразованной Речи Посполитой его труды и заслуги были ни к чему, и если бы не заступничество капитана, то этот прозябающий в нищете астроном и поныне отрабатывал бы свой долг на рудниках.

— До отбытия осталось полчаса. Только что отошла главная мачта.

— Я слышал, благодарю, — с ленцой произнес барон Теофраст Эрих Вильгельм Хейерлинг. Таково было полное имя капитана-командора. — На корабле все в порядке?

— В совершеннейшем, ваша милость. Все уже заняли свои места. Отправимся без задержек и точно в назначенное время.

— Когда в Ватикане пробьет полдень, — добавил капитан. — Жаль, что его святейшество не смог прибыть лично на церемонию прощания. — И он посмотрел вниз.

Кардинал Антоний Бергардийский, в спешном порядке возглавивший церемонию, когда выяснилось, что Папа все же не сможет прибыть, завершал благословение корабля, щедро окропляя его святой водой. Голос его, обычно звучный и удивительно низкий во время соборной службы, здесь, на холмах близ Болоньи, совершенно терялся, и сквозь стены корабля доносилось лишь невнятное бормотание.

— Amen! — вздохнул хор певчих, стоявших позади кардинала.

Подождав минуту, кардинал Антоний медленно, с присущим ему достоинством, опустился на колени в пыльную траву. То же самое на корабле сделали капитан-командор и члены экипажа. Хейерлинг читал молитву про себя. В голове сами собой возникали слова, до боли знакомые, но в этот миг наполненные каким-то иным, неведомым ранее, особым смыслом. Молитва закончилась, но капитан не торопился подниматься с колен. Чистый приятный голос певчего

затянул «Отче наш»; губы капитана зашевелились, повторяя за хором слова, и только последнее «но избави нас от лукавого» он произнес вслух. И медленно поднялся. Его примеру последовал и Казимир. В окно было видно, как кардинал быстро уходит со своей многочисленной свитой к трибунам.

Осталось двадцать минут. Барон сел в мягчайшее кресло; волнуясь и оттого путаясь, Колодный пристегнул его страховочными ремнями из сыромятной кожи. Капитан некоторое время усаживался поудобнее, наконец дал знать навигатору, что тот может быть свободным.

Казимир поспешно вышел в коридор, притворив за собою дверь, а барон еще слышал, как, спускаясь вниз по узким ступеням в пассажирский отсек корабля, тот шаркает сапогами, в подошвы которых вставлены магнитные пластины. Послышалось глухое бормотание и недовольный голос главного пассажира на борту «Св. Марии Магдалины» — представителя Святой Инквизиции Иоанна (или Джованни на итальянском наречии) Донелли. Сей знаменитый на всю Италию инквизитор, проведший немало громких дел, никак не мог угнездиться в тесном для его крупной фигуры кресле. Ну а второе по значению лицо на корабле — представитель недавно образованного, но уже снискавшего благожелательность Ватикана и хвалебных слов самого Папы «Общества Иисуса» — брат Иосиф, или Джузеппе Челесте, упаковывание перенесло достойно. Сказывалось иезуитское воспитание: ко всякого рода лишениям было не привыкать.

Когда шум внизу утих, Хейерлинг вызвал двигательный отсек, дунув в свисток переговорной трубки. После короткого молчания снизу послышался ответный свист и затем человеческая речь:

— Слушаю, ваша милость.

Затычку снял сам создатель корабля, московит из Новгорода Великого, немало лет назад бежавший в Польшу, Иван Лухманов.

— Какова готовность к старту? — спросил барон, невольно хмурясь.

— Кочегары прогревают двигатели. Скоро отчалим.

Неприятно, когда на корабле вместо капитана всеми делами управляет какой-то перебежчик из страны варваров. Да еще... Барон сдержался и сквозь зубы пробормотал:

— Доложите о полной готовности.

— Конечно, ваша милость.

Примерно минуту спустя Иван рявкнул так, что голос его был слышен по всему кораблю сверху донизу:

— Ключ на старт! — И тут же барону: — Началось, ваша милость. Теперь молите Бога, чтобы все прошло с Его помощью.

— Запускайте, — ответствовал барон.

— Ключ на дренаж!

Корабль снова вздрогнул. Начала отходить последняя ферма, поддерживающая его. Внизу послышался мощный гул, он усиливался с каждым мгновением.

— Зажигание!

Гул перешел в рев, отдаваясь болью в ушах. «Св. Мария Магдалина» сотряслась, задрожала, готовая стартовать в любую минуту.

— Предварительная!.. Промежуточная!.. Главная!

Страшно взревели двигатели, изрыгая из дюз феерические лепестки пламени и окутывая корабль тяжелой пеленой дыма. Казалось, сама земля задрожала. И «Св. Мария Магдалина» устремилась ввысь...

Перегрузки тяжелой дланью приковали барона к креслу. Невозможно было шевельнуть ни рукой, ни головой, трудно было даже говорить. «И все из-за этого проклятого самоучки!» — мрачно подумал Хейерлинг. Правда, Лухманов предупреждал барона, что ощущения тяжести и непривычной легкости будут попеременно сменять друг друга, подобно тому, как это бывает на морском корабле в качку. Но почему он не сказал, что эти ощущения будут столь сильны?.. Мысли путались, лениво ворочаясь в голове. Барона утешало лишь то, что и московиту сейчас приходится испытывать то же.

Резкий рывок, затем короткая передышка и хриплый голос, с шумом и придыханием произносивший слова. Да, не узнаешь прежнего задорного лухмановского говора: «Первая ступень отошла» — и снова тяжким бременем ложится на плечи перегрузка. Барон подумал, что кочегарам первой ступени повезло: отработали свое и сейчас медленно опускаются , а приземлятся где-нибудь в Австрии или Венгрии.

В Московии в конце прошлого, шестнадцатого, века назревала смута, смерть грозного царя вызвала беспорядки и раздоры во всем государстве. Многие тогда бежали прочь, спешно меняя веру, припадая к стопам новых властителей и ища у них поддержки и защиты. Лухманов не стал исключением. Московит этот происходил из знатного рода, возвысившегося при Иване III Васильевиче и его сыне Василии III и низвергнутого следующим государем Всея Руси, царем Московским Иваном IV.

Прадед Лухманова участвовал в создании Судебника, имел поручительство Ивана Темного на государственные и приватные беседы с послами иноземными, «кои много полезны для Руси будут». И потомок его, помня об успехах далекого своего предка, немало сил и старания приложил для того, чтобы превзойти западную ученость, коли и не на пользу Руси, так для собственной выгоды. Владел он разными языками, например немецким, который перенял от купцов да толмачей Лютеровых, и латинским. Этим последним он овладел сам, начиная понемногу от «Грамматики» Доната и перейдя постепенно к трудам древних и нынешних почитаемых философов. И вот так получилось, что попала в его руки книга Николая Коперника «Об обращении небесных сфер» — книга, проклятая Лютером, но еще активно обсуждавшаяся в землях Польши, Ливонии, Австрии и проникшая даже в тогдашнюю глухую Московию. С Коперника-то, с его гелиоцентрической системы построения мира, да и со смуты в землях московских и закрутились события, предшествовавшие достославному отправлению корабля «Св. Мария Магдалина» в дальнее, трудное и долгое путешествие.

Но придется вернуться еще раз немного назад. Менее тридцати лет прошло с того дня, как на престол Священной Римской империи взошел молодой император Рудольф II Габс-

бург, человек импульсивный, слабовольный, отдающий предпочтение искусствам, нежели делам государственным. Лишь двум людям из своей изрядной свиты он соглашался доверять и лишь их двоих выслушивал со вниманием: то были шут его отца Максимилиана II Антон Броуза и барон Хейерлинг, человек не по годам способный и в интригах опытный. Именно он, барон, помог своему императору заручиться поддержкой Папы в борьбе с братом Рудольфа Матфеем, который вознамерился забрать престол в свои руки. И именно он, барон, организовал в Речи Посполитой — не без давления со стороны Ватикана — хитроумную шпионскую сеть, за всеми беглецами из Московии следящую. Таким вот образом люди барона и вышли на Лухманова, втихомолку занимавшегося построением грандиозных планов, а в глазах соседей — всякой бесовщиной.

Лухманова тотчас схватили, бумаги и чертежи его привезли к Хейерлингу, находившемуся тогда в Кракове. Барон взглянул на записи и остолбенел. Опальный боярин не был ни колдуном, ни смутьяном, ни уж тем более безумцем. Его поразительная идея о плавании в небесных сферах, основанная на трактате Коперника, опиралась на веские доказательства. И, оставив до поры до времени Лухманова в каменном мешке, барон спешно отправился в Прагу к Иоганну Кеплеру, который был нередким гостем и у самого императора.

Мнение видного ученого барон ценил без меры. И сказать, что ученый был поражен, — значит не сказать ничего. С заметным беспокойством на лице Кеплер пытался отыскать ошибки, во второй и третий раз перелистывая лухмановские бумаги, и не находил их. А затем... Через папского наместника в Праге история эта докатилась до Ватикана, и удивительно быстро. Причем исключительно та ее часть, в коей говорилось (со слов самого Кеплера, однако, неизвестно, утверждавшего нечто подобное или же просто предположившего такую возможность), будто Луна, та самая, что заключена в первую небесную сферу, — благодатный источник серебра. Да-да, будто бы аргентума на ней, Луне, — что грязи. Бери не хочу, лишь осени себя и духов, ее населяющих, крестным знамением. А главное — по расчетам того самого московита, добираться до нее меньше недели. Много быстрее, чем через бушующую без повода Атлантику в далекую Боливию, чьи серебряные рудники совершенно не удовлетворяли запросов римской курии.

Медлить Папа не стал. За десять лет до истечения века близ Болоньи начал строиться невиданный корабль — как раз там, где состоялся памятный многим вселенский собор, утвердивший положения всеобщей, нерушимой, неизменной религии. Денег на это благое дело не жалели. Все, что вывозилось из Вест-Индии, шло на постройку стартовой площадки и корабля по проекту самоучки Ивана Лухманова. Да уж, если Папа воодушевлялся какой-то идеей, то — вынь да положь — она должна быть осуществлена.

Сам Лухманов вскорости принял католичество. После такого поступка ему открыли все двери и все кубышки. Стройка продолжилась с новой силой. За каких-то девять лет все было подготовлено — и стартовый комплекс, и сам небесный странник. Первый испытательный полет, беспилотный, разумеется, прошел как нельзя успешно: корабль взмыл ввысь и скрылся в облаках. По слухам, приземление его произошло неподалеку от намеченной точки — где-то на севере Скандинавии. Спускаемый аппарат сел в целости и сохранности, но был частично разворован местными жителями задолго до прибытия папского нунция. И после этого встал вопрос о финансировании первой экспедиции на Луну.

Барона Хейерлинга, как первого из покровителей Лухманова, а главное, как человека знатного, образованного и умеющего повелевать низшими и не гневить равных себе, сделали капитан-командором корабля. Рудольф II поспорил, но был вынужден уступить натиску Папы, который лично подобрал в экспедицию самого уважаемого и решительного инквизитора — так, на всякий случай. На этого человека, брата Иосифа, возлагалась ответственность за воздвижение Креста Господня на Луне и освящение оной.

— Вторая ступень отошла, — донесся голос Ивана.

Корабль освободился от балласта, включавшего в себя железную цистерну огромных размеров и людской отсек с двумя кочегарами. Они приземлятся, видимо, где-то на севере Ливонии. Потом их вернут в Болонью и отблагодарят как следует. А пока им предстоят раскрытие парашюта, и долгий полет вниз, и, милостью Божьей, посадка.

Остальных же продолжала мучить перегрузка. Сколько же она продлится? Барон взглянул на малую носильную свечу, одну из тех, коими на корабле отсчитывалось время. Она была зажжена за мгновение перед стартом и успела прогореть лишь до первой красной отметки. Значит, сейчас половина первого. Не может быть! Всего лишь?.. Хейерлинг забормотал молитву, но не успел ее закончить из-за страшной тяжести во всем теле. И вот когда барон совсем пал духом, «Св. Марию Магдалину» резко тряхнуло, да так, что показалось, будто она сейчас разлетится на куски. Но донесшийся до барона голос сообщил: «Третья ступень отошла».

И в этот миг перегрузки кончились. Барон почувствовал, как резко ушел из-под ног пол корабля, а кровь ударила в голову, и в ушах зазвенело. Он стал выпутываться из сыромятных ремней. Одно неосторожное движение — и барон вылетел из кресла, упал и стукнулся об пол. Трудно сказать, сколь долго он пребывал бы в таком состоянии, если бы на помощь вовремя не подоспел Колодный. Казимир ловко придал барону вертикальное положение. Постепенно в ушах перестало звенеть, сердце забилось ровнее; Хейерлинг вздохнул с облегчением и обернулся, дабы поблагодарить навигатора, подоспевшего на шум и чертыханья капитана, но тот уже успел скрыться, полностью погруженный в расчеты дальнейшей траектории движения корабля.

— Корабль выведен на орбиту.

Неуклюже ступая ногами, Хейерлинг подошел к окну. Взглянул и замер. «Господи!» — невольно вырвалось у него. Более он не мог произнести ни слова — столь поразило его увиденное за окном.

В этот момент оконный ряд корабля «Св. Мария Магдалина» был сориентирован в пространстве так, что глядевший в окно барон увидел перед собой Землю на фоне бархата ночного покрывала, усеянного бесчисленными бусинами звезд. Хрупкий голубой шар в разводах белых облаков, из-за которых проглядывали разноцветные участки суши и воды. Этот шар походил на переливающийся в лучах солнца бриллиант, окаймленный тонким прозрачным ореолом. Барон долго вглядывался в него, упиваясь его красотой.

Шар Земли висел совсем рядом — кажется, протяни руку и дотронешься до него. А звезды! Самые неприметные бисеринки светятся так, будто находятся совсем рядом. А у самого края окна тускло серебрится Луна. Хейерлинг сбросил с себя оцепенение и обернулся. Секунду помедлив, он вытащил из ящичка карту мира и расстелил ее. Корабль медленно вращался, вращалась и Земля. Еще минуту назад сквозь атмосферные вихри была видна Африка, а теперь уже показалась Османская империя, Черное море, Крым. И вот уже «Св. Мария Магдалина» плыла по территории Великого княжества Московского.

Бросая взгляд то на уходящую в пол Землю, то на расстеленную в воздухе карту, барон восторгался: «Врут ведь пер-

вопроходцы! Совсем не знают, какая Земля. Совсем не похожа! Европа еще куда ни шло, но Сибирь! И куда они смотрели, когда новые края отображали? Вот тут озер столько, аж в глазах рябит, а ни одно не отмечено!»

Земля ушла из виду, остались только звезды и Луна. Каюту залило сияние Солнца. Хейерлинг решил спуститься по узкой винтовой лестнице в пассажирский отсек и нос к носу столкнулся с поспешно выходившим из каюты братом Иосифом.

— Как хорошо! — обрадовался миссионер и безо всяких переходов заговорил: — Сколь же изумительно прекрасно творение Господа нашего, сколь великолепно, сколь восхитительно! Мое сердце не перестает поражаться красотою, а мои губы — шептать благодарственные молитвы Творцу. Нам дарована несказанная возможность прикоснуться к благолепию сущего, лицезреть тайны мироздания, что открываются нам по милости Господа нашего, ибо сказано: «Блажен человек, который снискал мудрость, и человек, который приобрел разум».

— Вам сейчас завидуют, святой отец, — заметил барон.

— Воистину, вы правы. Немногие, увы, удостоены были возможности зреть нашу родную планету в ее истинном облике.

— Надеюсь, нам дано будет изучить истинную гармонию мироздания.

— Ежели сможет постигнуть ее наш жалкий разум, — ответствовал отец Иосиф.

— Что будет дано. Заодно и убедимся, сколь прав был Коперник, пожелавший заставить Землю вращаться вокруг светила. Кстати, святой отец, давно, еще юношей, я слышал в Вышеграде разговор повара и зеленщика, споривших о строении мира.

— Вот как? — изумился миссионер. — Простецы стали столь умны, что говорят о горних материях?

— Чему же удивляться? — усмехнулся барон. — И в Константинополе, в бытность его столицей христианской Византии, немало веков назад, чернь так же вела диспуты о возможности непорочного зачатия Девы Марии.

Брат Иосиф невольно махнул рукой. Но тут же заметил:

— Мы несколько отвлеклись от темы, сын мой. Что же говорили повар и зеленщик?

— Зеленщик, — продолжил барон, — утверждал законы Птолемеевы, приводя доводы философские и богословские, а повар же, напротив, более молчал и слушал, но, когда пришла и ему очередь говорить, произнес лишь: «В кои-то веки наши ученые мужи уразумели, что негоже жаровню вращать вокруг вертела».

Из двигательного отсека к ним подошел московит-изобретатель. Глаза его сияли, выражая непередаваемый восторг от увиденного.

— Ваша милость, — произнес он, прерывая беседу капитан-командора с миссионером, — картографы сидят за работой, заканчивают наносить новые земли на старые карты. — Он усмехнулся. — Надеюсь, за три оборота они успеют.

— А потом — на Луну? — спросил брат Иосиф.

— На орбиту Луны, — поправил его московит. — Сперва надо найти место для посадки, а затем...

Его слушали со вниманием, хотя мысли многих подошедших сюда монахов были заняты совсем другим. Барон с удивлением и признательностью смотрел на Лухманова, сумевшего сотворить это чудо и доставить их сюда, на орбиту Земли. Но их путешествие еще только начиналось — они отправятся дальше, к Луне. Чем она встретит их?

— Иван, — неожиданно для себя произнес Хейерлинг, — я перед тобой в неоплатном долгу. Вернемся — проси, что хочешь.

— А что мне надо? — усмехнулся в ответ Лухманов. — Покой да немного свободного времени и денег для продолжения работ.

— Что хочешь, — повторил барон.

В этот миг наступила ночь. Кто-то попросил зажечь свечу. Помещение залил бледный свет, и через некоторое время пришлось открыть окно, за которым слышался лишь легкий шум разрезаемого кораблем эфира. Лухманов долго вслушивался в этот протяжный звук, хотел что-то сказать, но так и не решился. В это время, грохоча по лестнице сапогами, в отсек вернулся инквизитор Донелли.

— Невероятно, — пробормотал он, грузно усаживаясь в кресло. — Кто бы мог подумать? Неужели Коперник был прав?

— Почему бы и нет? — ответствовал барон. — Чтобы понять устройство мира, вовсе не обязательно подниматься на небеса. — И усмехнулся собственной шутке.

Но инквизитор его не слушал.

— Звезды кажутся такими близкими, будто совсем рядом. А Луна? Иван, ты говорил, что до нее лететь невесть сколько, я не помню точно. Но мне кажется, что она гораздо ближе. Неужели и вправду нас от нее отделяют сотни тысяч миль пространства? Честное слово, поверить этому я не в силах. И откуда ты узнал об этом, как смог догадаться, постигнуть? Я не могу этого понять.

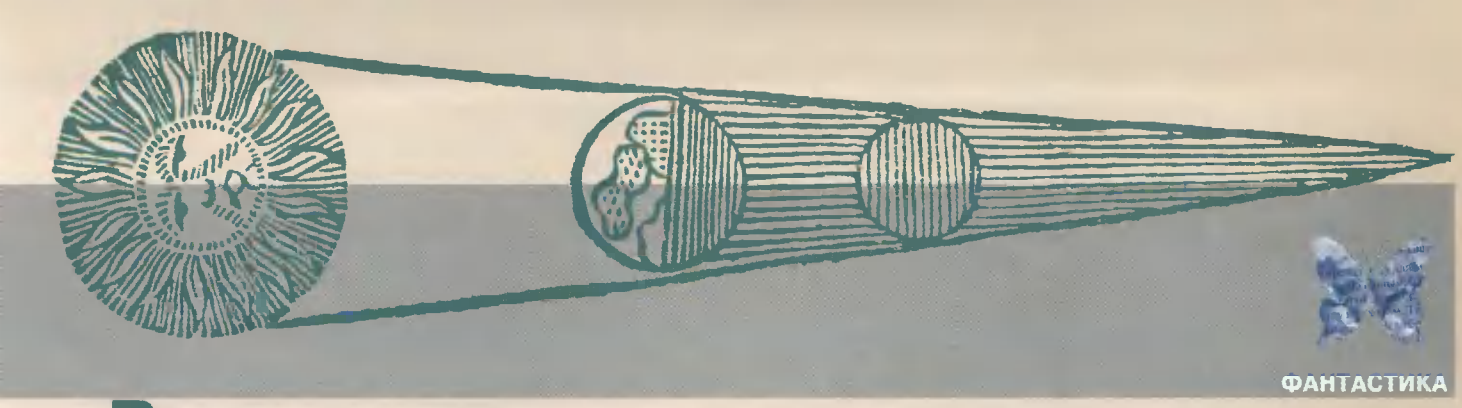
— Если вас интересует точное расстояние, то до Луны нам лететь триста восемьдесят тысяч верст. — Лухманов перевел версты в мили, чтобы было понятно и остальным. Огромное число несколько сократилось, но не перестало быть пугающим. — До Луны мы будем добираться примерно четыре дня. Еще день уйдет на поиск места посадки, потом — наше пребывание там и еще четыре дня — на возвращение. Запасов еды и воды должно хватить с избытком.

В гробовом молчании послышался лишь голос Донелли:

— Надо же, как сильно ошибался Птолемей! Великий ученый, я столь уважал его, и вдруг — такой поворот. Просто не могу поверить.

— Каждому свойственно заблуждаться, — примирительно произнес брат Иосиф. — Кто из нас без греха?

Инквизитор промолчал. В том же молчании встретили наступивший день, который наступил через час после предыдущего заката. По прошествии трех таких дней и ночей включилась четвертая ступень «Св. Марии Магдалины», и корабль поспешил прочь от голубого шара.



Вращение корабля немного ускорилось. Видимо, так и было запланировано, раз уж сам изобретатель не обратил на это никакого внимания. Остальные тоже предпочли не паниковать заранее, хотя смотреть на беспрерывное движение звезд в окне оказалось не слишком приятно. Только кочегарам в двигательном отсеке, лишенном окон, было все равно.

Ужин прошел спокойно. Монахи и Донелли негромко совещались относительно проведения миссии и освящения целой планеты взятыми на борт запасами святой воды. Иван, сидевший с ними за одним столом подле капитан-командора, почти все время молчал, лишь изредка односложно отвечая на вопросы. Его молчание прервал стеклянный звон, буквально пронзивший корабль. «Св. Мария Магдалина» слегка дрогнула, но продолжила движение вперед. Более ничего не случилось, двигатели ровно работали, и их тихий, но ощутимо мощный гул едва доходил до пассажирского отсека.

— Что это было? — взволнованно спросил барон, оглядывая побледневших монахов. И обратился к изобретателю: — Ты ничего не говорил об этом.

— Что-то разбилось, должно быть, — проговорил Донелли, прислушиваясь. — Что это, Иван?

Лухманов долго молчал, прежде чем ответить.

— Не могу сейчас с уверенностью сказать. Возможно, какой-то феномен космоса. А может, столкновение с каким-нибудь космическим телом.

— Из стекла? — язвительно спросил инквизитор.

— Не исключено. В космосе всего можно ожидать. А может, нам просто показалось, что оно из стекла. Я не исключаю, что это — очень малое тело, которое и разбилось об обшивку корабля при ударе... «Хорошо, что все обошлось и корабль не поврежден», — добавил Иван уже про себя.

Под утро, когда команда еще спала, почудился новый удар и новый звон. Проснувшийся барон потребовал объяснений у московита-самоучки, но вместо этого получил достаточно путаные спросонья научно-философские экзерсисы. Однако утром Лухманов попытался объяснить происходившие время от времени удары и звоны некой неполадкой маршевых двигателей и заверил, что разберется и все устранит. Тем не менее инквизитор, обладавший незаурядным чутьем, заметил, что московит прячет при этом глаза и на каверзные вопросы Донелли отвечает лишь в общих чертах. Значит, сам толком не знает причину, удовлетворенно подумал инквизитор, занося это себе в плюс; будет чем охолонуть зарвавшегося самоучку!

В целом же день прошел спокойно. Лухманов приободрился. За завтраком он объяснил, каким образом пассажирский отсек отделится от корабля, как и где сядет, как сможет вновь взлететь, наполненный собранным серебром, и пристыкуется обратно к «Св. Марии Магдалине». И тут чудовищной силы толчок прервал его слова.

Сидевших за столом отбросило в угол и затем метнуло на пол. Блюда совершили то же путешествие и теперь в беспорядке были разбросаны по всему отсеку. Двигатели «Св. Марии Магдалины» надсадно взревели и заглохли.

— Что это? Что случилось? — доносились со всех сторон беспокойные голоса.

Однако ничего ужасного более не произошло. Минуты паники сменились минутами напряженного молчания. Монахи собрали разбитую посуду, остатки пищи и теперь столпились у окна. Молчание нарушил Донелли. Он истерично расхохотался, указуя на Лухманова.

— Недоучка, — воскликнул он, — самозванец, невежа! Свалился на нашу голову. Тоже мне, поборник новых истинных веяний великого Коперника! Иди сюда, олух, и смотри, пока можешь.

Донелли с силой ткнул пальцем в стекло. За окном был виден край звезды, причем ее размеры оказались просто невообразимыми — куда больше любого города. И спасибо еще, что эта звезда находилась на порядочном удалении от корабля.

— Тупица! — вновь рявкнул инквизитор. — Кругом сплошные тупицы!.. Ты можешь мне сказать, что это?

— Что? — спросил Лухманов, побледнев до синевы.

— Жаль, нет здесь с нами твоего Коперника, не вовремя он умер! — И далее, четко выговаривая каждое слово, Донелли произнес: — То, во что мы сейчас врезались, есть сфера Венеры, третья сфера, а вот это — блуждающая звезда собственной персоной. Хочу, чтобы тебе стало ясно: прочие сферы, тем более сферу Луны, мы проскочили гораздо раньше — помнишь тот хрустальный звон?.. Так что, грамотей, разворачивай корабль и отправляйся назад, но учти, что в Ватикан будет доложено обо всем! — И, вдохнув новую порцию воздуха, инквизитор добавил: — Вот только непонятно, кто будет чинить изуродованные тобой сферы?

Post scriptum

Следует упомянуть о последствиях достопамятной экспедиции.

Серебра на Луне, разумеется, найдено не было, и разработку рудников в Боливии пришлось продолжить, дабы оправдать пущенные на ветер деньги. Кардинал Антоний Бергардийский был вынужден наложить на себя епитимью и удалился в глухой монастырь на Лазурном берегу, в княжестве Монако. Что же до членов экипажа, включая и самого капитан-командора, то следы их теряются сразу же по приземлении «Св. Марии Магдалины». Иоганн Кеплер, узнав о злоключениях экипажа, незамедлительно выехал из Праги и затерялся где-то среди германских княжеств, что, впрочем, не помешало ему продолжить космогонические изыскания. Рудольф II, лишившийся своего верного советника барона, безвольно уступал вотчины брату Матфею и постепенно сошел с ума, полностью погрузившись в живопись. А папская булла, запрещающая книгу Коперника «вплоть до исправления», появилась только в 1616 году, когда были уничтожены все следы стартовой площадки и корабля, подчищены документы и сожжены все еретики.

ДАлХИМ **STREM**

Эксклюзивный агент Strem Chemicals (USA) в России

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

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

**Приведенные примеры не ограничивают список классов и соединений*

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

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

Российская академия наук,
Химический факультет МГУ,
Научно-консалтинговое предприятие «Контакт-Сервис»
и Компания «АСИНЭКС»

приглашают вас принять участие в работе

1-й Всероссийской конференции по химии гетероциклов,

посвященной 85-летию со дня рождения А.Н.Коста

Программа конференции включает пленарные и устные доклады, стендовую сессию, а также выставку фирм, специализирующихся на тонком органическом синтезе и поставляющих химическую продукцию, реактивы, лабораторное оборудование, измерительные приборы

Время проведения
19—23 сентября 2000 года
Место проведения:
Туристский центр в Суздале

Контактный телефон (095)483-39-41,
факс (095)576-01-55
e-mail: maricont@glasnet.ru
losev@chemrar.ru
web: www.chemrar.ru
www.chemdiv.com

С 19 по 21 сентября 2000 года
в Центре Молекулярной Медицины
состоится Международное совещание

«Сигнальные нейропептиды и конформация макромолекул»,

посвященное 100-летию открытия карнозина

В рамках совещания отечественные и иностранные ученые прочтут 28 лекций по проблемам метаболизма

Совещание состоится по адресу: 119899 Москва, Воробьевы горы,
Центр Молекулярной Медицины, корпус Б, 2-й этаж, конференц-зал (ауд.226)
Телефон (095)939-43-39, ответственный секретарь Клюева Юлия Александровна

ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

МАГАЗИНЫ И ВЫСТАВОЧНЫЕ ЗАЛЫ

ГАРАЖИ И АНГАРЫ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЦЕХА, ОБЪЕКТЫ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Наивысшая износостойкость, устойчивость к химикатам, растворителям, различным видам топлива и смазок, горячей воде.

Высокие декоративные свойства и исключительная долговечность.

Полное соответствие санитарно-гигиеническим требованиям.

Антистатичность.

Эластичность и прекрасная адгезия ко всем видам оснований.

Простота нанесения.

NMG

Производитель: «НОРД МАСТЕРС ГРУПП»
Телефоны: (095) 956-2766 (многоканальный)
Телефон/Факс: (095) 913-9305, www: nmg.com.ru

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Пленка — индикатор микробов

Канадские ученые из компании «Токсин Алерт» (Торонто) разработали упаковочную пленку для продуктов, которая меняет цвет, если пища испорчена.

Упаковочный материал состоит из нескольких слоев. На стандартную полиэтиленовую пленку наносят покрытие, содержащее антитела — белки, способные распознавать определенный вид микроорганизмов. Покрытие, изначально невидимое, выполнено на пленке в виде рисунка, например большой буквы X, предупреждающей о непригодности продукта. Поверх этого слоя нанесен еще один — с питательным гелем, который содержит антитела, связанные с красителем. И наконец, все это покрыто проницаемым для микробов пористым слоем, соприкасающимся с пищей.

Когда микроб проходит через пористый слой и попадает в гель, антитела, связанные с красителем, «прицепляются» к нему. Пойманный и окрашенный микроорганизм диффундирует к внутреннему слою антител, жестко закрепленному на поверхности полиэтиленовой пленки. Когда микробов с окрашенными антителами много, буква X становится видимой и предупреждает потребителя о непригодности продукта. Пока что упаковочная пленка чувствительна к сальмонеллам, кампилобактеру, кишечной палочке и листериям. Ученые уверяют, что вполне возможно сделать пленку, которая будет реагировать на пестициды или белки генетически модифицированных продуктов.

По мнению вице-президента компании «Токсин Алерт» Горда Фезера, новую упаковочную пленку можно использовать в пищевой промышленности, розничной торговле и дома. Представители компании утверждают, что стоимость ее окажется не намного выше обычной (агентство «New Scientist», март, 2000).

Однако некоторые ученые полагают, что эта пленка не настолько чувствительна, чтобы обнаружить небольшие количества микроорганизмов, которые тем не менее могут быть опасны для здоровья. Микробиолог Майк Дойль, директор Центра улучшения безопасности и качества пищевых продуктов при Университете Джорджии, считает, что эта упаковка внушит людям ложное чувство безопасности. Изготовители пленки, признавая, что упаковка не может определить низкое содержание бактерий, уверены, что она будет эффективна в предотвращении массовых пищевых отравлений и тяжелых случаев, которые могут привести к смертельному исходу.

Е.Лозовская

Пишут, что...

...химический анализ изотопа бория-267, проведенный в Швейцарии, подтвердил, что этот трансурановый элемент под номером 107 относится к VII группе Периодической системы («CERN Courier», 2000, № 1, с.9)...

...ядро ^{16}O можно рассматривать как кластер, состоящий из четырех альфа-частиц («Ядерная физика», 2000, № 3, с.409)...

...американская биотехнологическая компания «Celera Genomics» объявила, что уже расшифровала 90% генома человека («Nature Biotechnology», 2000, № 2, с.133)...

...когда станут известны геномы многих организмов, разрыв между количеством добытой информации и уровнем ее осмысления достигнет угрожающего размера и неизбежно появится вопрос: «Ну и что?» («Вестник РАН», 2000, № 3, с.271)...

...по оценкам, скорость роста числа пользователей сети Интернет в 3,5 раза превышает скорость, с которой росла аудитория телевидения в период его становления («Журнал аналитической химии», 2000, № 1, с.12)...

...минимальное количество кислорода в воде, необходимое для дыхания рыб, составляет 4—6 мг/л («Заводская лаборатория», 2000, № 1, с.12)...

...в России создан самый мощный в мире МГД-генератор, работающий на твердом пороховом топливе («Доклады Академии наук», 2000, т.370, с.617)...

...наибольшую опасность для окружающей среды представляют долгоживущие ядра ^{37}Cs и ^{90}Sr, а также изотопы плутония («Сибирский экологический журнал», 2000, № 1, с.31)...

...до сих пор нет четкого ответа на вопрос, для чего существует и какое адаптивное значение имеет биологический пол («Известия АН, серия Биологическая», 2000, № 2, с.133)...

Пишут, что...

...нарастание числа и масштабов природных катастроф можно ожидать в первом десятилетии XXI века и в конце его первой четверти, а самый пик придется на последнюю четверть («Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях», 2000, № 1, с.9)...

...понимание того, что простые динамические системы способны демонстрировать хаотическое поведение, — одно из самых ярких достижений науки конца XX века («Радиотехника и электроника», 2000, № 2, с.19)...

...около 60% всей рабочей силы США имеет высшее или незаконченное высшее образование («США и Канада: экономика, политика, культура», 2000, № 1, с.81)...

...за время существования нашей Галактики в ней произошло около 100 млн. взрывов сверхновых («Nature», 2000, т.403, с.727)...

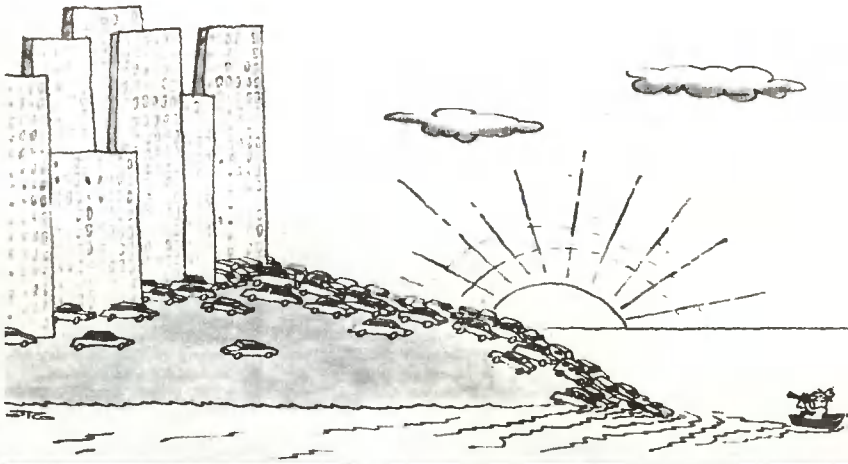
...на протяжении всей геологической истории Земли океан служил для атмосферы источником углекислого газа, но теперь из-за хозяйственной деятельности человека океан больше поглощает его, чем выделяет («Геохимия», 2000, № 3, с.352)...

...в России ежегодно заражаются паразитарными болезнями, прежде всего гельминтозом, около 20 млн. человек («Медицинская паразитология», 2000, № 1, с.3)...

...физической реализации квантового компьютера пока не существует, но теоретически он возможен («Кибернетика и системный анализ», 2000, № 1, с.29)...

...по мнению академика В.Л.Гинзбурга, вероятность создания в ближайшие 20 лет единой, всеохватывающей физической теории не превышает 1% («Природа», 2000, № 3, с.4)...

...главное, что отличает счастливого человека, — это оптимизм, целеустремленность и уверенность в себе («Психологический журнал», 2000, № 2, с.48)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Генетика против тараканов

Таракан — самое распространенное «домашнее животное» не только у нас, но и в Америке. Обилие тараканов в Нью-Йорке поражает даже наших сограждан, закаленных в борьбе с этими милыми созданиями. Теперь на тропу войны встали ученые-генетики.

Исследователи из Корнелльского университета выделили из генома таракана-прусака ген, отвечающий за его размножение, и полагают, что с его помощью можно создать новое противотараканье средство.

«Мы применяем в борьбе с тараканами тонны пестицидов каждый год, — говорит Джефри Скотт, профессор энтомологии, — но насекомых становится все больше. Нам нужен эффективный препарат для контроля их численности, нетоксичный для людей и других животных».

Дж.Скотт со своим сотрудником изучили семейство генов P450. Эти гены есть у всех живых организмов — от бактерий до растений и человека, но роль их не совсем понятна. Ученые клонировали гены P450 из генома таракана-прусака и наблюдали, на какой стадии развития и в какой части организма таракана эти гены экспрессируются, то есть начинают работать. Оказалось, что один ген из семейства под названием CYP6L1 экспрессируется только в семенниках взрослых самцов. «Этот ген оказался специфическим для половой системы самцов, — поясняет профессор Скотт. — Мы пока не знаем, какой именно гормон регулируется этим геном, но, по-видимому, он играет ключевую роль в размножении. Если мы выключим этот ген, то насекомые не смогут размножаться» (агентство «Newswise», апрель, 2000).

Ученые предполагают выяснить, какой именно белок кодируется геном CYP6L1, химически получить вещество, нарушающее структуру этого белка, и на его основе сделать инсектицид. Задача эта сложная, поскольку геном таракана не так хорошо изучен, как, скажем, геном дрозофилы — классического объекта исследований в науке.

Хорошо хоть проблем с экспериментальными животными не будет. Дж.Скотт и его сотрудник говорят, что, когда им нужны тараканы для экспериментов, они просто идут в старые корпуса Корнелльского студенческого общежития.

Н.Маркина

А.И.СУЧКОВОЙ, Калуга: *Эффективность поглотителя запаха, содержащего активированный уголь, можно восстановить, поместив коробочку в теплое место (на батарею или яркое солнце) на 12—18 часов.*

Ю.М.МАЛАХОВОЙ, Челябинск: *Все бытовые чистящие порошки содержат абразивы, поэтому, хотя на баночке и написано «для чистки раковин», чистить им можно только фаянсовую и чугунную (с эмалевым покрытием) сантехнику, но не металлическую раковину для кухни — для нее необходимо купить жидкое моющее средство.*

Н.Н.ТИТОВУ, Воронеж: *Настоящий мед кристаллизуется даже быстрее, чем поддельный; медленнее других засахариваются акациевый, вересковый и шалфейный мед.*

Е.В.ПЕТРОВОЙ, Москва: *Если ворс на шерстяной кофте свалялся, попробуйте замочить ее на несколько часов в таком растворе: 3 столовые ложки нашатырного спирта, одна столовая ложка скипидара и 2 столовые ложки водки на 10 л воды.*

МАРИНЕ ОЛЕНИНОЙ, Санкт-Петербург: *«Одолень-трава» из сказок — это вовсе не девясил, а белая кувшинка; в отличие от девясила, никаких лекарственных свойств у кувшинки не обнаружено, зато диапазон магического применения был в свое время необычайно широк — от удачи в торговле и любви до лечения зубной боли.*

О.А.ГРОМОВУ, Ижевск: *К сожалению, вы не указали, где завелся паутинный клещ, в квартире на комнатных растениях или на садовом участке; если в квартире, то лучше хлорофоса пока ничего не придумали, если на участке, то можно попробовать коллоидную серу; в любом случае через неделю обработку необходимо повторить.*

М.Б.ВАСИЛЕВСКОМУ, Саратов: *Утиные яйца не поступают в продажу и не используются в пищевой промышленности потому, что в яйцах водоплавающей птицы чаще встречаются возбудители сальмонеллеза; если вы собрались есть эти яйца, то прокипятите их по крайней мере 15 минут.*

Г.Н.ФИЛИППОВОЙ, п.Орджоникидзевский, Карачаево-Черкессия: *Спасибо за возвращенный экземпляр; вот ведь как бывает — то ни одного номера «Химии и жизни», то два одинаковых.*

ИнформНаука

Лекарства не только лечат, но и калечат — зубы

Ген Ватсон, директор Центра дисфункции слюны из Рочестера (США), оставил успешную карьеру практикующего стоматолога и занялся здоровьем полости рта. Вместе с коллегами он проводил исследования на крысах, изучая влияние некоторых лекарств на проявления кариеса и слюноотделение. Оказалось, что такие лекарства, как атропин, пропранолол и клонидин, портят зубы грызунам.

Все дело — в слюне, которая должна предохранять зубы от кариеса. «Она вымывает сахар и другие вещества, которые способствуют развитию кариеса, и нейтрализует кислоту во рту. Кроме того, слюна обогашена кальцием и фосфатом и может залечивать поврежденный верхний слой зуба», — говорит доктор Ватсон. Перечисленные лекарственные препараты воздействуют на слюну, снижая ее целебные свойства. Например, пропранолол, который обычно используют для лечения сердечников, изменяет состав слюны и делает ее менее эффективной в борьбе с бактериями, а атропин уменьшает ее поток. Подобно атропину ведут себя антигистаминные препараты, такие как бенадрил, антидепрессанты типа элавила, авентила и детрола. В результате приема этих лекарств пациент ощущает сухость во рту, начинает пить много жидкости, зачастую соки или колу, содержащие сахар или кислоту, и еще больше вредит зубам.

Доктор Ватсон призывает пациентов тщательно чистить зубы, использовать для полоскания рта гели и жидкости с фтором и показываться раз в полгода стоматологу, а в некоторых случаях необходимо перейти к другим лекарственным препаратам, изменить дозу или придерживаться диеты, предварительно посоветовавшись с врачом.

АВТОБАНК
осваивается в отечественной промышленности

Наша российская промышленность, в том числе и химическая, потихоньку встает на ноги. Во всяком случае, об этом нам рассказывают высокие правительственные чиновники, называя проценты роста производства в последнее время. Но есть и более надежные и показательные симптомы — взаимоотношения банкиров и промышленников. Если финансовые структуры вкладывают деньги в промышленные предприятия, то это, безусловно, говорит о том, что промышленность вошла в стадию устойчивого развития. Ведь банк по определению не может рисковать деньгами, инвестируя ненадежное и неперспективное дело.

Мы рады сообщить, что россий-ские банкиры действительно всерьез заинтересовалась отечественной промышленностью. И пример тому — Автобанк, который в первом квартале 2000 года выделил предприятиям черной металлургии, химической, угольной и пищевой промышленности кредитов на сумму более 0,4 миллиардов рублей. А общий размер кредитного портфеля банка уже превысил 6,6 миллиардов рублей. Это действительно весьма обнадеживающий симптом, который говорит о том, что российское банковское дело сегодня встраивается в реальный сектор отечественной экономики, предпочитая делать деньги не из воздуха — на курсовых разницах и спекуляциях ГКО, а в отечественной промышленности. Строго говоря, таким и должен быть цивилизованный банковский бизнес.

Заместитель председателя Автобанка Людмила Шабалкина рассказала нам, что в прошлом году Автобанк приложил огромные усилия, чтобы преодолеть последствия кризиса. Теперь, когда антикризисная программа успешно завершена и банк начал получать хорошую прибыль, можно основательно работать с инвестиционными проектами.

Понятно, что доход банка определяется количеством клиентов. И здесь успехи Автобанка действительно впечатляют: за три первых месяца этого года привлеченные средства юридических лиц увеличились на 0,5 миллиарда рублей, а суммы частных вкладов выросли на 42% и превысили 1 миллиард рублей. Причем львиную долю этого прироста дали региональные подразделения Автобанка.

Несомненно, успешное развитие Автобанка связано не только с продуманной финансовой и инвестиционной политикой, но и с вниманием к клиентуре. Автобанк предлагает своим корпоративным клиентам краткосрочные кредиты в форме овердрафта на очень выгодных условиях, причем решение о выделении такого кредита в банке принимают быстро. Частные лица могут воспользоваться новыми вкладами, недавно предложенными банком: «55 лет Победы», «Ветеран», «Автолюбитель», «Путешествие». Клиент не только получает заметный доход по вкладу, но и может воспользоваться на льготных условиях страховым полисом автогражданской ответственности, страхованием жизни и возможностью приобрести на льготных условиях туристическую путевку. Недавно у клиентов Автобанка появилась возможность использовать пластиковую карту для таможенных платежей, выплачивать зарплату сотрудникам компаний-клиентов по «рублевым» международным картам VISA/Electron/Plus и Cirrus/Maestro. А с начала апреля банк приступил к масштабному продвижению услуг по срочным денежным переводам через международную платежную систему MoneyGram. Теперь клиенты Автобанка, всех его отделений и филиалов, за считанные минуты могут переводить деньги в любое место планеты.

Расширение спектра услуг дало свои плоды: Автобанк в первом квартале этого года получил прибыль в 32 миллиона рублей и, по прогнозам, эта прибыль в дальнейшем будет увеличиваться. А это значит, что у Автобанка появится еще больше возможностей направлять денежные потоки в отечественную промышленность.

Хотите участвовать в долгожданном возрождении российской промышленности? Тогда выбирайте те банки, которые активно поддерживают отечественную промышленность. Один такой банк вы уже знаете — это Автобанк.

Артем ***ДАШКОВ***

Крупнейшие выставки химического профиля в Северо-Западном регионе России

26 — 29 сентября

Санкт-Петербург

Выставочный комплекс Ленэкспо

Организаторы выставки:
ОАО ЛЕНЭКСПО, РНЦ «Прикладная химия», АООТ ВНИИнефтехим.
При поддержке:
Министерства науки и технологий РФ, Российской академии наук, Российского химического общества имени Д.И.Менделеева, Министерства экономики РФ, Администрации СПб.

III международная выставка

Научные исследования и разработки в области создания новой техники и технологий для химических отраслей промышленности, новых материалов. Технология производства химических продуктов.
Химические продукты и материалы, их применение в различных отраслях промышленности, в медицине, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте.
Бытовая химия, парфюмерия и косметика. Промышленная экология и безопасность химических производств.
Биотехнология, генная инженерия. Оборудование для производства, переработки и упаковки.
Контрольно-измерительная техника и средства автоматизации.
Лабораторная и аналитическая техника. Комплектные химико-технологические линии и установки.
Транспортировка химической и нефтехимической продукции.
Охрана окружающей среды, экологическая безопасность химических производств. **Литература**, информационные системы, базы данных.

VIII международная выставка

Современные методы и средства защиты металлов и материалов от коррозии в различных отраслях промышленности.
Защита зданий, сооружений, промышленной аппаратуры.
Оборудование для подготовки поверхности. Антикоррозионные и защитные материалы. Оборудование для нанесения защитных покрытий, технология их нанесения.
Приборы и методы контроля для испытания коррозионной стойкости материалов. Техническое обслуживание и ремонт.

199106, Россия, Санкт-Петербург, Большой пр.В.О., 103
Тел. (812)119-52-31, факс (812)119-53-22
e-mail: averkina@mail.lenexpo.ru, http://www.lenexpo.ru