



XXI век



2
2006

ЖИЗНЬ И ХИМИЯ

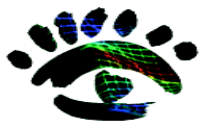






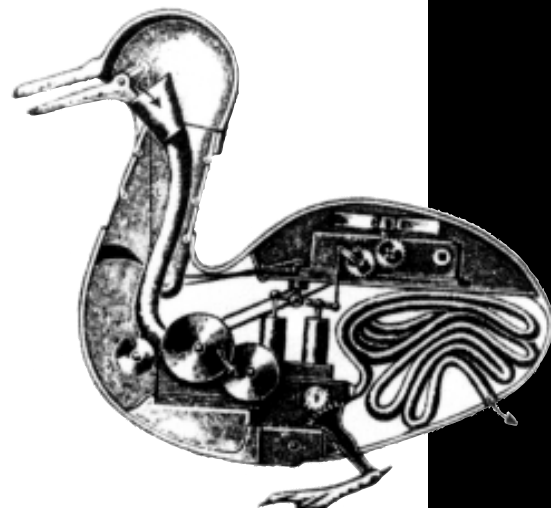
*Если вы не успели купить
один из номеров журнала,
именно в нем окажется
наиболее интересующая вас
статья, рассказ или отрывок
из романа.*

Третий закон Джонсона



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина
к статье Н.Г.Рамбиди
«Искусственный интеллект в растворе»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — миниатюра
Ризы ибн Аббаси «Юноша с кувшином». Издавна
человеку свойственно не только наслаждаться
красотой, но и культивировать ее рядом с собой.
Об этом читайте в статье «Бабочки в неволе».*





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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

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

Верстка
М. Д. Баженова

Производство
Т. М. Макарова

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

Подписано в печать 29.01.2006
Допечатный процесс ООО «Марк Принт
энд Паблишер», тел.: (495) 136-37-47
Типография ООО «Офсет Принт М»

Адрес редакции:
105005 Москва, Лефортовский пер., 8

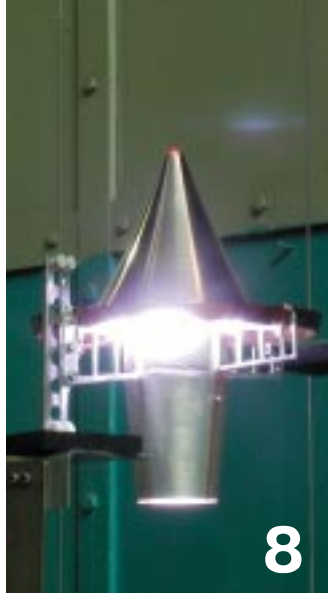
Телефон для справок:
(495) 267-54-18,
e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в интернете по адресам:
<http://www.hij.ru>;
<http://www.informnauka.ru>

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

На журнал можно подписаться
в агентствах:
«Роспечать» — каталог «Роспечать»,
индексы 72231 и 72232
(рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)
«АРЗИ» — Объединенный каталог
«Вся пресса», индексы — 88763 и 88764
(рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)
«Вся пресса» — 787-34-48
«Информсистема» — 124-99-38, 127-91-47
«Интерпочта» — 925-07-94, 921-29-88
ООО «Урал-Пресс» — 214-53-96
ООО КА «Союзпечать» — 319-82-16
На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство
научно-популярной литературы
«Химия и жизнь»



В городе Сосновый
Бор построена
действующая модель
космического
корабля, способная
летать по лазерному
лучу.

Химия и жизнь — XXI век



18

Для производства бумаги из древесины
удаляют лигнин. Генные инженеры
помогут химикам это сделать.

ИНФОРМАУКА

ЛЕС НА ЗАБРОШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ	4
ПЫЛЬНАЯ ИСТОРИЯ	4
АККУРАТНЫЙ ЛАЗЕР	5
РЕЦЕПТОРЫ СМЕРТИ	5
ВИРУС АТЕРОСКЛЕРОЗА	6
КОЖА ИЗ РАССАДЫ	6
МАТ ПРОИЗОШЕЛ ОТ ОБЕЗЬЯНЫ	7

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С. М. Комаров ЛАЗЕРНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЯХТЫ	8
---	---

ТЕХНОЛОГИИ

А. Хачоян СИНТЕТИЧЕСКИЙ ЛИСТ ЛОТОСА, ИЛИ КАК ПОЛУЧИТЬ СВЕРХГИДРОФОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ	12
--	----

ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Г. А. Ковтун КАЗАЦКИЕ ЧЕРНИЛА	15
---	----

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

М. Литвинов УКРОЩЕНИЕ ЛИГНИНА	18
---	----

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Л. Я. Кизильштейн УГОЛЬ И РАДИОАКТИВНОСТЬ	24
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Е. П. Харченко ИММУНОЛОГИЯ: УСПЕХИ И ПРОБЛЕМЫ	30
---	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С. Алексеев ВЫРАЩИВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ	36
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

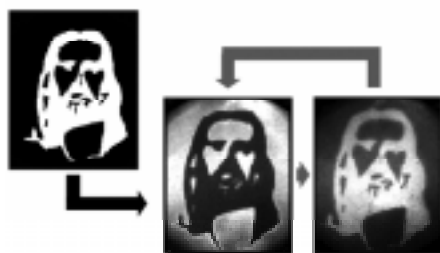
Н. Г. Рамбиди ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РАСТВОРЕ	40
--	----

О том, как российские поля зарастают лесом, о датчике, который поможет предотвратить взрывы в шахтах, о вирусах, вызывающих атеросклероз, и снова о природе и сущности русского мата.

Когда остатки древних растений превращались в уголь, они активно накапливали металлы, в том числе уран и торий. И теперь тепловые электростанции, работающие на угле, загрязняют окружающую среду радионуклидами в 12 раз больше, чем атомные электростанции.

Современные представления об иммунной системе так сложны, что нелегко определить даже, где она начинается и где кончается. Многим ли известно, какую роль в иммунном ответе играет печень человека? Завороженные красотой взаимодействия «антиген — антитело», не упустим ли мы из виду что-то важное?

Уже в XVIII веке в Японии появились прообразы нынешних «роботов для общения» — «каракури нингё». Механические люди подносили чай, танцевали, музицировали и даже занимались акробатикой. Для чего они были нужны тогдашним японцам и для чего нам сегодня электронные псы и коты?



38

Реакцию Белоусова — Жаботинского можно применить для обработки изображений.

54

Арденнский костер, символ бельгийской флоры, был на грани вымирания, но ученые сумели его спасти.



РАЗМЫШЛЕНИЯ

О.Р.Арнольд

ЖИВОТНЫЕ-РОБОТЫ И РОБОТЕРАПИЯ 46

РАЗМЫШЛЕНИЯ

Ю.С.Хохлачев

ВНЕШНИЙ ГЕНОМ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА 50

КНИГИ

А.Ю.Рабкина

НЕ СНИМЕТ ВСЕХ ПРОБЛЕМ БАГАЖ ОБШИРНЫХ ЗНАНИЙ 54

РАССЛЕДОВАНИЕ

С.Анофелес

СПАСЕНИЕ АРДЕННСКОГО КОСТРА 56

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

М.Рачковский

ПАРАЗИТ-БЛАГОДЕТЕЛЬ 58

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

А.Барне

БАБОЧКИ В НЕВОЛЕ 62

СОБЫТИЯ

Л.Стрельникова

ПРОСВЕТИТЕЛИ 64

ФАНТАСТИКА

М.Дегтярев

ГЮЖЁФШП 66

ИЗ ЖИЗНИ ПТИЦ

Е.Н.Краснова

ЧАЙКА ИДЕТ НА КОНТАКТ 72

ИНФОРМАЦИЯ 16, 17, 57, 69

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 22

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 38

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72



ЭКОЛОГИЯ

Лес на заброшенных землях

Заброшенные сельскохозяйственные земли постепенно зарастают молодняком лиственных пород. Масштабы происходящего ученые из Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН оценивают по космическим снимкам (dzamolod@cepl.rssi.ru, ershov@ifi.rssi.ru).

Из космоса можно видеть не только рельеф земной поверхности, но и растительность и наблюдать за тем, какие изменения происходят с двадцатью процентами мирового запаса леса, которым обладает Россия. С одной стороны, леса вырубают. С другой стороны, леса вырастают — главным образом на заброшенных сельскохозяйственных угодьях. А их в нашей стране за последние десятилетия стало очень много. Зарастание бывших полей увеличивает количество зеленой биомассы, которая вырабатывает кислород и потребляет углекислоту. Но возобновляется в основном молодняк лиственных пород, которые не имеют хозяйственного значения.

Ученые из Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН попытались сравнить сведения о зарастании сельскохозяйственных земель, полученные из космоса, со статистическими данными. По этим данным, с 1990 по 2002 год площадь посевных земель уменьшилась на 33 млн. гектаров и соответственно увеличилась площадь залежей. Эти земли выведены из сельскохозяйственного оборота, но в состав лесного фонда еще не попали. По неофициальным оценкам, в нескольких областях Нечерноземья — Псковской, Костромской, Вологодской — в настоящее время заброшено и зарастает молодняком мягколиственных пород до 40–60% пахотных земель.



Ученые сравнили спутниковую карту Северной Евразии, построенную по данным прибора VEGETATION французского спутника SPOT, со свежими материалами по учету лесного фонда. Для сравнения выбрали площади лиственных насаждений, потому что на заброшенных сельскохозяйственных землях вырастают в основном ольха, осина, береза. Оказалось, что в некоторых областях, как показывают данные со спутника, лиственные породы занимают гораздо большую площадь, чем указано в лесном кадастре. В первую очередь это области Нечерноземья: Архангельская, Вологодская, Кировская, Пермская, Костромская, Псковская, Ленинградская, Тверская, а также Урала и Западной Сибири: Свердловская, Кемеровская, Новосибирская, республика Алтай, Алтайский край. Это именно те области, в которых бывшие сельскохозяйственные земли зарастают молодняком лиственных пород. Их площадь для России в целом составляет около 26 млн. гектаров. Значит, зарастание идет достаточно интенсивно. И хотя новые леса не подойдут для промышленного использования, они будут выполнять свою экологическую роль.

ТЕХНОЛОГИИ

Пыльная история

На шахте, как и в медицине, лучший способ лечения — это профилактика: легче предупредить взрыв, чем бороться с его последствиями, порой катастрофическими. А взрывы в угольных шахтах бывают, как правило, оттого, что в воздухе под землей скапливается горючее вещество — природный газ и/или угольная пыль, которые могут взрываться, если концентрация вещества в воздухе достигла критической. Узнать, сколько угольной пыли накопилось в шахте, позволит датчик, разработанный специалистами из Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН (lunbv@ipu.rssi.ru).

Определить количество отложившейся пыли, в том числе и угольной, можно самыми разными способами. Можно использовать, например, ИК-датчики

или пьезорезонансные сенсоры, позволяющие решить задачу с точностью до микрограммов, только, к сожалению, эти приборы капризные и очень дорогие.

Радиочастотный датчик количества отложившейся пыли, сконструированный в Москве, обещает быть автоматическим, надежным и в то же время простым и недорогим. Чувствительный элемент датчика — это колебательный контур. На плоской подложке из диэлектрика, например из фторопласта, в специально выточенной неглубокой канавке зигзагом лежат две проволоочки: проводники, они же электроды. Это и есть тот самый колебательный контур, то есть электромагнитный резонатор, параметры которого, резонансная частота и добротность, зависят от свойств среды и от того, сколько угольной пыли осело на плоскость пластины и в канавку-резонатор. Чувствительность определяется геометрическими параметрами линии: расстоянием между проводниками и их длиной.

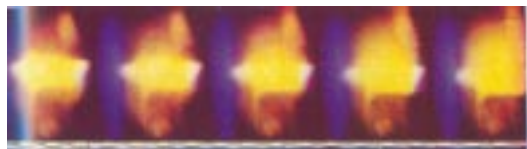
Структура датчика такова, что позволяет учитывать колебания влажности и температуры. (Вообще-то в угольных шахтах колебания эти невелики, но точность превыше всего.) Датчик оснащен электронным блоком, преобразующим параметры резонатора в электрический сигнал, блоком сопряжения и компьютером, управляющим работой системы.

Может быть, единственный недостаток системы — это то, что она не беспроводная. Нужны кабели, соединяющие собственно датчик с управляющим компьютером, равно как и электропроводка. Максимальное же расстояние между датчиком и компьютером — всего 100 м, хотя и это немало. Шахтеры такому датчику были бы рады — на испытаниях в условиях настоящей шахты прибор сработал точно и надежно, уровень пыли измерял с точностью почти в 100%. Значит, если бы шахты были оборудованы такими устройствами, то, по крайней мере, часть взрывов можно было бы предотвратить. Кто знает, сколько жизней удалось бы спасти...

БИОФИЗИКА

Аккуратный лазер

Биохимики расшифровали геном человека, но, чтобы знать, как работает организм, придется разобрататься во взаимодействии почти 300 тысяч белков. Новый метод исследования белков создала группа специалистов из Института цитологии и генетики, Института ядерной физики и Института химической кинетики горения СО РАН. Прежде чем направлять образец белков на масс-спектрометр, его необходимо перевести в газообразное состояние. Это можно сделать с помощью разрабатанного в ИЯФ лазера на свободных электронах (ЛСЭ).



Новая модификация лазера отличается от уже существующих малой мощностью. Он не разрушает молекулы, а лишь отрывает их от образца целиком, так что можно определить, из каких белков состоит объект, тогда как ранее удавалось регистрировать только обрывки молекул. Ферменты, исследованные таким способом, даже сохраняют свою активность. Образец помещают в стеклянный сосуд, который продувается очищенным азотом. Там же его облучают лазером. Оторвавшись под его действием фрагменты подхватывает струя азота и относит в масс-спектрометр, который определяет их массу.

Прежде чем приступить к анализу биологических объектов, физики испытывали ЛСЭ на менее крупных молекулах — газах и растворителях. О том, чтобы применить его к белковым телам, ученые задумались после успешного опыта по испарению полимерного материала мощным лучом лазера. Биологи решили опробовать новый метод на вирусной ДНК, ДНК плазмиды, ферменте пероксидазы из хрена и на бактериях. Образцы веществ и микробных культур в водном растворе наносили на пластинку из пористого оксида алюминия, которую после сушки помещали в сосуд, под луч лазера и струю азота. Масс-спектрометр оказался в состоянии обнаружить и не перепутать моле-

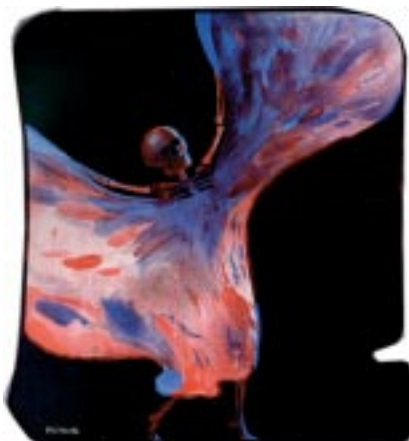
кулы белков и ДНК, когда ученые поместили в прибор смесь веществ. Данные о размере и массе частиц соответствовали ранее известным величинам для этих молекул. Теперь протеомика оснащена новым эффективным инструментом исследования. Ждем результатов.

БИОХИМИЯ

Рецепторы смерти

Российские и американские ученые в совместном проекте, поддержанном CRDF и Федеральным агентством «Роснаука», пытаются стимулировать апоптоз — клеточную смерть в раковых клетках. Для этого они используют как биохимические методы исследования, так и математическое моделирование (khanin@softel.ru).

В борьбе с раковыми опухолями, помимо разнообразных внешних воздействий, очень важно использовать внутренние клеточные механизмы. В том числе и способность клеток к самоубийству — запрограммированной клеточной смерти, которая называется апоптозом. К апоптозу клетки прибегают тогда, когда что-то в них непоправимо сломалось и, дабы не вредить всему организму, нужно самоуничтожиться. Апоптоз осуществляют внутриклеточные ферменты-протеазы (их называют каспазами). Каспазы разрушают белки-мишени, находящиеся в цитоплазме и ядре клетки. Мишенью для действия каспаз служит также геном клетки. Активация каспаз происходит в результате сложной цепи биохимических реакций, которые запускаются, в частности, специальными рецепторами на клеточной мембране. Специалисты называют их жутковато — «рецепторы смерти».



К сожалению, раковые клетки, помимо способности к неконтролируемому размножению, обладают еще и поразительной живучестью. Поскольку содержание каспаз в раковых клетках может быть пониженно, то и запустить апоптоз в них трудно — но можно. На решение этой проблемы направлен совместный проект российских и американских исследователей из Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии (руководитель проекта — доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии М.А.Ханин) и Клиники Мейо, Рочестер, Миннесота, США (руководитель проекта — выдающийся исследователь апоптоза, профессор, доктор философии и медицины Скотт Г.Кауфманн). Проект получил поддержку международного фонда CRDF и Федерального агентства по науке и инновациям «Роснаука».

Поставленную задачу ученые собираются решать сочетанием математического моделирования и биохимических методов. «Математические модели получают в последние годы все большее признание как эффективный метод исследования динамического поведения сложных биохимических систем, — отмечает М.А.Ханин. — Эти системы нелинейны, и их поведение имеет характерные особенности: например, пороговые эффекты. Все эти динамические свойства могут быть предсказаны и описаны с помощью математического и последующего компьютерного моделирования».

Апоптоз — это клеточное самоубийство, однако решение о нем принимает не только сама клетка, но и иммунная система, которая «отдает приказ», обнаружив в данной клетке фатальные повреждения. А клетка находится в постоянной готовности выполнить приказ. То есть веревка и кусок мыла всегда при ней. Любая клетка носит в себе механизм собственной смерти. «Рецепторы смерти» на клеточной мембране одним концом торчат наружу, к этому концу подходит молекула, выпускаемая клетками иммунной системы, и образует с рецептором комплекс. После этого рецептор передает внутрь клетки сигнал на активацию каспаз. Так запускается апоптоз.

Для того чтобы построить математическую модель активации каспаз, нужно знать численные значения всех кинетических констант биохимических реакций апоптоза. Кинетические кон-

станты определяют скорость ферментативных реакций. Но дело в том, что лишь небольшая часть необходимых констант определена биохимическими методами. Остальные можно вычислить с помощью оптимизационных математических моделей. И здесь исследователям помогает базовый принцип организации физиологических (и биохимических) систем — принцип оптимальности. Это означает, например, что для выполнения своих функций в организме система затрачивает минимальную энергию. То же касается и апоптоза — нужно разрушить белки и геном достаточно быстро и с минимальными затратами.

Итак, на первом этапе ученым надо вычислить кинетические константы реакций, затем построить математическую модель активации каспаз, то есть фактически — модель индукции апоптоза. Правильность модели они будут оценивать по совпадению результатов моделирования и биохимических исследований. А имея в руках математическую модель динамики клеточной смерти, исследователи смогут искать пути индукции апоптоза в разных типах опухолевых клеток.



ВИРУСОЛОГИЯ

Вирус атеросклероза

В последние годы ученые не сомневаются в том, что некоторые вирусы приводят к развитию атеросклероза, однако не могут окончательно определить, какие именно. Сотрудники лаборатории герпес-вирусов Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» и НИИ патологии кровообращения исследовали роль разных герпес-вирусов в образовании атеросклеротических бляшек. Ученые пришли к выводу, что на развитие атеросклероза и ишемической болезни сер-

дца несомненно влияет цитомегаловирус, и сняли обвинение с вируса простого герпеса.

Вирусы, о которых идет речь, а также их родственников из семейства герпес-вирусов можно найти в организме практически любого землянина. По мнению многих ученых, как в России, так и за рубежом, герпес-вирусы, которые могут находиться в организме чрезвычайно долго, ответственны за образование атеросклеротических бляшек в стенках сосудов сердца при коронарной болезни. В качестве наиболее вероятных кандидатов на эту роль ученые называют цитомегаловирус и вирус простого герпеса 1-го типа — ВПГ-1. Так, группа российских медиков под руководством академика РАН А.А.Воробьева обнаружила, что рецидивы атеросклероза, такие, как трансмуральный инфаркт миокарда и ишемический мозговой инсульт, совпадают со вспышками инфекции, вызванной вирусом простого герпеса, который в организме больных атеросклерозом встречается чаще и в больших количествах, чем у здоровых.

Новосибирские ученые провели независимое исследование. Они применили самые современные и чувствительные методы ДНК-гибридизации, полимеразной цепной реакции и иммунохимической идентификации вирусов и потому получили более точные, по их мнению, результаты.

Материалом для исследования послужили кровь и фрагменты тканей, полученные от девяти больных ишемической болезнью сердца. Всем больным делали операцию аортокоронарного шунтирования, а фрагменты коронарных сосудов, аорты и прилежащих тканей, поврежденные и неповрежденные атеросклеротическими бляшками, забирали для анализа. В сыворотке крови больных новосибирские исследователи обнаружили антитела к вирусу простого герпеса, но не более, чем у здоровых людей того же возраста. Ученые не нашли никаких следов самого вируса ни в крови, ни в биопсийном материале, а потому сняли с него обвинение в причастности к развитию атеросклероза и сосредоточились на цитомегаловирусе.

ДНК этого вируса обнаружили в сыворотке крови восьми пациентов из девяти и в образцах тканей всех больных. Вирус находили в стенках аорты, маммарной артерии и практически всех мелких сосудов, во фрагменте пораженного предсердия, в атероск-

леротических бляшках, а иногда и на участках неповрежденных атеросклерозом тканей. Ученые не сомневаются в том, что связь между патологическим атеросклеротическим процессом при ишемической болезни сердца и цитомегаловирусной инфекцией существует.

Здесь уместно вспомнить заключение другого российского исследователя атеросклероза, академика А.А.Воробьева. Он рекомендует лечить эту болезнь антигерпетическими препаратами и средствами, укрепляющими иммунитет, а также подчеркивает, что не следует забывать и о других инфекционных агентах, от которых тоже может зависеть формирование болезни. Прежде всего это относится к хламидиям, хеликобактеру, риккетсиям и прионам.

ГИСТОЛОГИЯ

Кожа из рассады

Пронаблюдать, как происходит в культуре формирование эпителия из отдельных клеток, кератиноцитов, решили российские исследователи из Института биологии развития им. Н.К.Кольцова РАН. Их финансово поддержали РФФИ и Президиум РАН — ведь эти знания нужны, чтобы более эффективно восстанавливать кожный покров при травмах (ters@proxima.idb.ac.ru).

Ученые из Института биологии развития РАН изучили, как происходит восстановление кожного эпителия из отдельных клеток — кератиноцитов. Этот процесс они наблюдали в культуре. Каждый кератиноцит несет в себе информацию о том, как устроена ткань эпидермиса, и поэтому отдельные клетки путем самосборки воспроизводят сложные конструкции, из которых состоит кожа. Если такие кожные «саженцы» потом трансплантировать на пораженный участок, то они создают необходимую среду для стволовых клеток пациента и травмированная поверхность быстро получает новый эпителий.

Образцы кожи для экспериментов исследователи получили с операционного стола. После обработки антибиотиками, удаления жировой клетчатки и прочих не относящихся к эпидермису тканей этот материал размельчили и поместили в питательную среду. За событиями в клеточной жизни наблю-

дали, регулярно делая окрашенные препараты и рассматривая их под микроскопом.

Ученые увидели, как в питательной среде клетки склеиваются. Получившиеся мелкие агрегаты оседают на дно и прикрепляются к нему. Кератиноциты, которые остались плавать в одиночестве, быстро погибают. Внутри агрегата клетки делятся, и через две недели в чашке Петри образуется подобие настоящей ткани — многослойный пласт клеток. У исследователей создалось впечатление, что при формировании этого пласта каждая клетка использует информацию о своем окружении и действует в соответствии с этими данными. Таким образом происходит самосборка клеточных структур из взрослых кератиноцитов, которые создают окружающую среду для стволовых клеток. А некоторые клетки выделяют специальные вещества, которые управляют развитием стволовых клеток и поддерживают размножение взрослых кератиноцитов. Подстегнуть созревание эпителия можно ферментами — факторами роста.

Научившись выращивать такие эпителиальные фрагменты, можно в дальнейшем трансплантировать их на поверхность раны.

ЛИНГВИСТИКА

Мат произошел от обезьяны

Оказывается, мат — это неизбежное следствие развития человека и показатель его эволюции. Обезьяна бы за такое убила, а Ното сарпиенс только матерится. По мнению доктора биологических наук С.Б.Пашутина, мат представляет собой отшлифованный на протяжении тысячелетий способ обмена информацией. Мат позволяет быстро и без излишних подробностей передать суть дела и получить быструю адекватную реакцию собеседника. А вот то обстоятельство, что великий и могучий язык оказался столь похабным, досадная случайность.

Согласно современным лингвистическим представлениям, мат включает только слова и выражения, обозначающие половой акт и половые органы. Прочая нецензурная брань, в том числе связанная с пищеварительно-выделительной физиологией, к мату не относится, хотя



и не менее оскорбительна. Функции мата многообразны, и сквернословие — далеко не самая важная из них. Большинство людей охотно используют матерную лексику, чтобы изложить свои мысли в наиболее сжатой и доходчивой форме. Некоторым гражданам обойтись без мата не позволяет скудость словарного запаса. Отсутствие естественной плавности речи им приходится компенсировать фоновым употреблением ненормативных слов. Для кого-то мат — подтверждение принадлежности к «своему» окружению, а кто-то таким способом демонстрирует высокое доверие к собеседнику или превосходство над ним. Именно в демонстрации превосходства и заключается биологический смысл мата.

Когда животные разбираются, что главное, они редко дерутся, предпочитая особые позы и жесты, позволяющие судить о силе противников. Такая демонстрация дает возможность более слабому сопернику своевременно отказаться от безнадежной борьбы. Обезьяны, в частности человекообразные, в этом случае выказывают противнику напряженный половой член как символ своего здоровья и силы. В стаде приматов существуют четкие представления о том, кто может показывать, а кто — только смотреть. Человек же — существо говорящее, поэтому жест заменил словом, и не одним. Обширный пласт примыкающих к мату выражений, которые характеризуют главным образом доступных женщин, различные виды легкого поведения и незаконнорожденных детей, тоже имеет биологические корни. Во-первых, сексуальная неразборчивость женской особи свидетельствует о ее низком месте в иерархии. Ведь «статусная» особа женского пола не предлагает себя всем подряд, это удел никудышных, малопривлекательных самок. Во-вторых, такая лексика может быть «цивилизованным» ответом современных самцов на женскую неверность. Никто не хочет воспитывать чужих детей. Животные их просто убивают, но че-

ловеку мораль не позволяет так поступать. Чтобы защититься от внесения чужих генов в свою семью, люди культивируют представления о праведности целомудрия и последними словами кроют распутных женщин. На мужчин эти ограничения традиционно не распространяются, и двойные стандарты брачного поведения стали благодатной почвой, на которой произросло целенаправленное сквернословие, связанное с женской греховностью.

Почему же то, что у животных естественно, стало таким непристойным у людей? А потому, что человеку, в отличие от животных, свойственна постоянная половая активность, которая плохо сочетается с общественным порядком. Чтобы регулировать свои чувственные порывы, люди стали прикрывать определенные части тела (а иногда и все тело с головой) и наложили множество ограничений и табу на сексуальные отношения, а заодно и на связанную с ними лексику. Постепенно мат стал уходить из жизни людей, но кое-где сохранился, особенно среди славян. Возможно, это связано с тем, что славяне восприняли христианство позже других европейских народов и потому до сих пор не отвыкли от прежних обычаев. Однако главную причину живучести мата С.Б.Пашутин видит в исключительных коммуникативных достоинствах матерной лексики.

Наш прекрасный русский язык избыточно богат и точен. Там, например, где немцы или французы обойдутся одним глаголом, например «покидать», носитель русского языка употребит несколько. Змея у нас только «выползает», человек «выходит», птица «вылетает», а рыба «выплывает». Далеко не каждому удастся быстро найти подходящее к случаю слово. Поэтому не стоит удивляться, что россияне то и дело обращаются к мату, который, оперируя минимальным количеством слов и абстрактными образами, достаточно точно передает мысль говорящего и позволяет ему получить адекватную реакцию собеседника. По мнению С.Б.Пашутина, мат по своей структуре представляет собой аналог праязыка, формировавшегося на заре человеческой эволюции. И если такой язык до сих пор сохранился, значит, он нужен для общения. А то обстоятельство, что древнейшая лексика оказалась еще и ненормативной, всего лишь игра случая, побочный результат ассоциативного мышления наших предков.



Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

Самые быстроходные корабли — это яхты. У них нет ничего лишнего, только обтекаемый корпус и мощный двигатель, и большего груза они не везут. Совсем не так обстоит дело с космическим кораблем. Основная часть его веса — топливо, сжигаемое для того, чтобы преодолеть действие силы тяжести. Значит, у космической яхты, хотя бы после того, как ракетноситель вывел ее на околоземную орбиту, такого лишнего груза быть не должно. То есть либо источник энергии для движения должен быть очень компактным, либо вообще его нужно вынести за пределы космического корабля. Один из выходов — использовать главный источник энергии в Солнечной системе, а именно саму нашу звезду. Для этого яхту следует оснастить парусом, в который станет дуть солнечный ветер. К сожалению, этот проект пока что преследует фатальное невезение: в 2001 году спутник с таким парусом не смог отделиться от последней ступени ракетносителя, а в 2005 году его собрат не вышел на запланированную орбиту. Но есть и другой способ — воспользоваться лучом света, создав фотонный движитель. Именно такое устройство сделали ученые из НИИ комплексных испытаний оптико-электронных приборов, который находится под Санкт-Петербургом в городе Сосновый Бор, при финансовой поддержке Международного научно-технического центра.

О двигателях фотонных и плазменных

«Отражатель — самый главный и самый хрупкий элемент фотонного привода, гигантское параболическое зеркало, покрытое пятью слоями сверхстойкого мезовещества. В фокусе параболоида ежесекундно взрываются, превращаясь в излучение, миллионы порций дейтериево-тритиевой плазмы. Поток бледного лиловатого пламени бьет в отражатель и создает силу тяги» — так братья Стругацкие в 1959 году представляли фотонный двигатель межпланетных космолетов XXI века. В каком-то смысле это предсказание удалось реализовать в 1998 году, когда небольшой, весом в 486 кг, американский спутник «Дип спейс 1» с помощью ионного двигателя отправился в путешествие к границе Солнечной системы. Конечно, поток ионов тяжелого вещества, в данном случае ксенона, ускоренных электрическим полем и оттого при вылете


из сопла создающих реактивную тягу, — это не термоядерные осколки, которые обладают колоссальной энергией; спутник с ионным двигателем получает совсем небольшой импульс. Однако за годы работы постоянное небольшое ускорение обеспечивает немалую скорость: к концу экспедиции в декабре 2001 года «Дип спейс 1», расходуя по 100 граммов ксенона в день, развил скорость 11 тысяч километров в час. Его полет был первым межпланетным путешествием, совершенным на ионном двигателе, а на околоземной орбите их используют для коррекции орбиты спутников с середины 70-х годов XX века.

Следующим в межпланетное путешествие с применением плазмы отправился европейский корабль «СМАРТ-1» (его название происходит от программы ЕКА «Small Missions for Advanced Research in Technology», то есть «Малые экспедиции для развития технологий») весом в 366 кг. Стартовал 27 сентября 2003 года, он спу-

Двигатель — машина, превращающая какой-либо вид энергии в механическую энергию.

Движитель — устройство, обеспечивающее движение какого-либо транспортного средства (например, винт самолета, колесо автомобиля и т.д.).

СЛОВАРЬ РУССКОГО ЯЗЫКА



Лазерный движитель для космической яхты

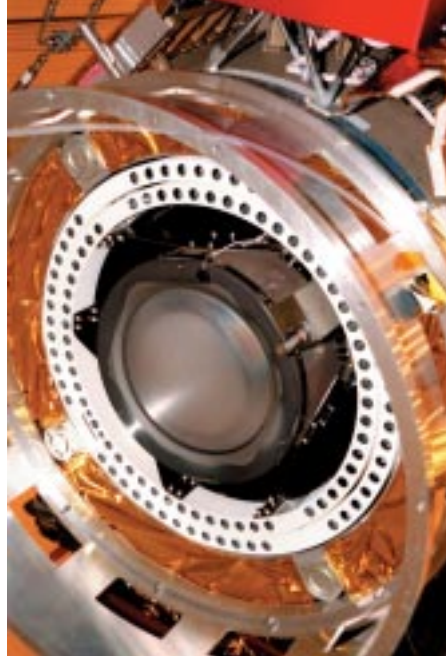
стя 14 месяцев вышел на орбиту вокруг Луны и в настоящее время исследует ее поверхность. Его двигатель, созданный калининградским НПО «Факел» и компанией «Снекма мотор» (Франция), тоже работает на ксеноне. С чем его можно сравнить? Есть такой разгонный блок «Фрегат» (НПО им. Лавочкина), выводящий космические корабли на межпланетную орбиту. Полный импульс, который его двигатель способен создать за счет сжигания диметилгидразина, в 14 раз больше, чем у ионного двигателя. Но топлива на это тратится в 70 раз больше. А малые ракетные двигатели создают полный импульс (то есть суммарный за все время эксплуатации) в 6,5 раз меньше ионного при том же расходе топлива. Как бы то ни было, такие двигатели пригодны только для неспешных путешествий автоматов, уж слишком медленно они разгоняются. Вряд ли будущие быстроходные космические яхты будут ими оснащены.

Лазерная дорожка к Луне и Марсу

Лазерный движитель, который, возможно, однажды поведет космический корабль по межпланетной трассе, устроен совсем по-другому и позволяет

*Двигатель для «СМАРТ-1»
проходит испытания*

*Ионный двигатель
для «Дип спейс 1»*



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

реализовать давнюю мечту конструкторов космических кораблей — избавиться от многотонного груза топлива, везущего само себя. В лазерном движителе основная энергия расходуется на создание импульса мощного лазера, а стоит этот лазер либо на Земле, либо на орбите. На космическом же корабле расположено зеркало, которое этот световой импульс ловит и превращает его в импульс движения. Способов такого превращения за последние сорок с лишним лет было предложено немало.

Первые упоминания о том, что с помощью расположенного на Земле лазера можно летать в космос, причем делать это с гораздо большим КПД, нежели при сгорании топлива, появились в начале семидесятых годов прошлого века. Так, доктор Артур Канторович из американской компании «AVCO-Everett Labs» в 1972 году предложил использовать для космического полета эффект лазерной абляции, то есть испарения материала в мощном луче лазера. Спустя год В.П.Коробейников из Математического института АН СССР решил задачу о движении тела под действием внешнего источника энергии, чему, впрочем, предшествовали работы Г.А.Аскарьяна из ФИАН — именно он определил давление, которое возникает при испарении ве-

щества в мощном потоке излучения. Развивая эти работы, один из создателей лазера академик А.М.Прохоров вместе с В.Ф.Бункиным в 1976 году предложили теорию формирования тяги в лазерном движителе. Согласно их идеям, если облучать газ мощным лучом импульсного лазера, сфокусированным линзой, то возникают локальные взрывы, которые порождают ударные волны. Они-то и служат источником реактивного импульса. Теория Прохорова стала основой для расчета элементов конструкции двигателей, которые работают в атмосфере. А работы американца Энтони Пирри помогли рассчитать двигатель для полетов в вакууме. В 1997 году расчеты наконец-то воплотились в металл: профессор Лейк Мирабо провел первые успешные запуски аппарата с лазерным реактивным двигателем на полигоне Уайт-Сэнд в штате Нью-Мексико.

В 2002 году профессор отделения механики Токийского института технологии Такаси Хабэ и Клод Фипс, президент компании «Photonics Associates» из Санта-Фе, предложили концепцию использования стационарных лазеров для путешествий в околоземном и окололунном (!) пространствах. Согласно их плану, лазерные станции, размещенные на Земле, на Луне и на околоземных орбитах, сделают три важных дела. Во-первых, обеспечат экологически чистый запуск спутников, то есть такой, при котором сгорает немного кислорода, во-вторых, позволят легко корректировать орбиты искусственных спутников, а в-третьих, дадут возможность космическим кораблям путешествовать по маршруту Земля–Луна и обратно без значительных затрат топлива.

В общем, расстояние тут не имеет особого значения — свет в космосе распространяется без всякого поглощения, разве что увеличивается диаметр луча. В этом случае просто понадобится еще одно зеркало, перехватывающее весь луч и фокусирующее его в двигатель.

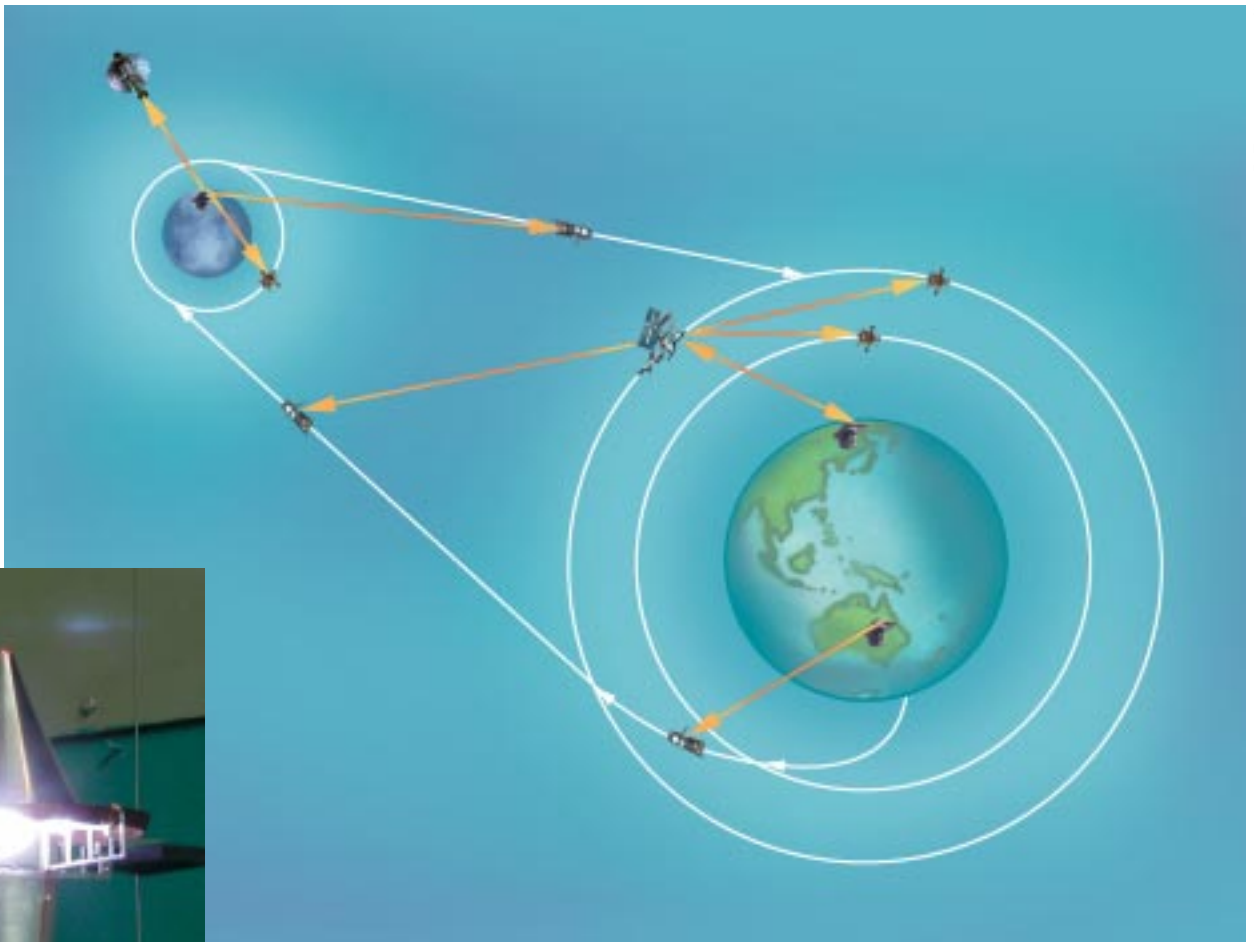
Поскольку источником энергии для лазеров, размещенных в космосе, будет служить свет Солнца, преобразуемый в электричество с помощью солнечных батарей, такая транспортная система, будучи однажды построенной, сможет устойчиво работать неограниченно долгое время, а ее содержание обойдется совсем недорого. Правда, первичные затраты довольно велики, но не чрезмерны, а вполне сопоставимы со стоимостью подготовки марсианской экспедиции на ракете с ядерным двигателем. Кстати, похожую концепцию межпланетных перелетов, только с использованием потоков плазмы и плазменных парусов, точнее, пузырей, предлагает Роберт Уингли из университета штата Вашингтон (см. «Химию и жизнь», 2004, №12)

Что же касается конкретных разработок лазерных движителей, то они начались уже в XXI веке. В нашей стране — например, в МГТУ им. Н.Э.Баумана или в Сосновом Бору.

Небольшое техническое отступление

Всего предложено три типа лазерных движителей. В первом из них за счет чрезвычайно высокой концентрации электромагнитного поля в мощном луче лазера происходит оптический

Общий вид макета двигателя, созданного учеными из Соснового Бора



В будущем наземные лазерные станции помогут выводить на околоземную орбиту космические корабли и спутники. Лучи лазера (на рисунке — оранжевого цвета) с орбитальной станции будут корректировать орбиты спутников, а также переводить челноки с околоземной на окололунную орбиту. Лунная лазерная станция, в свою очередь, будет поддерживать спутники Луны на орбите и возвращать челноки назад. Кроме того, эта же станция обеспечит отправку кораблей к Марсу

пробой воздуха, своеобразная руко-творная молния. В канале образуется плазма, возникают ударные волны, которые, как сказано выше, и обеспечивают движение, отталкиваясь от стенок сопла. Этот подход дает не самый большой импульс реактивной отдачи, а вот удельный импульс тяги оказывается вполне высоким, тысячи секунд. (С помощью этих параметров сравнивают эффективность двигателей и ракетных топлив. Первый ввели специально для лазерных двигателей, он представляет собой величину тяги, отнесенную к мощности лазера, и измеряется в ньютонах на ватт. Второе же понятие соответствует тому импульсу, который дает килограмм топлива, сгорающий за одну секунду. А измеряется этот параметр в секундах. У хороших ракетных топлив величина удельного импульса тяги составляет 300–500 с.) Большой удельный импульс отдачи нужен космическому кораблю для того, чтобы оторваться от поверхности Земли, а большой удельный импульс тяги — чтобы лег-

ко маневрировать в космосе, расходуя при этом как можно меньше топлива.

Самый мощный, в десятки тысяч секунд, импульс тяги лазерного двигателя получается за счет сильного испарения — абляции материала зеркала. Но отдача при этом оказывается совсем маленькой, в десять раз меньше, чем нужно для отрыва от Земли. Ее удастся повысить в сто раз, если испаряется многослойный материал со специально организованной внутренней структурой, но при этом импульс тяги падает в тысячу раз.

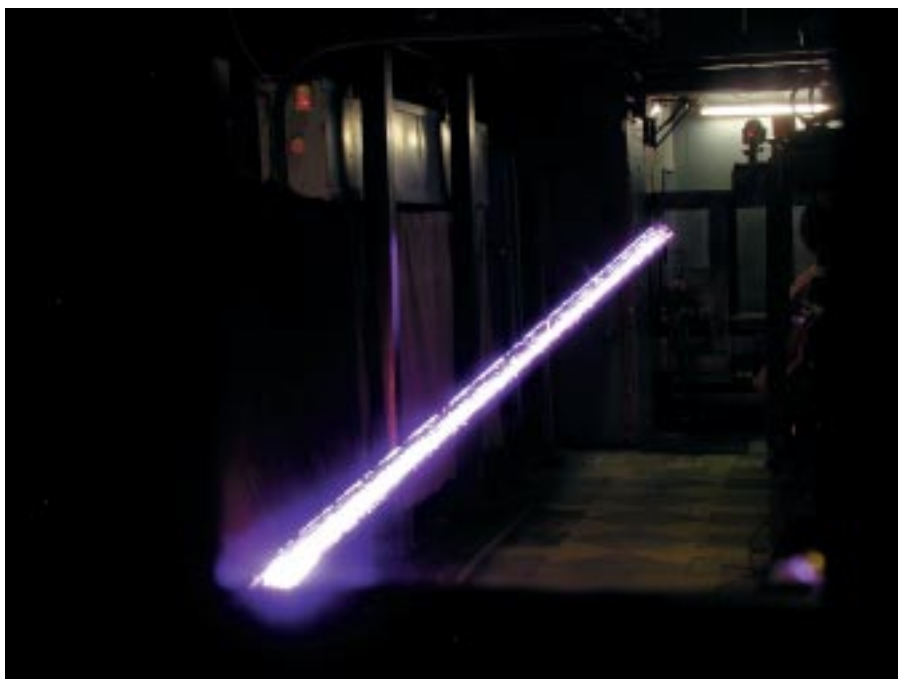
Как оказалось, оптимальное сочетание получается, если испарившееся вещество вступает в химическую реакцию, например, с воздухом и его частицы приобретают дополнительную скорость. У такого двигателя импульс тяги измеряется сотнями секунд, а реактивная отдача достаточно велика, чтобы вывести корабль за пределы атмосферы. Поскольку кислорода там нет, гореть материал не сможет, и корабль для маневрирования на орбите будет использовать второй прин-

цип — абляции материала. Конечно, можно загрузить на него окислитель, и тогда удастся и в космосе получить хорошую реактивную тягу, но при этом вес корабля увеличится, и он уже не будет напоминать космическую яхту. Именно идею испарения и сгорания вещества при реакции с кислородом атмосферы выбрали ученые из Соснового Бора, создавая прототип лазерного движителя.

Полет по лучу

Покончив со скучными техническими подробностями, можно перейти к делу.

Проект создания лазерного движителя для космического корабля, который закончился в 2005 году успешными испытаниями, финансировал Международный научно-технический центр. Ученым из НИИ комплексных испытаний оптико-электронных приборов помогли их коллеги из Института лазерной физики и ФТИ им. А.Ф. Иоффе. В проекте участвовала Национальная аэрокосмическая лаборатория Японии. «Японцы очень заинтересо-



Такой след остается в воздухе за макетом аппарата во время его полета, если снимать полет фотоаппаратом в режиме постоянно открытого затвора

лись созданием лазерной системы реактивной тяги для перемещения космических кораблей, — говорит руководитель проекта кандидат технических наук Ю.А.Резунков. — Ведь есть целых четыре возможных направления ее использования. Помимо запуска аппаратов на околоземную орбиту, это и удаление космического мусора за счет изменения орбит его частиц, и защита космических станций от этого мусора, и организация межорбитальных полетов».

Итак, главное достоинство перемещения в пространстве с помощью луча лазера в том, что источник энергии находится на Земле или на орбите и, стало быть, кораблю не надо везти на себе огромные запасы ракетного топлива, вес которого многократно превышает вес полезной нагрузки. Получается, что корабль с лазерным двигателем в самом деле будет походить на быстроходную яхту, у которой нет ни одной лишней детали, только мачта и легкий парус, в данном случае — зеркало. «Мы придумали очень интересную конструкцию, — рассказывает ведущий сотрудник проекта кандидат физико-математических наук В.В.Сте-

панов. — В нашей модели не одно, а два зеркала. Они нужны для того, чтобы корабль мог лететь навстречу световому лучу. Это очень важно: лазерный луч в такой конструкции не рассеивается на продуктах испарения материала. Первое зеркало выглядит очень необычно: оно похоже на гладко отполированный острый шпиль. Луч лазера падает на него и, отражаясь, собирается на другом зеркале, которое надето на широкую часть шпиля как обод на ступицу колеса. Это зеркало концентрирует собранный свет в камере, в которой расположено испаряемое вещество. Оно испаряется, сильно нагревается под воздействием лазерного излучения и стремительно вылетает через сопло, обеспечивая кораблю реактивную тягу».

За три года работы ученые провели много опытов, чтобы подобрать вещество с наилучшими параметрами. Сначала эксперименты проводили с жидким топливом, которое впрыскивали в рабочую зону с помощью форсунок. Эксперименты с более удобными твердыми веществами показали, что лучшую тягу обеспечивает полиформальдегид. Ближайший его со-

перник — поливинилхлорид давал тягу на 30% меньше, а поликарбонат — в два с лишним раза меньше. Поэтому для испытаний полетной модели был выбран полиформальдегид.

Модель космического корабля, способного летать по лазерному лучу, получилась небольшой: диаметр второго зеркала 20 сантиметров, а вес — 200 г. В лаборатории этот кораблик отлично летал со скоростью 3–4 м/с при мощности лазерного излучения 5 кВт, развивая при этом тягу в 1,5 Н. Это в полтора раза больше, чем у двигателей малой тяги, работающих на жидком топливе — гидразине, используемых для коррекции орбиты и ориентации космических станций, и в тысячу раз меньше, нежели у разгонного блока «Фрегат».

«В основе успеха лежат наши многолетние исследования по взаимодействию лазерного излучения с веществом, — говорит Ю.А.Резунков. — Благодаря гранту МНТЦ мы смогли хорошо разобраться в особенностях распространения лазерного излучения в турбулентной атмосфере и создали программное обеспечение, которое позволяет точно фокусировать луч на вершине первого зеркала двигателя и поддерживать его в этом положении во время движения модели космического корабля. К сожалению, для того, чтобы с помощью лазера выводить в космос аппараты, нужны лазеры, способные хотя бы полчаса давать стабильный луч мощностью более 1 МВт. Сейчас такие лазеры только разрабатывают. Кто первым его сделает, тот и полетит в космос по лазерному лучу. Задача осложняется тем, что подобные лазеры, тем более расположенные на околоземной орбите, представляют собой элемент системы противоракетной обороны и их разработка подпадает под действие соответствующих международных договоров».

Топливо	Тяга (Н)	Удельный импульс (с)
Гидразин (двигатели малой тяги для коррекции орбиты)	1	200
Несимметричный диметилгидразин с тетраоксидом азота (разгонный блок «Фрегат»)	$1,96 \cdot 10^4$	320
Ксенон (ионный двигатель «СМАРТ-1»)	$6,8 \cdot 10^{-2}$	1640
Полиформальдегид с воздухом в луче лазера 5 кВт (прототип лазерного двигателя из Соснового Бора)	1,5	1000



Синтетический лист лотоса, или Как получить сверхгидрофобные покрытия



По материалам
статьи журнала
«Кагаку то Когэ»,
т.57, № 1, 2004;
т.58, № 1, 2005

В последние годы в японских химических статьях, где речь идет о гидрофобных материалах и покрытиях, все чаще стали использовать сочетание иероглифов «хасу-но-ха» (лист лотоса), как самый обыкновенный технический термин. Дело в том, что исследователи пытаются в который раз повторить природу и создать поверхность, обладающую свойствами листа лотоса.

Сделаем маленькое лирическое отступление и напомним, что лотос — один из важнейших и наиболее распространенных символов практически во всех древних религиях мира. Например, во времена фараонов лотос был символом Нижнего Египта и царской власти: цветок лотоса носила Нефертити. Бог растительности, Нефертум, также олицетворял первозданный лотос и поэтому именовался «молодым солнцем, что возникает из раскрывающегося лотоса». В индуизме и буддизме лотос фактически один из основных символов космогонии, он олицетворяет чистоту, мудрость, нирвану и многое другое. Кстати, главная буддистская словесная формула (ом-мане-падме-хум) означает просто восхваление сокровища в виде цветка лотоса. В Китае цветок лотоса обожествлялся еще со времен даосизма, а затем его культ прочно вошел в буддистскую религию и в национальную культуру.

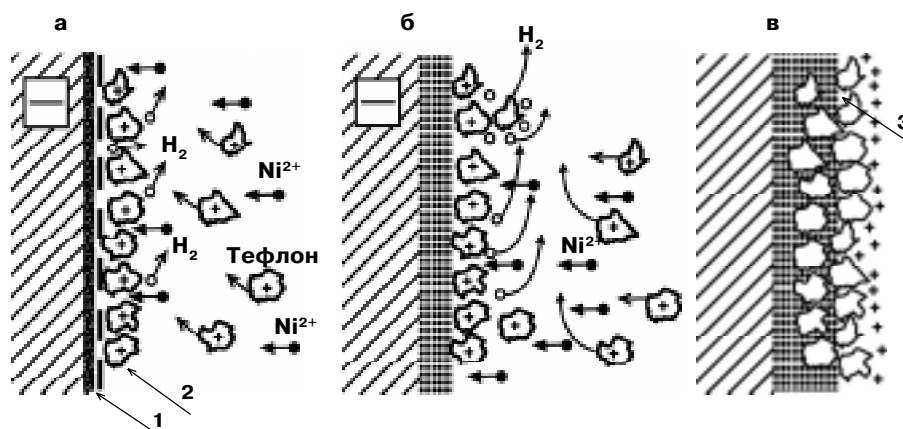
История мифологизации и почитания лотоса очень интересна, и о ней можно писать много, но для нас важ-

нее то, что он действительно обладает необычными физико-химическими свойствами. Благодаря особому строению и очень высокой гидрофобности его листьев и лепестков цветы лотоса остаются удивительно чистыми — именно это поражало наших далеких предков. Цветок, возникший в грязном болоте и оставшийся чистым, незапятнанным, просто не мог не стать символом. Стихотворение средневекового корейского поэта Сон Кана (Чон Чхоля), написанное в форме классического трехстишия сичжо (в переводе А.Ахматовой), прямо описывает эффект сверхгидрофобности лотоса:

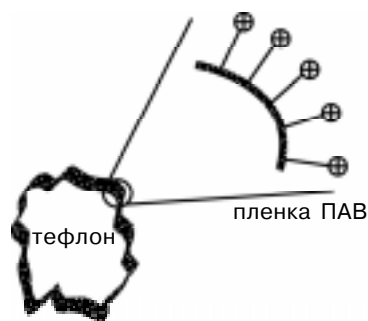
Чем дождь сильнее льет,
Тем лотос все свежее;
Но лепестки, заметь,
Совсем не увлажнились.
Хочу, чтобы душа
Была чиста, как лотос.

Вот почему многие химики и материаловеды называют технологии получения сверхгидрофобных покрытий «лотосовыми». Мы расскажем о двух довольно перспективных направлениях в этой области.

Хадзимэ Киекава из фирмы «Киекава мэкки» и Масаюки Такасима, профессор исследовательского центра университета Фукуи, считают, что сверхгидрофобное покрытие лучше делать электрохимическим способом. Основная идея метода (рис. 1) — это привычное никелирование, но с нестандартным электролитом, содержащим равномерно премешанные частицы тефлона (политетрафторэтилен,



1
Электролитическое совместное осаждение никеля и тефлона:
1 — образование монослоя атомов Ni;
2 — двойной электрический слой;
3 — поры в композитном покрытии



2

Диспергированные частицы тефлона со слоем катионогенного поверхностно-активного вещества на поверхности

PTFE). Такой процесс можно назвать гальванической тефлонизацией поверхности.

Кстати, сам тефлон тоже имеет удивительно химически стойкую и гидрофобную поверхность, и в истории химии он стал своего рода мифом (начиная со случайности его открытия и кончая его уникальной ролью в создании ядерного оружия). Поэтому неудивительно, что тефлон в английском языке также породил кучу ассоциаций, носящих, впрочем, менее возвышенный характер, чем в случае с лотосом. Например, американские журналисты называют тефлоновыми политиками (teflon politician) деятелей, способных счастливо избежать обвинений в любых ситуациях и выскальзывать из самых двусмысленных и подозрительных обстоятельств (среди российских лидеров этого эпитета удостоился М.С.Горбачев).

Тефлон — электрически нейтральное соединение, поэтому, для того чтобы он участвовал в электролизе, его частицы перед добавлением в никельсодержащий электролит предварительно обрабатывают катионным поверхностно-активным веществом. Цель такой обработки — немного уменьшить гидрофобность тефлона, из-за которой он неравномерно распределяется в электролите. После обработки на тефлоне образуется тонкий слой из ионов и молекул растворителя, причем держится он довольно слабо, поскольку связывающие их адсорбционные силы невелики. Но этого хватает, чтобы придать поверхностным концевым группам $-\text{CF}_3$ гидрофильность и равномерно распределить частицы тефлона в никелирующем электролите. После обработки ПАВ группы $-\text{CF}_3$ связываются друг с другом с помощью так называемого гидрофобного взаимодействия, а пленка ПАВ обволакивает всю частицу целиком, делая ее

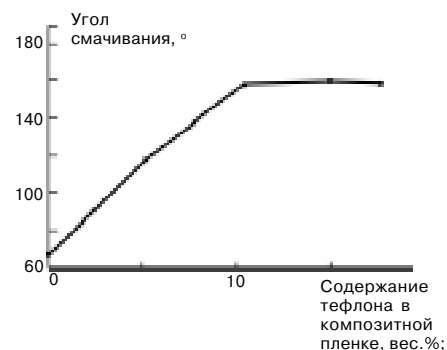
поверхность гидрофильной (рис. 2). В то же время на частицах есть электростатический заряд, который не позволяет им слипаться, в результате чего они и образуют в растворе взвесь или суспензию.

На второй стадии, под воздействием внешнего электрического поля, этот гидрофильный слой «сдирается» с поверхности, а заряженные частицы под действием электрофоретических сил перемещаются к катоду и осаждаются на его поверхность (или внедряются в нее). Этот процесс, как оказалось, сильно зависит от прикладываемого напряжения. Кроме того, сами частицы с налипшим слоем катионного ПАВ имеют случайную форму (средний диаметр около 4 мкм), но из схемы процесса ясно, что если микрочастицы будут более однородными по размеру и более круглыми, то покрытие получится более ровным и прочным.

Интересно, что теоретический механизм совместного электролитического осаждения ионов никеля и частиц тефлона предложили уже давно. И действительно, в технологии нет ничего нового: движение частиц к поверхности-катоде происходит под действием электрофореза и электростатических сил; частицы механически внедряются в поверхностный слой и адсорбируются на катоде под действием молекулярных (ван-дер-ваальсовских) сил.

3

Зависимость угла смачивания (вода на поверхности композитной пленки Ni-тефлон) от содержания тефлона:



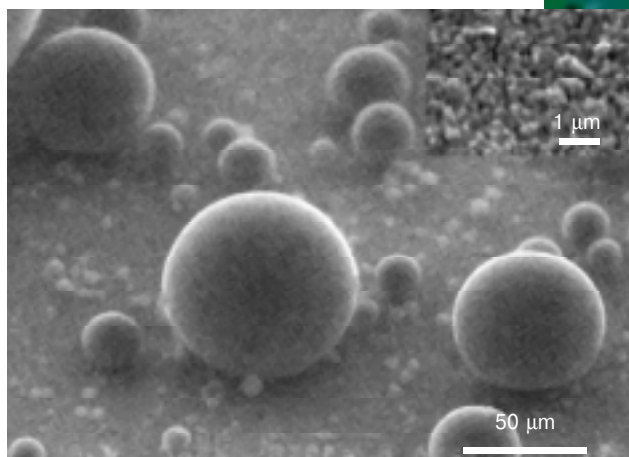
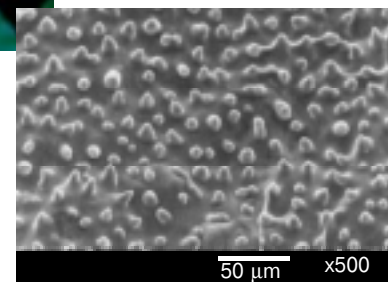
Технологически же это выглядит так. Первый процесс (рис. 1, а) происходит под действием ПАВ, которое обеспечивает заряд на частице и позволяет смешивать их с электролитом. На втором этапе (рис. 1, б) осаждающиеся с ионами никеля частицы тефлона за счет так называемого якорного эффекта (anchor effect) закрепляются на поверхности, причем из-за экранирования на некоторых участках плотность тока возрастает, и на покрытии возникают локальные очаги повышенной плотности и прочности. С другой стороны, именно на таких участках выделяется больше атомов водорода, которые стабилизируют процесс, то есть создают дополнительное экранирование, снижающее скорость осаждения. Наконец, на последнем этапе (рис. 1, в) окончательно формируется сетчатая структура из частиц тефлона, однородно распределенных в слое осажденного никеля. Кроме того, на поверхности остается тонкая пленка молекул ПАВ (на рисунке они показаны значками +), а внутри формирующегося покрытия остаются многочисленные микропоры.

С помощью такого метода можно получать покрытия с очень маленькими частицами тефлона (в диапазоне 1–100 нм), существенно меньшими, чем при обычных методах синтеза, при которых возможны покрытия в несколько мкм. Гидрофобность такой поверхности быстро увеличивается с ростом содержания тефлона — уже при 10–15 вес.% угол смачивания капли воды на таком покрытии достигает 160° (рис. 3).

Зачем нужны такие гидрофобные поверхности? Никель-тефлоновые композиционные покрытия очень интересуют специалистов по проектированию и производству электрических батарей и топливных элементов, особенно тех, которые связаны с поглощением водорода различными металлами и сплавами. Дело в том, что они не только защищают основной объем устройства, поскольку обладают развитой поглощающей поверхностью, но и благодаря присут-



5
*Лист лотоса
под электронным
микроскопом*



4
*Сверхгидрофобная
поверхность из окиси
кремния
(угол смачивания
от 150 до 160°)*

ствию никеля катализируют окислительно-восстановительные процессы, повышая этим емкость и срок действия установки.

Совершенно иной способ получения «лотосового» покрытия разрабатывают на факультете материаловедения университета Нагоя под руководством профессора Осаму Такаи. Метод опять же известен и весьма распространен — это химическое осаждение из газовой фазы с использованием низкотемпературной плазмы. Ионы и радикалы вступают в химическую реакцию, а потом осаждаются и образуют тончайшую пленку на обрабатываемой поверхности (рис. 4). Как получить саму плазму, практически не важно: можно использовать микроволновый или высокочастотный нагрев, постоянный или переменный ток, разнообразные газовые среды и т. д. Секрет метода в том, что в среду вводят микрочастицы органокремниевых соединений (полиорганосиланы), причем они могут содержать фтор (фторалкилсилан), а могут и не содержать (в последнее время интересные результаты были получены для частиц триметил-метоксилана).

Регулируя условия, в которых происходит процесс, авторы получили прочную, износостойкую и одновременно прозрачную гидрофобную пленку для многих систем. Углы смачивания микрокапель воды на таких пленках — от 150 до 160°. Такой подход позволяет покрыть сверхгидрофобной пленкой многие поверхнос-

ти: стекло, пластик, бумагу, словом, любое покрытие, способное выдерживать условия осаждения.

Интересно, что покрытие прозрачно просто потому, что оно очень тонкое, а гидрофобно потому, что поверхность оказывается покрытой микроскопическими выступами и впадинами. Причем именно правильный подбор размера этих микрошероховатостей придает поверхности, с одной стороны, достаточную гладкость и прозрачность, а с другой — сверхгидрофобность.

Исследователи продолжают изучать механизм этого процесса, а также поведение гидрофобных поверхностей при различных температурах и химических условиях. Особо интересно то, что существует своеобразный гистерезис свойств лотосовой поверхности. С присущей японцам деловитостью авторы метода уже планируют его широкое внедрение в промышленное производство. Список возможных применений лотосовых прозрачных пленок выглядит весьма внушительно, что и понятно, если вспомнить уже существующие варианты использования тефлона в науке и технике. Это упаковочные материалы, автомобилестроение (покрытия стекло и деталей, частей двигателя и многое другое), оптическая промышленность (защитные покрытия самых разнообразных линз и устройств), строительство (отделочные строительные материалы, остекление зданий) и т. д.

С другой стороны, гораздо важнее то, что новые материалы наверняка создадут новые интересные возможности в микро- и нанотехнологиях. Основные проблемы нанотехнологий связаны с тем, что в микромире особую роль начинают играть малозначимые в макромасштабе молекулярные процессы — смачивание, адсорбция и т. п. (это когда-то предсказывал Р. Фейнман). Ценность сверхгидрофобных покрытий в наном мире можно проиллюстрировать следующим примером. Предположим, что нам для бытового общения с фантастическим наносуществом потребуется выпустить партию сверхмалых бутылочек «Столичной». Изготовление микроскопической стеклянной тары, по-видимому, возможно уже сейчас, однако процесс точного разливания содержимого «нанополлитры» на троих наверняка окажется исключительно сложной технической задачей именно потому, что на микроемкостях образуется поверхностная пленка и в наномасштабе погрешность будет велика.

Сверхгидрофобные покрытия могут оказаться принципиально важными при изготовлении наноустройств биологического и медицинского назначения, при конструировании топливных и смазочных форсунок или трубопроводов, в наноразмерных двигателях и устройствах, а также для защиты поверхностей столь модных сейчас ДНК-чипов, биосенсоров и микродатчиков контроля состояния окружающей среды.





И.Е.Репин
«Запорожцы пишут письмо
турецкому султану»
(1891),
Русский музей



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Казацкие чернила

На известной картине художника Ильи Ефимовича Репина центральный персонаж почему-то не сразу бросается в глаза. А ведь это именно он, писарь войска Запорожского, пишет письмо. Его чернильница похожа на колбу из химической лаборатории, под пером — лист белоснежной бумаги. Известно, что прототипом военного писаря на картине художника был его современник, профессор Дмитрий Яворницкий, историк и краевед.

А какими чернилами писал военный писарь, да и вообще казаки запорожские? Черную краску для письма делали везде и во все времена. Известны слова английского поэта Джорджа Байрона: «...Одной капли чернила достаточно, чтобы возбудить мысль у миллионов людей». Но у каждого времени были свои чернила.

Для письма люди использовали самые разные вещества. Западная Европа с середины XVIII века, например, писала сепией — коричневыми природными красителями из чернильного мешка морского моллюска. В Китае и на мусульманском Востоке предпочитали тушь — микросуспензию черной сажи в растительных маслах. В высших кругах использовали даже чернила из порошка драгоценных камней, да еще добавляли в них золото. Кстати, красные чернила считали в те времена священными, писать ими мог только китайский император. Едва ли средневековый китаец мог себе представить, что через несколько столетий красные чернила будут использовать учителя всего мира. Тем не менее все эти чернильные жидкости не подходили для Запорожской Сечи. Казакам нужны были чернила, которые долго бы сохранялись, не портились в спартанских условиях их полевой жизни. И вдобавок они не могли быть дорогими. Вспомним, когда в 1654 году Богдан Хмельницкий подписал соглашение с царем, почти 90% казаков и 70% казачек умели писать и читать. Для того чтобы научить грамоте такое множество народа, требовались доступные чернила. Как наши предки их делали? Из местного сырья, то есть из растений, которые были под рукой (Анатолий Пастернак. Казацкая медицина. Киев, 2001). В первую очередь из красной и черной бузины: из нее получались красные, рыжие с золотистым отливом или же черные чернила.

Способ изготовления был довольно простой. Наши предки брали спелые ягоды бузины, измельчали их, заливали водой

(лучше дождевой) и кипятили на краешке тлеющего костра, где жар не такой сильный. Краска быстро переходила в раствор, тогда его сливали в чистую посуду, а к гуще снова доливали воды и продолжали ее вываривать. Так — от трех до пяти раз. Слитую жидкость отстаивали ночь, утром снова переливали в чистую посуду и на слабом огне, тщательно перемешивая, испаряли (все, как у настоящих химиков). Густую краску сливали в керамическую бутылку (сулею), прибавляли немного железного купороса — чтобы чернила дольше сохранялись и имели стойкий цвет.

Сегодня каждый химик знает, что в состав бузинового красителя входят органические вещества и дубильные кислоты (например, галловая кислота, открытая шведским химиком Карлом Шееле в 1786 году). Они и образуют с ионами железа так называемые хелатные комплексы, которые устойчивы к действию света, температуры и микроорганизмов. И на бумагу ложатся гладко. Перед употреблением чернила смешивали с водой — писарь на глаз подбирал нужную вязкость. А если их не разводить водой, то можно было ими красить ткань, кожу и мех.

Растительными чернилами казаки еще и лечились. К примеру, чернилами из дубовых орешков (наросты на листьях дуба) смазывали воспаления на коже. Бузиновые чернила с добавкой столовой ложки меда пили при простудах и насморках. Чернилами из ольхи или из дубовых орешков ополаскивали волосы, чтобы они росли гуще. Вероятно, этот метод был действенным, так как среди запорожцев бритые встречались часто, а лысых вроде как не замечалось.

Чтобы написанное выглядело красиво, требовались чернила разных цветов и оттенков. Зеленые чернила получали из листьев бузины или отваривали стебли хвоща полевого. Синие — из стеблей плауна булавовидного (ликоподий, дереза, плаун) или из корешков спорыша, собранных в конце лета. Парадные пурпурные чернила — из ягод крушины ломкой, рыжие — из ее же коры. Собственно, где стоял полк, того цвета чернила и использовали. Могло быть так, что приказ, полученный от командующего, был написан синими буквами (корни спорыша), а уже ответ, скажем, из Чернигова, земли которого богаты дубом, — черными чернилами из дубовых орешков, надежно стабилизированных железным купоросом. Пожилые люди рассказывают, что во время немецкой оккупации по сельским школам снова детей учили писать бузиновыми чернилами на старых газетах.

А теперь вернемся к казацкому письму. Еще в дорепинские времена историки доказывали, что никакого письма казаки не писали. Все это миф. Впервые варианты этих писем собрал и напечатал поэт и историк Николай Маркевич в пятом томе «Истории Малороссии» почти сто шестьдесят лет тому назад. Наиболее распространенный сейчас текст, который Дмитрий Яворницкий — тот самый знакомый Репина — приводит в «Истории запорожских казаков»: «Ты — шайтан турецкий, проклятого черта брат и товарищ, и самого люципера секретарь! Какой ты в черта рыцарь?..». Почему именно этот вариант получил наибольшее распространение, ответить трудно. Может, потому, что он самый приличный. Так или иначе, даже если запорожцы письмо никуда не отправляли, то думали именно так.

Кандидат химических наук
Г.А.Ковтун

**Международная конференция
студентов и аспирантов
по фундаментальным наукам
“Ломоносов-2006”
V Всероссийская
олимпиада
по органической химии
апрель 2006, Москва
Химический факультет МГУ**



*ChemBridge Corporation
Химический факультет МГУ
Высший химический колледж РАН*

*при информационной поддержке
журнала “Химия и жизнь-XXI век”*

Председатель:

В. В. Лунин,

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

Заместитель председателя:

А. В. Анисимов,

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

**Организационный
комитет:**

С. Е. Семёнов,

Высший химический
колледж РАН

С. Е. Сосонок,

МГУ им. М. В. Ломоносова

А. Г. Болесов,

МГУ им. М. В. Ломоносова

А. В. Куракин,

ChemBridge Corporation

Победителей ожидают призы:

первый приз

10 тыс. руб.,

два вторых приза по

5 тыс. руб.,

Специальный приз

5 тыс. руб.

*лучшему среди участвующих в
олимпиаде повторно.*

*Регистрационная форма и задачи
для разминки будут опубликованы
на сайте www.chembridge.ru,
а также в журнале
«Химия и жизнь-XXI век» (№1, 2006 г.)*

*Иногородним участникам олимпиады, приславшим тезисы
конференции «Ломоносов-2006», МГУ им. М. В. Ломоносова будет
предоставлять бесплатное общежитие.*

*Первым пяти, приславшим правильные решения разночных
задач, а также участникам олимпиады, вошедшим в десятку
сильнейших, Фирма компенсирует проезд в Москву (в обе стороны,
исходя из стоимости плакартного билета).*

*В этом году ChemBridge Corporation дополнительно награждает
4-х победителей олимпиады 100 % грантами на участие в
международном симпозиуме, а лучшие 30 олимпиадцев смогут принять
участие в симпозиуме на льготных условиях.*

Международный симпозиум

*“Advanced Science
in Organic Chemistry”*

Крым

26–30 июня, 2006 г.

ASOC

CRIMEA 06

**Мы ждем вас!
Приходите и побеждайте!**

www.chembridge.ru
olympiada@chembridge.ru

*г. Москва, ул. М. Пироговская, д. 1
Тел.: (495) 775-06-54 доб. 12-01, 12-19
Факс: (495) 956-49-48*



LG Chem

is looking for Researchers to work in Korea

IF YOU ARE A SPECIALIST IN:

- Organic Synthesis
- Inorganic Chemistry
- Physical Chemistry
- Analytical Chemistry
- Electrochemistry
- Nano Composites & Materials
- Display Device Materials
- OLED
- Physics/Photophysics
- Optics
- Material Science
- Polymer Processing
- Polymer Physics
- Chemical Process
- Catalysis
- Computer-Aid Engineering
- Electrics & Electronics
- Mechanical Engineering
- Environmental (Oxidation)
- Biomaterials

and other areas of Chemistry and Physics,

PLEASE, SEND US YOUR DETAILED CV IN ENGLISH

Conditions: at least 1-year contract with LG Chem Research Park, competitive salary, accommodation, paid vacations, perfect working environment for foreigners, etc.



Contacts in Moscow: LG Chem Moscow Information and Technology Center (MITC)
Maria Yelgaeva (yelgaeva@lgchem.com). Phone (095)258-23-35 ext 200, fax (095) 258-23-40

www.lgchem.com



4-ая Международная специализированная выставка «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ» 2006»

Международная конференция «БИОТЕХНОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»



14-17 марта 2006

Москва, Новый Арбат, 36/9 (здание Правительства Москвы)

Тематика выставки

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



Тематика конференции

- I. Новые технологии биофармацевтики:
 - нанотехнологии
 - биоинформатика
 - геноинженерные методы
 - новые лекарственные формы
- II. Биотехнология в основных направлениях медицины:
 - онкология
 - антибактериальная терапия (антибиотики, пептиды)
 - иммунология (вакцины, иммуномодуляторы, аллергология)
 - вирусология
 - кардиология
 - эндокринология
 - неврология и протезирование
 - энзимотерапия
- III. Кровезаменители и парентеральное питание
- IV. Клеточная биотехнология
- V. Фитобиотехнология
- VI. Аналитическая биотехнология
- VII. Фармакоэкономика

Организаторы: Правительство Москвы, Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации, Министерство образования и науки Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации, Министерство природных ресурсов РФ, Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, РАН, РАМН, РАСХН, Российский фонд фундаментальных исследований, Торгово-промышленная палата Российской Федерации, Российский союз химиков, ЗАО "Экспо-БиоТехнологии".

www.mosbiotechworld.ru www.expobiochim.ru

(095) 933-90-51, 933-90-54, 939-72-85

Укращение лигнина



Многие производства, основанные на переработке природных веществ, получили новые возможности с развитием геной инженерии. Изменяя геном организмов, поставляющих сырье или осуществляющих технологические процессы, можно ускорять в них биохимические реакции, притормаживать другие, синтезировать полезные вещества или блокировать образование нежелательных. Удаляя или добавляя гены, заставляя их работать быстрее или медленнее, геной инженеры регулируют физиологические процессы, строение, внешние признаки и технологические свойства у объектов генетических манипуляций.

Таким образом уже получают тополино и вакцины, лекарства и химические препараты. А несколько лет назад группа европейских биотехнологов провела испытания генетически модифицированных тополей с измененным содержанием и составом лигнина. Успехи пока скромные, однако они обнадеживают не только ученых, но и производителей бумаги.

Нет ничего удивительного в том, что последние заинтересовались биохимией и геной инженерией растений.

Главный компонент бумаги — волокна целлюлозы — получают в основном из древесины, то есть из стволов и веток лиственных и хвойных деревьев. Древесину составляют две ткани: ксилема, проводящая воду и минеральные вещества от корней к листьям (рис. 1), и склеренхима, придающая стволам прочность. Стенки их клеток состоят не только из целлюлозы, но также из гемицеллюлозы и лигнина. Все вместе они образуют композитный материал, сложный трехмерный комплекс, в котором длинные и прочные молекулы целлюлозы собираются в каркас, гемицеллюлозы заполняют промежутки между ними, а гидрофобный лигнин укрепляет стенки клеток и делает их непроницаемыми для воды и соков.

В хвойных деревьях 23–38% лигнина, а в лиственных 14–25%. Это он придает древесине красивый желтоватый, коричневатый или красноватый оттенок, а инкрустированные им клетки создают красивый рисунок на поверхности деревянных изделий (рис. 2). Присутствие лигнина в клеточных стенках легко доказать цветными реакциями, например с флороглюцином, пирокатехином, хлором и сульфитом натрия, гидрохлоридом или сульфатом анилина.

Что хорошо для дерева, украшает мебель и делает прочными деревянные дома, то плохо для потребителей бумаги. Если плохо удалять лигнин, бумага выходит рыхлой, грубой и быстро

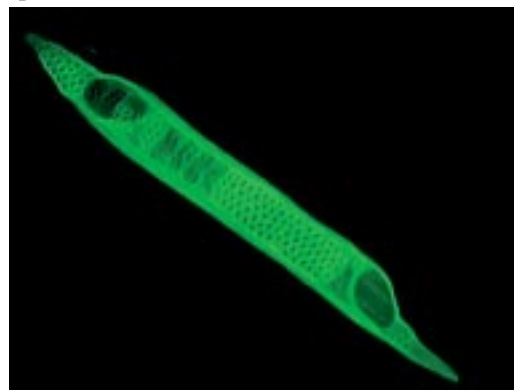
желтеет. Из такой бумаги обычно делают газеты и дешевые книги. Поскольку все больше писателей и журналистов, специалистов по рекламе и других мастеров слова и образа считают свои творения достойными долгой жизни и безупречного исполнения, спрос на высочайшую бумагу растет (рис. 3, 4).

Желание печатать книги и писать на белой бумаге возникло давно. В XIX веке бумажную массу начали отбеливать хлором. Тогда же возникли и технологии удаления лигнина, суть которых состоит в том, что измельченную древесину варят со смесью химических реактивов («щелоком») при повышенной температуре и давлении. В результате лигнин разрушается и переходит в раствор, а целлюлоза остается в осадке.

Наиболее распространен сульфатный метод (в зарубежной литературе его обычно называют процессом Крафта), поскольку он позволяет перерабатывать древесину любых пород. Древесную массу варят с NaOH и Na₂S в течение 5–7 часов при 165–170° С и давлении 0,6–0,8 МПа.

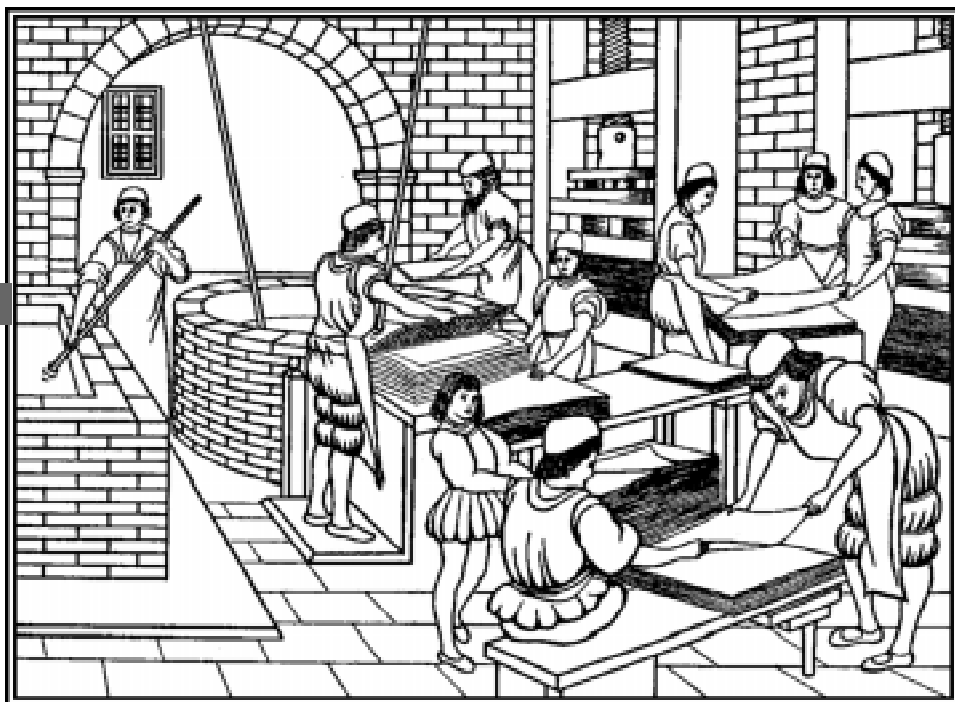
При изготовлении бумаги из древесины хвойных пород применяют сульфитный метод. Опилки кипятят в сульфитном щелоке — растворе, содержащем сернистый газ (5–10%) и гидросульфиты натрия, калия, магния и аммония. Эту операцию проводят в автоклавах 5–12 часов при температуре 130–155°С и давлении 0,5–0,8 МПа.

1
Сосуд осины (тополя дрожащего) — основной элемент ксилемы. Окрашен флуоресцентным красителем



2
Древесина тополя





3

Изготовление бумаги

Натронный метод используют для получения целлюлозы из лиственной древесины. Варку проводят в щелоке, содержащем 3–10% NaOH, 1–6 часов при 140–170°C и давлении 0,6–0,8 МПа.

В любом случае для получения высших сортов бумаги полученную массу обесцвечивают (отбеливают) окислителями: Cl_2 , ClO_2 , $NaClO$, O_2 .

Все эти операции в какой-то степени повреждают и целлюлозу, так что проводить их в еще более жестких условиях нельзя. Приходится идти на компромисс, и небольшие примеси лигнина остаются в бумаге.

Мы дорого платим за прихоть пользоваться белой бумагой. Процессы очистки и отбеливания целлюлозы вредны для окружающей среды, особенно для водоемов, поскольку для отмывки бумажной массы от остатка реагентов приходится использовать много воды (вспомним споры из-за целлюлозно-бумажного комбината на Байкале).

Лигнин приходится удалять и в гидролизном производстве, в котором целлюлозу гидролизуют до олиго- и моносахаридов, чтобы сделать корм для полезных микроорганизмов и использовать его в биотехнологических процессах. Сейчас во многих странах рассматриваются проекты преобразования растительной биомассы в топливо и сырье для химической промышленности (см. статью академика В.Г.Дебабова «Химия без нефти» в № 4 «Химии и жизни» за 2005 год). Ключевая проблема в этих проектах — освобождение целлюлозы от лигнина.

Часть лигнина используется в хозяйстве. Из отработанного щелока, содержащего продукты его взаимодействия с сернистым газом (соли лигносульфофокислот), получают дубильные вещества, ванилин, технический этиловый спирт. Однако лигнина в производстве бумаги выделяется слишком много, чтобы использовать его целиком, и, если бы удалось уменьшить его количество в сырье, то есть в деревьях, выиграли бы и промышленность, и окружающая среда.

4

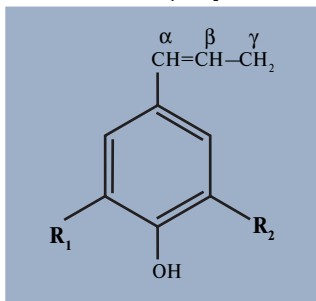
И сегодня бумагу делают вручную



В последние годы в производство бумаги вмешалась биотехнология. Т.Кирк и М.Ахтар предложили использовать для удаления лигнина ферменты грибов, разлагающих древесину в природе, однако повсеместного применения этот способ не получил.

Биохимики много изучали лигнин, его строение, химические свойства и реакции, в которых он образуется и связывается с другими компонентами клеточных стенок. Д.И.Менделеев и П.П.Рубцов в статье «Инкрустирующие вещества», написанной для словаря Брокгауза и Ефрона, замечали: «Будучи чрезвычайно распространена в растениях и составляя массу такого технически важного материала, как дерево, лигноклетчатка представляет преимущество перед всеми другими видами инкрустированных клетчаток, и поэтому она уже издавна весьма много и подробно изучалась. Но особенно существенные шаги были сделаны в самое новейшее время, чему немало содействовали успехи в изучении глюкозы и важные усовершенствования в способе исследования...»

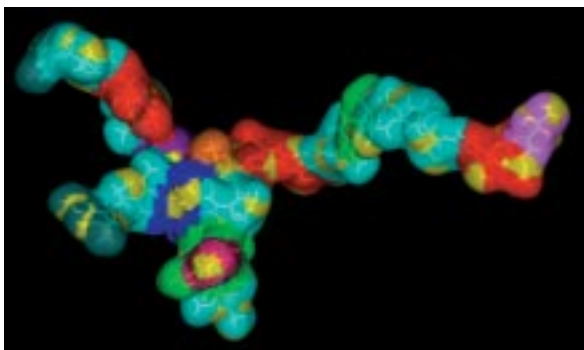
Мономеры лигнина, спирты:
кониферилловый ($R_1 = H, R_2 = OCH_3$);
синаповый ($R_1 = R_2 = OCH_3$);
***p*-кумаровый** ($R_1 = R_2 = H$)



Примерно те же слова (кроме разве что упоминания глюкозы, вернее, моносахаров) можно прочесть и в последних статьях, посвященных лигнину. Неудивительно, что работа с этим веществом растянулась на столетия. Изучать его трудно. Это нерегулярный полимер, состав которого зависит от вида растения, типа клетки и даже от места в клеточной стенке. При выделении лигнин частично разрушается, поэтому состав и свойства препарата определяются еще и способом выделения. Химики XIX века исследовали лигнин, воздействуя на древесину различными реагентами (например, минеральными кислотами, щелочами, смесью азотной кислоты и бертолетовой соли, бромной водой и аммиаком), разрушая лигноцеллюлозный комплекс и определяя молекулы-обломки. Позже к химическим методам добавились гистохимические (окраска и микроскопия клеток растений), спектроскопические и биохимические методы, а в последние годы — генно-инженерные. Сейчас не менее двадцати пяти исследовательских групп в разных странах изучают, как лигнин образуется, какая у него структура и как его характеристики влияют на свойства бумаги при разных технологиях ее получения. Примерно половина из них использует генную инженерию.

Установлено, что лигнин — это полимер трех фенольных спиртов (монолигнолов): кумарилового, кониферилового и синапилового, производных ароматического коричневого спирта (рис. 5). Есть в нем в небольших количествах и другие мономеры. Пути биосинтеза этих веществ удобно проследить от аминокислоты фенилаланина. С десятков ферментов осуществляют реакции образования монолигнолов, однако до сих пор не все эти реакции известны, и тем более неясен их количественный вклад, поэтому каждое новое исследование что-то уточняет в имеющихся схемах. Большинство генов, кодирующих фер-

6
Модель *O*-метилтрансферазы кофейной кислоты (COMT)



менты биосинтеза, в последние годы удалось определить и клонировать.

Образовавшись в клетке, мономеры выводятся наружу и там полимеризуются. Для этого используется двойная связь в боковом радикале, а также гидроксильные группы. Состав, структура и свойства всего лигноцеллюлозного комплекса определяются соотношением мономеров и способами их соединения. У голосеменных и покрытосеменных растений, у деревьев и трав они различны. Вероятно, это определяется различной активностью одних и тех же базовых ферментов. Как реакции сборки протекают в пространстве, как строится трехмерный комплекс целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, по-прежнему остается большим секретом растений.

7

Этот тополь еще растет в пробирке...



8

...а эти уже в теплице



9

Опытные площадки с трансгенными тополями



10

Тополь со снятой корой готовы для отправки на фабрику:
 а) линия со сниженной активностью COMT;
 б) линия со сниженной активностью CAD;
 в) обычные деревья

му их в большом количестве высаживали в наших городах полвека назад. Во-вторых, тополя легко трансформировать (вводить в их клетки новые гены) с помощью агробактерий. В-третьих, все тридцать видов деревьев из рода *Populus* (тополь) хорошо скрещиваются с образованием внутривидовых и межвидовых гибридов. Геном тополя недавно был расшифрован. Для дерева он невелик — всего около 500 млн. пар оснований. Это в 50 раз меньше, чем у сосны, хотя и в четыре раза больше, чем у травянистого арабидопсиса (резушки Таля). Наконец, эти деревья вполне годятся для производства бумаги.

Методом антисмысловых мРНК воздействовали на несколько ферментов в клетках тополей. Среди них дегидрогеназа коричневого спирта (в транслитерации с английского — циннамил-алкоголь дегидрогеназа, сокращенно CAD). Она проводит один из ключевых этапов, конечную реакцию образования мономеров — восстановление альдегидов до спиртов. Генетики работали и с другими ферментами. COMT (О-метилтрансфераза кофейной кислоты, рис. 6) переносит на мономеры метильные остатки; 4CL (4-кумарат-КоА лигаза) связывает кумаровую кислоту с донором энергии — ацетил-КоА; CCR (циннамоил-КоА редуктаза) превращает КоА-производные кофейной, кумаровой и других кислот в соответствующие альдегиды.

Были получены интересные результаты. Так, у тополей со сниженной активностью CAD древесина стала красной или красно-коричневой, а при уменьшении количества COMT падало содержание одной из форм лигнина (S-лигнина). Угнетение 4CL снижало содержание лигнина на 40% и при этом не влияло на структуру клеточной стенки, а блокирование CCR уменьшало содержание лигнина, но сказывалось на строении комплекса лигнина с целлюлозой.

Большинство экспериментов с тополями проходило в теплицах (рис. 7, 8). Главные совместные работы биотехнологов, биохимиков и технологов по производству бумаги были проведены в Европейском Союзе, где уделяют больше внимания междисциплинарным исследованиям и выделяют деньги на такие проекты. Десять лет назад европейские ученые из Бельгии, Великобритании, Франции и Швеции наконец начали испытания подопытных тополей на открытых площадках. Эксперименты координировал Ву Борджан, руководитель группы биотехнологии деревьев из отдела молекулярной генетики Гентского университета — того самого, в котором работает профессор Марк ван Монтагю,



11
Деревья, пострадавшие от идиотских вандалов

один из создателей первых трансгенных растений. Сотрудники университета и французского Национального института сельскохозяйственных исследований (INRA) трансформировали тополя, биохимики из французского Национального агрономического института (INA-PG) определили состав и содержание лигнина, INRA и компания «Zepesa» (она теперь входит в состав корпорации «Syngenta») провели полевые испытания, а Центр технологии бумаги (Франция) проверил, как измененная древесина ведет себя при изготовлении бумажной массы (рис. 10).

В Великобритании опыты окончились преждевременно, и не все намеченные исследования удалось провести: в июле 1999 года посадки разорили «зеленые» хулиганы, спилив и покалечив деревья (рис. 11). Пресса не упустила случая отметить, что «эко-активисты» напали на технологию, которая может, если довести ее до промышленного применения, уменьшить загрязнение природы химическими веществами. Однако ученым удалось взять образцы древесины, чтобы измерить активность ферментов. Во Франции дела пошли успешнее. Тополя выросли до четырехлетнего возраста, их спилили, исследовали состав лигнина и активность ферментов, а затем отправили на переработку в бумагу.

В испытаниях участвовали четыре линии деревьев, не считая контрольной: у двух была снижена активность гена CAD, у двух — COMT. Деревца росли как положено и не отличались от обычных сверстников ни высотой, ни диаметром ствола.



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

Активность обоих ферментов в трансгенных тополях на четвертом году их жизни оставалась сниженной, хотя и не в такой степени, как у молодых саженцев в теплицах. Древесина тополей со сниженной активностью CAD была красной, а со сниженной активностью COMT — бледно-розовой. В одной из линий со сниженной активностью CAD лигнина было немного меньше, чем у контрольных деревьев, а его структура изменилась.

Наиболее важно было узнать, как скажется изменение лигнина на получении бумаги из древесины трансгенных тополей. Опыты подтвердили предварительно полученные данные о том, что при переработке сульфатным способом CAD-линий нужно меньше реагентов, а бумажная масса получается более высокого качества. Однако снижение активности COMT ухудшало качество древесины как сырья для получения бумаги. Таким образом, ответ на главный вопрос исследования был отчасти положительным.

Ученые опасались, что насекомые, патогенные грибы и бактерии будут больше повреждать деревья с уменьшенным содержанием лигнина, однако этого не произошло. Изменение лигнина не повлияло на скорость разложения растительных остатков в почве и состав сообщества микроорганизмов.

Кстати, предотвратить бесконтрольное распространение трансгенных тополей легко — их можно сделать бесплодными, заблокировав гены цветения, а вегетативно без помощи человека они не размножаются.

Европейские ученые сделали только первые шаги в укрощении лигнина. Исследования будут продолжаться. Можно ожидать, что в ближайшие годы станет ясно, как образуется трехмерный комплекс лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз, как регулировать его строение и свойства. А это даст ключ к инженерии любых растительных волокон, нужных для изготовления нитей, канатов, тканей и множества других вещей.



ВОЛНИСТЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Ученые из Иллинойского университета сделали транзисторы, подобные гармошке.

Yonggang Huang,
huang9@uiuc.edu

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

Чтобы сделать полупроводниковые гармошки, ученые из Иллинойского университета (США) во главе с профессором Йонганом Хуаном нанесли сверхтонкие полоски полупроводниковых устройств из монокристаллического кремния на стандартную кремниевую подложку. Затем с помощью травления их отрезали, получив ленты толщиной в 100 нм и сверху положили лист растянутой резины. Кремниевые полосы к нему прилипли и отделились от подложки. А когда резиновый лист сжался, получилась волнистая поверхность, похожая на меха гармони. Как и настоящую гармонь, ее можно много раз сжимать и растягивать, и это никак не сказывается на работе полупроводниковых устройств.

«Растяжимые кремниевые диоды и транзисторы — лишь два примера волнистых электронных устройств, которые можно делать по нашей технологии, — говорит Йонган Хуан. — В будущем этим способом удастся формировать целые микросхемы. А пригодятся они для создания датчиков и управляющих механизмов, которые станут встраивать в искусственные мышцы или ткани человека».



СВОЙ СРЕДИ СВОИХ

С помощью антител немецкие биохимики вылечили диабет у мышей.

Пресс-секретарь
Manfred Braun,
mbn@gbf.de

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

При диабете первого типа клетки иммунной системы уничтожают в поджелудочной железе островки Лангерганса, которые вырабатывают инсулин. Биохимики из Германского исследовательского центра биотехнологий (Брауншвейг) нашли способ донести до лимфоцитов информацию о том, кого им следует уничтожить, а кого оставить в покое. Эксперименты они ставили на мышах, генетически predisposed к этому заболеванию.

Сразу после рождения мышатам делали инъекцию препарата со специально синтезированными антителами, к которым был приделан белок, как раз и вызывающий столь губительную для организма реакцию. Эти антитела связывались с особыми клетками иммунной системы — так называемыми дендритными клетками. Их функции — разъярять лимфоцитам, как следует распознавать чужих, проникших внутрь организма, и не трогать своих. (Подробно об этих клетках см. статью Е.П.Харченко в этом номере.) Дендритные клетки, которые оказались помечены антителом, несущим белок из поджелудочной железы, сумели разъяснить лимфоцитам, что островки Лангерганса трогать не надо: у подопытных мышей диабет так и не развился.

«Наше открытие, конечно же, не удастся немедленно превратить в лекарство для человека, потому что соответствующий белок мыши сильно отличается от человеческого, — говорит руководитель работ доктор Ян Буер. — Однако оно будет способствовать созданию методов надежной профилактики диабета и подскажет, как лечить другие аутоиммунные заболевания».

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

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ОДИНОКОЙ МОЛЕКУЛОЙ

Американские физики научились следить за изменениями электронной плотности вокруг отдельной молекулы.

Martin Gruebele,
mgruebel@uiuc.edu

«Придуманый нами метод сочетает химическую избирательность абсорбционной спектроскопии и способность туннельного микроскопа видеть отдельные атомы. В результате мы можем посмотреть, как одна-единственная молекула, поглотив энергию, изменяет свою форму», — говорит руководитель работы профессор Иллинойского университета Мартин Грубель.

Ученым надо было решить сложную задачу. Ведь единичная молекула поглощает столь мало энергии, по сравнению с которой нагрев образца и кончика зонда микроскопа, попавших под луч света, оказываются слишком сильным. Чтобы избавиться от возникающей ошибки, физики применили два хитрых приема. Во-первых, исследуемую молекулу положили на подложку из прозрачного кремния. Проходя через нее, лазерный луч практически не нагревал ни образец, ни кончик зонда. Во-вторых, запирающая диафрагма, срабатывающая с той же частотой, с которой лазер испускает импульсы, отсеивала механический и электронный шум. В результате сканирующий туннельный микроскоп предьявляет глазам исследователя мельчайшие детали изменения распределения плотности электронов вокруг молекулы при поглощении ею энергии.

«Абсорбционная спектроскопия одиночных молекул — чрезвычайно чувствительный метод изучения электрических свойств молекул. Он хорошо дополняет флуоресцентную спектроскопию, поскольку большинство молекул отнюдь не флуоресцируют, но зато все поглощают энергию. Наш метод оказывается более общим», — говорит Мартин Грубель.

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

БОЛОТО НА КРЫШЕ ЧИСТИТ ВОДУ

Британские ученые предлагают очищать бытовую воду с помощью водных растений.

David Butler,
d.butler@imperial.ac.uk

Система для очистки воды, которую разработали ученые из лондонского Королевского колледжа, располагается на крыше здания. Она представляет собой сеть связанных друг с другом бассейнов, закрытых пленкой, а в отверстия этой пленки посажены разнообразные болотные растения. В бассейн поступает так называемая серая вода, которая остается в ванной после купания или на кухне после мытья посуды. Когда она медленно перетекает из бассейна в бассейн, корни растений извлекают растворенные вещества и используют их для своего питания. Так вода становится более-менее чистой. Пить ее, конечно, нельзя, зато можно поливать сад или использовать в туалете.

На самом деле, более половины воды не нужно очищать до уровня питьевой, однако это все равно приходится делать. Благодаря болотной системе очистки большую часть воды, прежде чем отправить в городскую канализацию, будут использовать дважды. Да и крыша, засаженная цветами, станет красивее.

«Мы тщательно подбирали болотные растения, которые хорошо разлагают бытовые стоки. Наиболее подходящее для наших целей — водная мята. Кроме того, в систему входят желтый ирис, болотная калужница и тростник — набор разных растений нужен на тот случай, если в воде появится необычный загрязнитель, от которого какие-то виды погибнут», — говорит руководитель работы профессор Дэвид Батлер из Королевского колледжа.



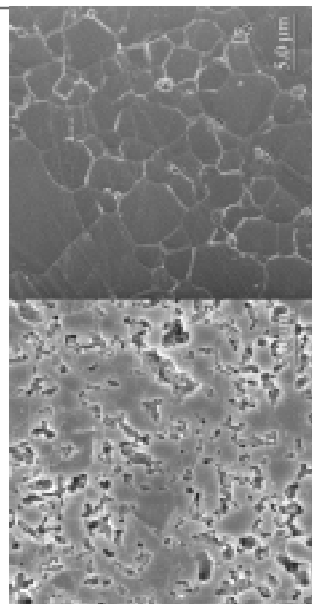
СИНТЕЗ ШЛЕМА И БРОНИ

Материаловед из Джорджии придумал, как сделать керамический солдатский шлем.

В зарубежных лабораториях

Нитрид бора — третье по твердости вещество на планете после алмаза и корунда и к тому же очень легкое, поэтому материаловеды давно к нему приглядываются: нельзя ли из нитрида сделать броню для современного солдата. Увы, как и всякую керамику, нитрид бора весьма нелегко обрабатывать. Пластинки из него делают методом порошковой металлургии, спекая при высоком давлении и температуре. В силу тех или иных причин частицы порошка не всегда плотно заполняют пространство, и в готовом материале получаются поры, что отнюдь не способствует его прочности. Кроме того, спеканием под давлением невозможно получать объемные изделия сложной формы.

Профессор Роберт Шпеер из Технологического университета Джорджии придумал, как обойтись вообще без прессования. «Я внимательно изучил изменения размера частицы порошка при нагреве и выяснил, что она расширяется на 12–15%. Свои особенности имеет и сжатие частиц во время последующего охлаждения. Учитывая все эти нюансы, мы создали новую технологию, которая позволяет получать изделия из нитрида бора безо всякого внешнего давления», — рассказывает ученый. Материал оказался достаточно плотным, чтобы останавливать летящую пулю, причем из него можно сделать столь сложный трехмерный объект, как солдатский шлем.



Пресс-секретарь
John Toon,
john.toon@edi.gatech.edu

Получив такие результаты, ученый при поддержке специального подразделения университета, которое помогает ученым внедрять свои разработки, создал компанию и получил два университетских гранта в 100 тысяч долларов. Ничего удивительного, ведь рынок военной амуниции растет со скоростью 5,7% в год и составляет сейчас 27 миллионов долларов. У грантодателей есть все шансы вернуть затраты, тем более что броня из нитрида бора принята на вооружение Министерством обороны США.

В зарубежных лабораториях

ИСКУССТВЕННОЕ СОЛНЦЕ ДЛЯ ТИРОЛЯ

Австрийские инженеры придумали, как дать солнечный свет жителям узких ущелий.

Город Раттенберг в австрийском Тироле построили в Средние века вблизи Крысиной горы. Его основателя интересовали исключительно фортификационные возможности крепости, а то, что гора высотой в 900 метров на три зимних месяца скрывает поселение от солнца, в расчет принято не было. Ныне же это обстоятельство оказалось решающим для жизни города: обитатели Раттенберга постепенно разъезжаются в места с более гостеприимным климатом. Изменить ситуацию решили австрийские инженеры из компании «Бартенбах ЛихтЛэйбор» при помощи европейской инициативы поддержки инноваций «ЭВРИКА».

Они предполагают в 400 метрах от города поставить гелиостаты — гигантские зеркала на подвижных опорах. Эти зеркала отслеживают движение Солнца и передают его свет на отражатели, которые смонтируют на замковом холме. В отличие от гелиостатов, отражатели жестко закреплены и освещают ту или иную площадь. «Мы не сможем осветить весь Раттенберг целиком, но создадим в нем пять-шесть больших пятен солнечного света. В результате у местных жителей и туристов возникнет ощущение, что город буквально залит солнцем, а это очень важно для психологического комфорта. Если проект окажется удачным, то можно надеяться, что власти других городов, испытывающих аналогичные проблемы, дадут деньги на создание таких же систем естественного освещения» — говорит представитель компании Вилфрид Пол.

Кстати, идея осветить тенистые места отнюдь не нова — еще в СССР ученые всерьез думали над тем, как развернуть на геостационарной орбите огромный светоотражающий парус из тонкого пластика, который направлял бы свет Солнца на один из северных городов, например Норильск. Однако до сих пор эксперименты на орбите с такими парусами оканчивались неудачей.

Catherine Shiels,
EUREKA,
catherine.shiels@es.eureka.be; Wilfried Pohl, Wilfried.Pohl@bartenbach.com, www.bartenbach.com

В зарубежных лабораториях

КВАНТОВАЯ ТОЧКА ОСВЕЩАЕТ ДНК

Ученые из США сделали метку для ДНК из квантовой точки.

Чтобы узнать, содержится ли в образце тот единственный фрагмент ДНК, который интересует исследователя, нужно иметь молекулярный датчик: маленький кусочек ДНК и приделанная к ней светящаяся молекула. Этот кусочек отыщет комплементарный себе фрагмент в исследуемой ДНК, прицепится к ней, а светящаяся метка покажет, где это место расположено. Именно такую конструкцию и сделали ученые из университета Джона Хопкинса во главе с профессором Джеффом Ца-Хуэй Вангом. Состоит она из трех частей. Во-первых, это два разных датчика-фрагмента ДНК. К одному приделана молекула биотина, к другому — молекула Су5, способная светиться при облучении. Во-вторых — квантовая точка, поверхность которой покрыта стрептовидином. Это вещество очень крепко связывается с биотином.

Попав в исследуемый препарат, все три компонента вступают в сложные взаимодействия. Сначала датчики присоединяются к исследуемой ДНК. Если в ней есть искомым фрагмент, то оба датчика окажутся рядом. Далее, наноточка свяжется с тем датчиком, который несет биотин, и при облучении станет выдавать энергию. И если рядом с ней окажется флуоресцентная молекула от второго датчика, то она засветится! А во всех остальных случаях, то есть если датчики оказываются далеко друг от друга, никакого света не будет.



Пресс-секретарь
Jason Gorss,
gorssj@rpi.edu

Уголь и радиоактивность

Доктор геолого-минералогических наук
Л. Я. Кизильштейн,
Ростовский государственный
университет

Что общего у угля и радиоактивности?

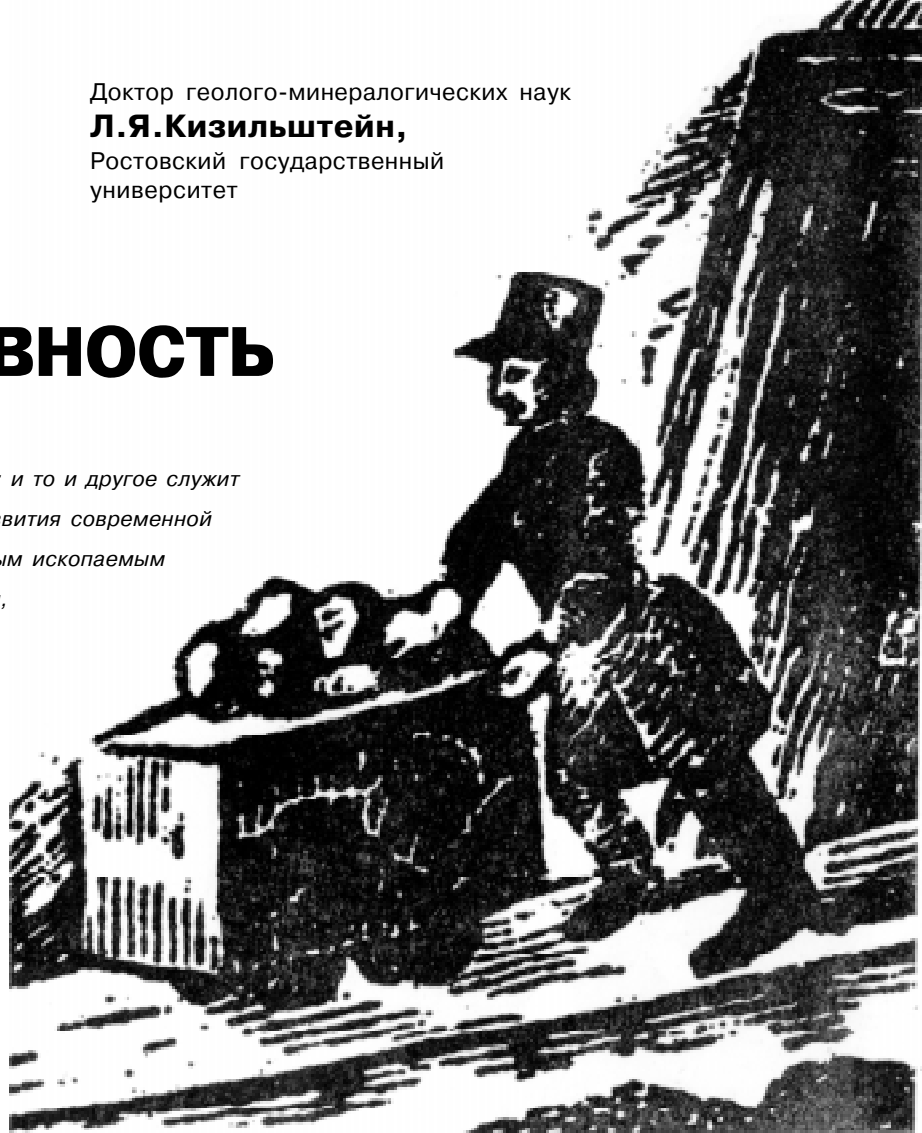
Ответ вроде бы напрашивается сам собой: и то и другое служит источником энергии, необходимой для развития современной цивилизации. Есть, однако, между полезным ископаемым и физическим явлением непосредственная, прямая связь, которая мало известна. О ней и пойдет речь в статье.

Геохимия ископаемого топлива

Ископаемый уголь — удивительная горная порода, сложенная почти целиком из геологически измененных тканей древних растений. В осадочных породах ископаемые растительные остатки совсем не редкость, но, для того чтобы их можно было назвать угольным месторождением, они должны формировать скопления — угольные пласты, представляющие собой огромные плитообразные или линзовидные образования, промышленная разработка которых экономически целесообразна.

Высшие растения появились на суше примерно 350 миллионов лет назад, и почти сразу же (по геологическим меркам) их отмершие остатки стали накапливаться, дав начало современным залежам каменного угля. Происходило это в девонском периоде палеозойской эры, а до того на протяжении примерно трех миллиардов лет жизнь была лишь на просторах Мирового океана.

Бактерии и водоросли, населявшие водную стихию в то время, тоже изредка образовывали довольно крупные скопления, давая начало породам, очень похожим на угольные пласты. Такие скопления, геологический возраст которых превышает миллиард лет, обнаружены, например, в Карелии; они получили название шунгитов. У этой ископаемой органики, происходящей из низших форм жизни, есть свои особенности: несмотря на большое внешнее сходство с углем, шунгит не горит (впрочем, не горит при обычных условиях и графит, состоящий почти целиком из уг-



лерода органического происхождения), но шунгиты — это тема отдельной статьи. Нас же интересует уголь.

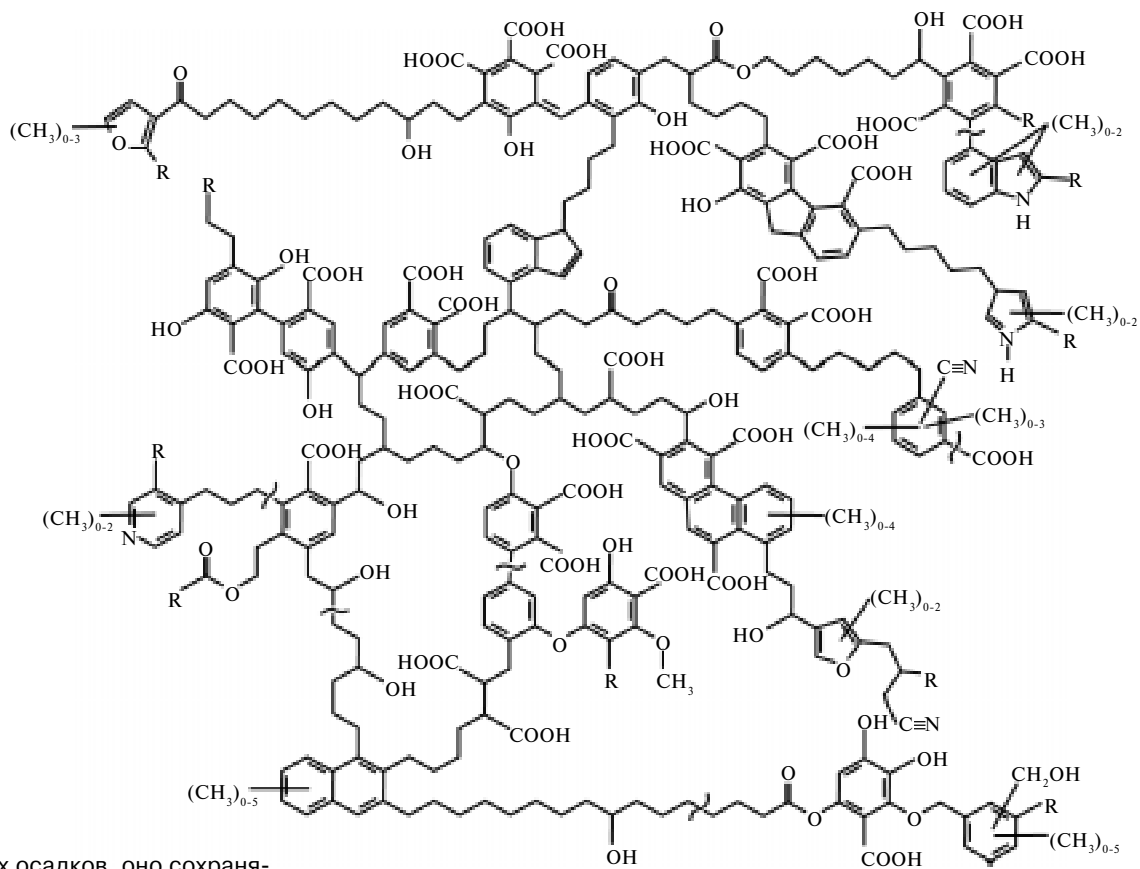
Органическое вещество устойчивостью не отличается: крупные углеродсодержащие молекулы — лакомый кусок для вездесущих микроорганизмов. Как только растение или животное прекращает свою жизнедеятельность (умирает), вещество, слагающее его, подвергается мощной атаке микробов и быстро (по геологическим масштабам мгновенно) распадается на простые органические соединения. Год - два, ну, в крайнем случае, пара десятилетий, и от бывшего организма практически ничего не остается.

Откуда же в недрах Земли столько ископаемой органики? Каким чудом избежало распада органическое вещество, давшее начало месторождениям угля, нефти, природного газа? Ничего чуда, конечно же, нет — все дело в том, что при дефиците свободного кислорода разрушительная деятельность микроорганизмов резко замедляется. Природную обстановку такого рода называют в геохимии восстановительной — время от времени она воз-

никала на тех или иных участках суши или моря во все геологические эпохи. Бактерии, живущие за счет «готового» органического вещества при достаточном количестве кислорода в среде, называются аэробными гетеротрофами. В отсутствие кислорода они не могут окислять (усваивать) органическое вещество, а значит, не могут строить свое тело. И тут уже не важно, что вокруг сколько угодно органики, которую эти микроскопические существа могли бы с успехом использовать.

В природных условиях ограниченный доступ кислорода — специфическая особенность малоподвижных водных сред. Если содержание кислорода в атмосферном воздухе составляет в среднем 20,9% (по объему), то в стоячей воде его не более 3–4%. Такие условия характерны для болот, донных отложений озер и лагун. Из разрушителей органики здесь могут жить только анаэробные сапрофиты, но их активность и численность ничтожна по сравнению с аэробами.

Если же органическое вещество оказывается захороненным под толщей вновь отлагающегося торфа или

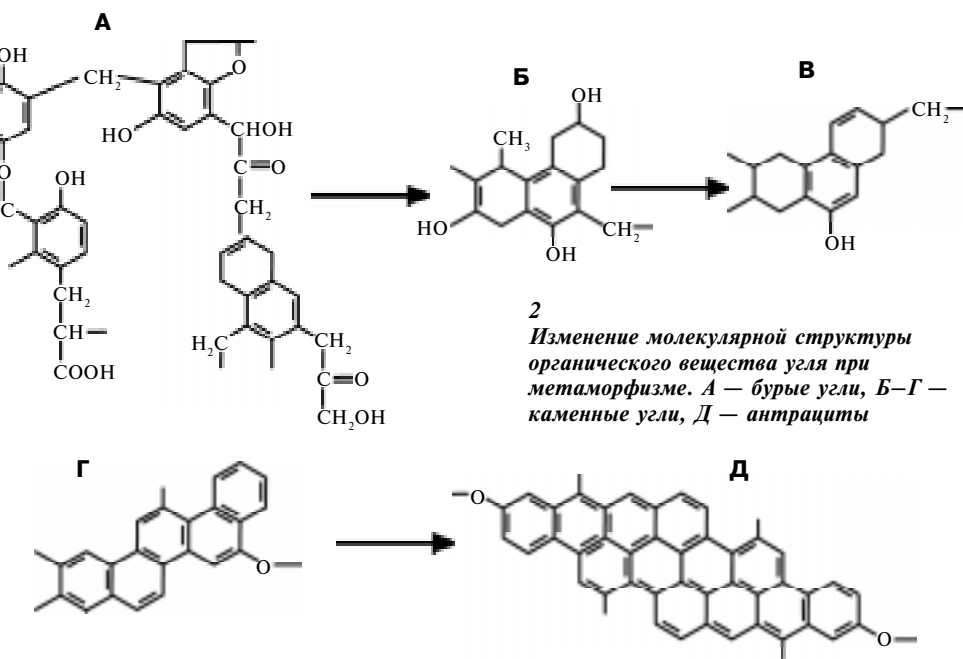


1
Структура
молекулы
гуминовой
кислоты

донных осадков, оно сохраняется еще лучше. Подобные ситуации возникали в геологическом прошлом неоднократно: при тектоническом опускании земной коры минеральное вещество смывается с суши и покрывает органические остатки на дне водоемов толстым слоем, практически непроницаемым для кислорода. Закономерности тектонических движений земной коры и связанное с этим образование осадочных горных пород — фундаментальные разделы современной геологии, без которых невозможно понять в том числе и закономерности образования месторождений полезных ископаемых.

Органическое вещество донных отложений — это в основном продукты разложения бактерий и водорослей. Под воздействием геологических процессов из него могут получиться нефть, природный газ или горючие сланцы. Из такого же материала в свое время образовался шунгит. А вот органика болот (торф) образуется из высших растений. Геологическая перспектива в этом случае — ископаемый уголь.

Итак, уголь начинается с торфа. После того как сформировавшийся пласт покрывается слоем минеральной породы, он вместе с нею постепенно погружается в глубины земной коры и там подвергается воздействию все возрастающих температур и дав-



2
Изменение молекулярной структуры
органического вещества угля при
метаморфизме. А — бурые угли, Б—Г —
каменные угли, Д — антрациты

лений. То, что происходит затем, называется углефикацией, или метаморфизмом. В начале торф становится бурым углем, затем — каменным и в конечном итоге антрацитом. Для образования антрацита органическое вещество должно погрузиться вглубь на 8–10 километров, где оно подвергнется воздействию температур, достигающих 300–350°C, и давлений в несколько сотен атмосфер. Но по-

скольку не во всех геологических ре-

гионах тектонические процессы способствуют погружению на такие большие глубины, метаморфизм может остановиться на любой стадии. Существуют буроугольные бассейны (Подмосковный, Канско-Ачинский), каменноугольные (Кузбасс) или преимущественно антрацитовые (Восточный Донбасс).

При трансформации торфа в антрацит через ряд промежуточных стадий химический состав угля меняет-

ся: содержание углерода увеличивается с 50 до 98%, водорода — снижается с 6 до 1,5%, а кислорода — с 25 до нескольких процентов.

Торф представляет собой сложную смесь органических соединений, появившихся в результате переработки вещества высших растений микробами. Однако наиболее характерная его составляющая — это гуминовая кислота, образующаяся из целлюлозы и лигнина. Ее структура показана на рис. 1.

Обратите внимание на характерную особенность молекулы: в ее основе лежат бензольные (ароматические) кольца, соединенные друг с другом или непосредственно, или через промежуточные алифатические связи (мостики). В процессе метаморфизма эти промежуточные связи постепенно утрачиваются, а значит, возрастает относительная доля бензольных колец, связанных друг с другом без посредников. На стадии антрацита уже почти все бензольные кольца связаны напрямую, а в графите, который может получиться из угля при воздействии на него высокотемпературных магматических пород, промежуточных связей нет совсем. На рис. 2 показана (разумеется, с большими упрощениями) схема изменения молекулярной структуры углей при метаморфизме от бурых и каменных до антрацитов.

Многие химические и физические свойства углей сильнее зависят не от ароматического каркаса, а от групп атомов, присоединенных к бензольным кольцам (так называемых функциональных групп). Эти группы весьма разнообразны: среди них встречаются карбоксильные (COOH), гидроксильные (OH), метоксильные (OCH₃) и другие (см. рис. 1). Функциональные группы находятся в основном при атомах углерода бензольных колец, но иногда бывают связаны и с атомами углерода алифатических мостиков.

Для нас наиболее важно то, что водород функциональных групп может быть замещен ионами металлов. В гуминовых кислотах концентрация функциональных групп максимальна. С переходом торфа в бурые угли их содержание заметно снижается, а в антрацитах они пропадают совсем (рис. 2). Таким образом, торф в рассматриваемой цепочке превращений оказывается наиболее активной химической средой, в которой протекают реакции, приводящие к концентрированию металлов, в том числе радиоактивных.

Учитывая все сказанное, становится понятным, почему геологи и геохимики почти единогласно считают, что накопление металлов в углях происходило в основном именно на торфяной стадии углеобразования. В

пользу этой гипотезы они приводят не только геохимические аргументы: в то время, когда угольный пласт был еще торфом, он представлял собой открытую систему, в которую с поверхностными и грунтовыми водами могли свободно поступать самые разные химические элементы, в том числе радионуклиды. Позднее, когда торфяник переходил в ископаемое состояние, связь с внешней средой постепенно сходилась на нет.

Радиоактивные элементы — уран и торий — в ископаемых углях

Напомним, что радиоактивность — это способность химических элементов (иногда только некоторых их изотопов) самопроизвольно излучать α -, β -частицы и/или γ -кванты (рис. 3). В настоящее время известно множество природных радиоактивных изотопов разных химических элементов. В горных породах наиболее распространены радиоактивные изотопы урана (²³⁸U, ²³⁵U, ²³⁴U), тория (в основном — ²³²Th) и калия (⁴⁰K). Но поскольку содержание ⁴⁰K в природном элементе составляет всего 0,0118% и калий постоянно выводится из организма в процессах жизнедеятельности (то есть не накапливается), его обычно не считают опасным. С торием и ураном дело обстоит иначе.

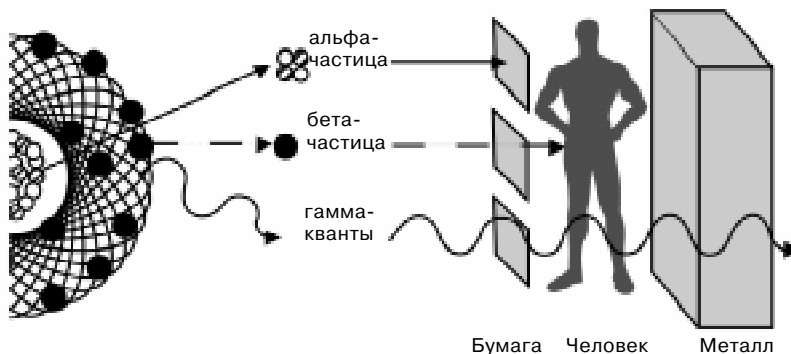
Уран был открыт в 1789 году немецким химиком М.Г.Клапротом. Долгое время его соли и окислы использовали в качестве красителей в керамической и стекольной промышленности, позже они нашли применение при изготовлении светящихся стрелок часов и других приборов. Лишь после того, как в 1896 году А.Беккерель открыл явление радиоактивности, началось активное изучение урана (Пьером и Марией Кюри). А с 1945 года, когда началась эпоха атомного оружия, по меткому замечанию известного отечественного геохимика Я.Э.Юдовича, «из элемента № 92 в Менделеевской таблице уран для геохимиков большин-

ства развитых стран внезапно превратился в элемент № 1».

В углях уран был обнаружен еще 1875 году, и в начале атомной эпохи в нашей стране его извлекали большей частью именно из угля. Среднее содержание урана в углях («угольный кларк», по Я.Э.Юдовичу) составляет 3,6 г/т. Природный уран представляет собой смесь трех изотопов в следующих пропорциях: ²³⁸U — 99,282%, ²³⁵U — 0,712%, ²³⁴U — 0,006%. Это химически активный элемент, в соединениях он представлен ионами со степенью окисления +3, +4, +5, +6. Наиболее устойчиво его валентное состояние U⁶⁺ в составе иона уранила UO₂²⁺, который имеет исключительную способность к комплексообразованию, причем как с органическими, так и с неорганическими соединениями. В составе углей большая часть урана связана с кислородом функциональных групп в гуминовых кислотах.

Относительно высокое содержание урана в воде возникает в тех случаях, когда потоки размывают породы с повышенным содержанием этого элемента. Если такие воды питают торфяники, то содержание урана в торфе иногда превышает 0,1 г/л, а это больше средних значений для речных вод на целых пять порядков. Есть данные о том, что концентрация урана в одном из торфяников Швеции достигла даже 3% в сухом веществе, что всерьез обеспокоило власти, поскольку этот торф использовали в качестве бытового топлива. Впрочем, и это не предел: в лабораторных экспериментах удалось достигнуть 10%-ной концентрации урана в торфе.

Повышенные концентрации урана в торфяниках острова Мадагаскар были обнаружены еще в 1913 году. Познакомившись с этими данными, В.И.Вернадский пришел к заключению, что природное органическое вещество играет исключительно важную роль в геохимии данного элемента. Впоследствии это предположение подтвердилось. Эксперименты с гуминовыми кислотами показали, что



уран связывается преимущественно с гидроксильными, карбоксильными и карбонильными функциональными группами. Возникающая при этом связь гуминовая кислота — U относится к координационным (донорно-акцепторным).

В процессе метаморфизма часть функциональных групп, имеющих в органическом веществе торфа, теряется, а следовательно, образующийся уголь утрачивает и часть урана, накопленного на торфяной стадии. Именно поэтому «рудные» концентрации данного элемента в каменных углях и антрацитах не обнаружены.

В природных условиях уголь довольно часто окисляется. С одной стороны, это ухудшает его качество как топлива, но, с другой стороны, при окислении в органическом веществе возрастает число функциональных групп — происходит, как говорят углехимики, регенерация гуминовых кислот. Вследствие этого возрождается способность угля к химическим взаимодействиям, и если в подземных водах (речь идет о событиях в недрах) есть растворенный уран, то происходит его вторичное накопление в угле, иногда даже в промышленных концентрациях. Именно так образовались уран-угольные месторождения России, Казахстана и Киргизии, ставшие начальной минерально-сырьевой базой урановой промышленности СССР. Крупные месторождения ураноносных углей такого же происхождения обнаружены в США и других странах.

Торий — химический элемент, названный именем одного из богов скандинавской мифологии. Он был открыт в 1828 году И.Берцелиусом. Природный торий представлен в основном изотопом ^{232}Th (почти 100%). Угольный кларк элемента в ископаемых углях — 4,2 г/т. Торий применяют в электронной и электротехнической промышленности как катализатор в процессах органического синтеза, а также для легирования магниевых сплавов, используемых в ракетной и авиационной технике. Торий считается перспективным ядерным топливом, поскольку он может участвовать в цепной реакции деления. Именно из сплава тория с обогащенным ураном изготавливают топливные элементы АЭС.

В отличие от урана, связанного с органическим веществом угля химическими связями, торий входит преимущественно в состав глинистых минералов. Доля тория, химически связанная с органическим веществом, обычно незначительна, и случаи его накопления в зонах окисления угольных пластов не известны.

Такова в общих чертах геохимия

урана и тория, объясняющая появление этих радиоактивных элементов в ископаемых углях.

Немного о радиационной безопасности

Итак, в составе ископаемых углей достаточно часто присутствуют радиоактивные элементы, а между тем большую часть угля, добываемого в мире (свыше 4 млрд. тонн), человечество использует в качестве топлива. Как это влияет на радиационную обстановку?

Радиоактивность любого изотопа характеризуют числом распадов атомов в секунду. Единица радиоактивности получила название беккерель (Бк), а радиоактивность, отнесенную к массе радиоактивного вещества, называют соответственно удельной радиоактивностью (Бк/кг). Для ^{232}Th она составляет $4,03 \times 10^6$ Бк/кг, а для ^{238}U — $1,23 \times 10^7$ Бк/кг.

Когда же речь идет о содержании радионуклида в воде или воздухе, используют такие единицы измерения, как Бк/л или Бк/м³. Именно в таком виде представлены международные и российские нормы радиационной безопасности для природных сред. Согласно нормативам, допустимые концентрации радионуклидов в атмосферном воздухе не должны превышать для ^{232}Th — $9,3 \times 10^{-7}$ Бк/л, а для ^{238}U — $8,1 \times 10^{-5}$ Бк/л.

Обратим внимание на то, что допустимая концентрация для тория более чем в 100 раз ниже, чем для урана. Это объясняется тем, что опасность облучения определяется не только его дозой (энергией, поглощенной тканями), но и путями поступления радионуклидов в организм, скоростью их распада и выведения. Облучение людей особенно опасно, когда радионуклиды вместе с пищей или вдыхаемым воздухом попадают внутрь; тогда при прочих равных условиях особое значение приобретает скорость их выведения.

Между тем установлено, что почти весь торий, поступивший в организм с атмосферным воздухом, накапливается в костях скелета и костном мозге. Период его биологического полувыведения (то есть уменьшение содержания элемента на 50% после однократного поступления) составляет десятки лет. (В опытах на животных — более 60 лет.) Уран тоже концентрируется в костях, а кроме того, в легких, но выводится он из скелета заметно быстрее — его содержание уменьшается вдвое за 450 суток.

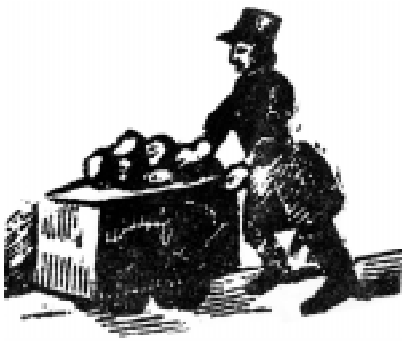
Нельзя, конечно, сказать, что радиация для живого — это нечто совершенно чужеродное. Жизнь на Земле



возникла и развивалась в поле радиации, создаваемой космическим излучением и радионуклидами, содержащимися в породах земной коры. Более того, на заре жизни радиоактивность горных пород была значительно выше, чем сейчас: в ту пору в них присутствовали такие радиоактивные изотопы, как ^{26}Al , ^{129}I , ^{205}Pb , ^{236}U , ^{244}Pu и некоторые другие. Ныне этих радионуклидов в природе не осталось — они попросту распались. Ведь наша планета существует четыре с половиной миллиарда лет, а период полураспада перечисленных изотопов — «все-то» десятки миллионов. А вот торий и уран полностью распастись не успели (хотя их количество сильно уменьшилось): их периоды полураспада очень велики — для ^{232}Th он составляет 14×10^9 лет, а для ^{238}U — $4,5 \times 10^9$.

Так что живому не оставалось ничего другого, как приспособиться к высокому радиационному фону. Радиобиологи и генетики хорошо знают, что облучение в некотором диапазоне может оказывать стимулирующее действие: ускоряется рост растений и животных, увеличивается биомасса, повышается устойчивость живого к неблагоприятным внешним воздействиям. Естественная радиоактивность влияла на темпы мутирования организмов, а значит, способствовала появлению полезных признаков, закрепившихся в процессе эволюции.

И все-таки, даже если оценивать роль радиации в эволюции как положительную, конкретному организму она обычно наносит ощутимый вред: все прекрасно знают, к примеру, что высокий радиационный фон способствует возникновению злокачественных опухолей. Между тем начиная со второй половины XX века к естественному радиационному фону добавилась искусственная радиоактивность: испытания и использование атомного оружия, развитие атомной энергетики, применение многочисленных методов медицинской диагностики и технических устройств, в которых использованы радиоактивные вещества, — все это привело к тому, что нагрузка на организм человека воз-



росла более чем вдвое.

Среднегодовые эффективные эквивалентные дозы облучения населения на территории СССР равнялись в 1981–1985 годах 5090 мкЗв (1 Зв = 1 Дж/кг; в зивертах измеряют дозу радиации, поглощенную тканями организма с учетом их чувствительности к данному виду излучения — α , β или γ). При этом вклад естественного радиационного фона, как видно из таблицы, составил только 2250 мкЗв.

Обратите внимание: хотя в целом вклад энергетики в создание искусственного радиационного фона не так уж велик, ТЭС загрязняют окружающую среду радионуклидами в 12 раз (!) больше, чем атомные электростанции (если, конечно, эти последние работают без аварий). Кроме того, радиационную безопасность угольных электростанций систематически не контролируют, а ведь выбросы радиоактивных веществ в составе дыма концентрируются на сравнительно небольших площадях — квадратные километры или десятки километров. Это важно помнить, оценивая их «скромный» вклад в общую дозу облучения людей, живущих поблизости.

Угольная энергетика и радиоактивное загрязнение

Итак, в условиях нормальной работы АЭС оказываются экологичнее тепловых электростанций даже в отношении радиационной безопасности. Если же учесть, что угольные электростанции загрязняют атмосферу еще и токсичными оксидами серы, азота, углерода, а также твердыми частицами, то перспективы расширенного использования этого вида топлива становятся совсем не радужными.

Положение не спасает и то, что в целом вклад электростанций в радиационный фон, как мы уже отмечали, не так уж велик. Формальные оценки создают в этом случае обманчивое впечатление отсутствия проблемы. Невольно приходит на ум банальный, но выразительный пример со средней температурой пациентов в больнице: как будто бы все благополучно, а на

самом деле некоторые пациенты находятся в критическом состоянии. В качестве «некоторых больных» в нашем случае выступают районы, где расположены крупные угольные ТЭС.

Специальные исследования, проведенные во многих странах, показали, что радиоактивность почв и воздуха на территориях, прилегающих к ним, порой в десятки раз превышает не только фоновые, но даже предельно допустимые значения. Здесь многое зависит от того, какой именно уголь использует конкретная ТЭС. Ведь угли разных месторождений существенно различаются по концентрации радионуклидов из-за чисто геологических причин (в самом начале мы частично рассмотрели их). К тому же очень многое зависит от технологии подготовки топлива и технологии его сжигания.

Перед тем как уголь поступит в топку ТЭС, его, как правило, обогащают — для снижения зольности из сырья стараются удалить минеральные компоненты. При этом содержание тория тоже заметно снижается: данный радиоактивный элемент входит в состав минеральных частиц. А вот уран, связанный с органическим веществом, в обогащенном угле, напротив, концентрируется, его относительное содержание возрастает.

Далее — собственно сжигание. Температура котлов современных ТЭС может составлять от 1000 до 1600°C и более. При таких температурах некоторая часть радионуклидов переходит в газовую фазу. Продвигаясь по внутренним коммуникациям ТЭС, продукты сгорания остывают до сотен градусов, и радионуклиды конденсируются на поверхности частиц золы, которые либо задерживаются фильтрами (на крупных ТЭС это обычно электрофильтры), либо выбрасываются в атмосферу с дымовыми газами.

В результате часть радионуклидов оказывается в золоотвале, другая — в воздухе. Между тем зола ТЭС — весьма привлекательное технологическое сырье. Ее используют как наполнитель бетонов вместо песка при производстве строительных материалов. Если же радиоактивность сырья повышена и контролируемые службы работают как надо, золу применять запрещают.

Но если в этом случае радиационную безопасность людей можно обеспечить хотя бы запретами, то с той частью радиоактивных элементов, которая оказалась в атмосферном воздухе, дело обстоит хуже. А ведь в самых мелких частицах, которые хуже всего улавливаются системами очистки, концентрация радиоактивных элементов наиболее высока. Компоненты частиц, попавших при дыхании

в легкие, поступают далее в кровь и проникают в ткани, вызывая серьезные заболевания. Особый вред наносят при этом химические элементы, способные испускать α -частицы, а к ним относятся как торий, так и уран.

Свойство ^{232}Th накапливаться в костном мозге — кроветворном органе, а также большой период полувыведения определяют его повышенную радиационную опасность. Несмотря на то что концентрации урана в ископаемых углях обычно существенно выше, чем тория, по способности к биологическому накоплению он уступает последнему, да и как α -излучатель уран менее активен. Отсюда, как уже упоминалось, и нормативы, согласно которым количество тория в воздухе должно быть на два порядка ниже, чем урана.

Между тем радионуклиды, как и другие загрязняющие вещества, поступают в воздух из дымовых труб ТЭС и, попав в атмосферу, рассеиваются, образуя сложное объемное поле, в пределах которого концентрация вещества уменьшается от максимума у выхода из трубы до минимальных (фоновых для данного района) значений. Конфигурация поля концентраций зависит от направления движения и скорости ветра, изменения температуры воздуха по высоте, массы выбрасываемого вещества, скорости выхода дымовых газов, высоты трубы, общего объема дымовых газов и некоторых других параметров. В Главной геофизической обсерватории Госкомгидромета РФ разработана методика расчета концентрации загрязняющего вещества в любой точке, если известно положение и параметры источника загрязнения. Практически наиболее важно знать распределение концентраций «на уровне дыхания» (принято — на высоте 1,8 м). В качестве примера рассмотрим особенности радиационной обстановки в районе одной из крупных угольных ТЭС, на которой сжигаются угли Донецкого бассейна.

Для начала специалисты определили содержание ^{232}Th и ^{238}U в угле, золе и шлаке этой ТЭС. Затем, с учетом массы перечисленных материалов и содержания в них радионуклидов, по балансу вычислили содержание радионуклидов в дымовом выбросе и, наконец, по упомянутой выше методике — распределение радионуклидов в атмосферном воздухе территории, прилегающей к ТЭС.

Оказалось, что область превышения допустимых концентраций ^{232}Th и ^{238}U в приземном слое воздуха охватывает территорию в несколько сот квадратных километров. По мере прибли-

Средние эффективные эквивалентные дозы облучения населения на территории СССР в 1981–1985 годах

Источник излучения	Доза (мкЗв)
Естественный радиационный фон	2250
Стройматериалы, минеральные удобрения и др.	1413
Рентгеновская и радиоизотопная диагностика	1400
Испытания атомного оружия	25
АЭС	0,17
ТЭС	2



жения к ТЭС эти превышения становятся все больше и вблизи станции превосходят нормативы для урана в десять, а для тория даже в несколько десятков раз.

Радиационную обстановку на территории, прилегающей к каждой конкретной ТЭС, приходится оценивать отдельно, даже если две электростанции равной мощности используют топливо с близкими содержаниями радиоактивных веществ. Ведь в углях носителями радионуклидов может быть как органическое вещество, так и минеральные примеси — глины и сульфиды железа. При одних и тех же условиях сжигания переход в газообразное состояние зависит от термодинамической устойчивости носителей радионуклидов. Если температура превышает 1000°C, органическое вещество и сульфиды железа распадаются, а вот глинистые минералы оказываются довольно устойчивыми к нагреву. Поэтому радионуклиды, которые включены в кристаллическую решетку глинистых минералов, остаются большей частью в золе и шлаке.

На основании исследований, подобных тем, о которых только что шла речь, специалисты, работающие в области радиационной безопасности, пришли к заключению, что загрязнение окружающей среды угольными ТЭС может быть довольно значительным. В их окрестностях концентрации радионуклидов часто достигают опасных уровней, причем это загрязнение многократно превосходит то, которое создают атомные электростанции, работающие в безаварийном режиме.

Кроме того, весьма значительные количества угля сжигают небольшие котельные и обычные граждане для обогрева своих жилищ. При этом ни в маленьких котельных, ни в жилых домах нет систем очистки дымовых выбросов, а высота труб невелика. В результате дым, насыщенный радионуклидами, стелется прямо над землей, и, по некоторым оценкам, такие выбросы могут воздействовать на население сильнее, чем выбросы крупных предприятий. Одним словом, проблема существует, и нельзя закрывать на нее глаза.

Заключение

Экология — наиболее уязвимое место угольной энергетики. Запасов угля, вполне пригодных для разработки как в горно-геологическом, так и в экономическом отношении, вполне хватит на несколько сотен лет (в отличие от нефти и газа), даже если его добыча будет постоянно расти, но как быть с загрязнением окружающей среды?

Сейчас внимание природоохранных организаций и энтузиастов привлекают в первую очередь такие мощные загрязнители, как сера, твердые частицы (зола), оксиды азота и углерода. Стали обращать внимание и на тяжелые металлы (As, Se, Cd, Hg), и на так называемые микроэлементы (Be, V, Cr) в составе углей — ведь все вместе они способны нанести природе ущерб, вполне соизмеримый с ущербом от «традиционных» загрязнителей. Пришло время оценить и радиоактивное загрязнение, создаваемое угольной энергетикой, поискать пути защиты природной среды от радионуклидов в дымовых выбросах.

Кое-что можно предложить уже сейчас.

Первый путь — извлечение загрязняющих веществ из угля до его сжигания. Это технологии обогащения. Напомним, что значительная доля радионуклидов находится в минеральном веществе, которое как раз и стремятся удалить для снижения зольности топлива. В нашей стране обогащают около 70% сжигаемых углей, попутно добываясь снижения содержания в топливе различных микроэлементов и серы (см. «Химию и жизнь», 2005, №12).

Технологии обогащения угля постоянно развиваются, но в практику внедряются далеко не все разработки. Когда проблема переходит в сферу бесстрастных экономических расчетов и оценок «что выгоднее», результаты анализа оказываются чаще всего не в пользу защиты окружающей среды.

Второй путь — извлекать загрязняющие вещества из дымовых газов до их поступления в атмосферу, — по-

жалуй, более перспективен. Как уже говорилось, основное внимание технологов, работающих в этом направлении, сосредоточено на очистке выбросов от оксидов серы (SO₂), азота (NO_x), углерода (CO₂), а также от твердых частиц (так называемого «проскока»). Особое внимание следует обратить на радионуклиды в твердых частицах, совершенствуя конструкцию электрофильтров.

И не нужно думать, что если радиационное загрязнение в большинстве районов, где находятся угольные ТЭС, не превышает допустимого уровня, то можно оставить все как есть. Последствия облучения малыми дозами не всегда заметны сразу, но они могут заявить о себе через десятилетия. Рост числа онкологических заболеваний в некоторых районах, повышенная частота рождения детей с генетически обусловленными аномалиями — все это нельзя однозначно связать с повышением радиационного фона, но следует помнить, что воздействие радиации суммируется с другими негативными факторами. Иными словами, не существует такой дозы облучения, которая не создавала бы риска, и этот риск возрастает пропорционально дозе облучения.

Таким образом, общество, крайне обеспокоенное опасностью, которую могут создавать аварийные ситуации на атомных электростанциях, не должно оставлять без внимания источники «малой радиации», в частности угольную энергетику.

Что еще можно прочитать о радиоактивности углей и экологических проблемах угольной энергетики:

Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону: Изд. Северо-Кавказского научного центра высшей школы, 2002.
Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2002.
Радиация. Дозы, эффект, риск. Пер. с англ. М.: Мир, 1990.





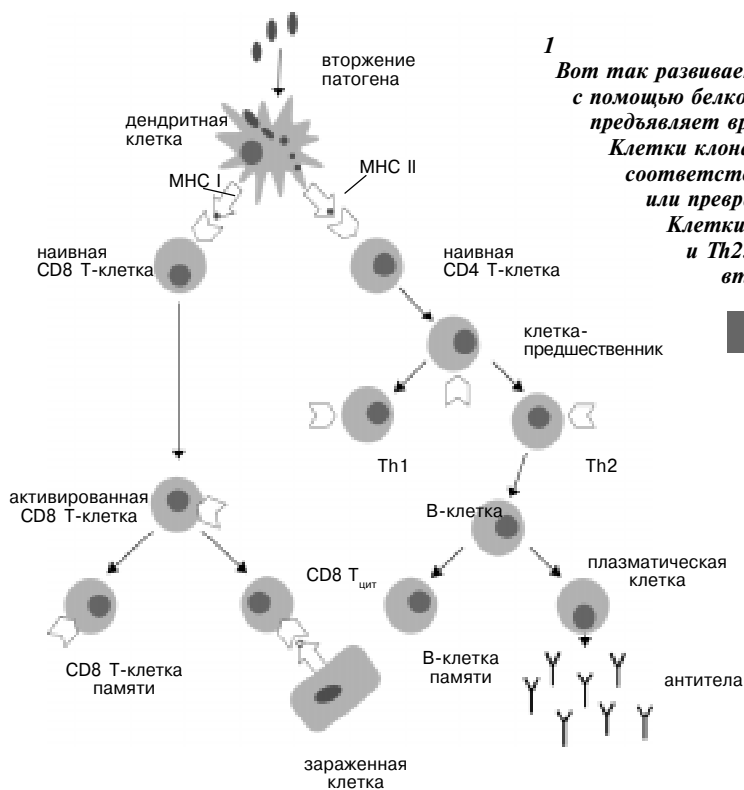
Иммунология: успехи и проблемы

Доктор
биологических наук
Е.П.Харченко

Две ветви иммунной системы

Человека на протяжении всей его жизни атакуют патогенные организмы: вирусы, бактерии, гельминты. Помимо внешней угрозы есть и внутренняя: злокачественные опухоли, которые возникают в самом организме. Агрессии патогенов и предательству канцерогеназа противостоит «служба безопасности» — иммунная система (ИС).

Современные представления об ИС так сложны, что нелегко даже определить, где она на-



I
Вот так развивается адаптивный иммунитет. Дендритная клетка с помощью белков главного комплекса гистосовместимости (МНС) предъявляет вражеские антигены наивным Т-лимфоцитам. Клетки клона CD8 после активации распознают соответствующий антиген у клеток-мишеней или превращаются в клетки памяти. Клетки CD4 дают начало популяциям лимфоцитов Th1 и Th2: первые синтезируют цитокины, вторые взаимодействуют с В-клетками



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

долгоживущие клетки памяти. При повторном появлении знакомого патогена такие лимфоциты быстро разворачивают против него атаку специфичными средствами, сконструированными во время первой встречи. Большинство лимфоцитов составляют новобранцы, еще не принимавшие участие в иммунных баталиях, — их называют «наивными». На клетки памяти приходится меньшая доля лимфоцитов, но в течение жизни и особенно при старении она существенно возрастает.

Фагоциты и лимфоциты

Система врожденного иммунитета человека — это в первую очередь фагоцитирующие клетки, такие, как макрофаги, нейтрофилы, эозинофилы и др. Захватив и поглотив микроорганизм, они переваривают его. Именно фагоциты первыми вступают в схватку с инфекцией. С ними соучаствуют несколько типов дендритных клеток, получивших свое название из-за многочисленных длинных отростков. Дендритные клетки — главный мост между обеими ветвями иммунной системы: врожденной и адаптивной. К системе врожденного иммунитета принадлежат и так называемые естественные киллеры — клетки, способные узнавать патогены или измененные клетки собственного организма и убивать их.

Система адаптивного иммунитета представлена лимфоцитами. Среди них В-лимфоциты (от англ. bone marrow, «костный мозг»), созревающие в костном мозгу и дающие начало клеткам, которые синтезируют антитела. Другая, самая многочисленная линия клеток — Т-лимфоциты (от англ. thymus, вилочковая железа). Обязательный этап их созревания — миграция через тимус. Там они «обучаются» и дифференцируются в различные популяции, клетки каждой из которых несут на поверхности специфичные белковые молекулы-маркеры. В иммунологии эти молекулы, а также помеченные ими клеточные популяции обозначают буквами CD (cluster diversity), например CD4, CD8, CD27. Главные популяции Т-лимфоцитов — CD4 и CD8 Т-клетки. CD8 Т-лимфоциты непосредственно участвуют в разрушении за-

чинается и где кончается. Защитные механизмы имеются у всех живых существ, от одноклеточных (включая бактерий) до высших позвоночных. Не будет преувеличением сказать, что каждая клетка при встрече с опасностью сама пытается противостоять ей. Однако в ходе эволюции многоклеточных система защитных механизмов постепенно надстраивалась, достигнув наивысшего развития у млекопитающих.

Ее усложнение шло по двум направлениям. С одной стороны, каждый орган — мозг, печень, пищеварительный тракт и другие — обеспечивался собственной клеточной системой защиты. С другой стороны, формировалась общая защитная система, представленная специализированными органами и клетками ИС.

Чтобы координировать свои действия, клетки ИС выделяют множество белковых молекул, называемых цитокинами. Они предназначены для передачи сигналов между клетками самой ИС и от них к клеткам других органов. Это обеспечивает согласованную реакцию всего организма на угрозу. Далее мы будем часто говорить и о рецепторах на мембранах клеток ИС — именно они во многом определяют реакцию каждой клетки.

В различении «своего-несвоего», помимо клеток ИС, участвует также эволюционно древняя система белковых молекул, циркулирующих в крови и плазме, которая называется комплементом. Ее работа связана не только с опознанием «врагов», но и с организацией ответных реакций ИС. Главный, но не единственный источник большинства

компонентов комплемента — это печень, которая, строго говоря, не относится к органам ИС (вот один из примеров размытости ее границ!).

Когда упоминается ИС, мы тут же думаем о лимфоцитах и антителах. Однако это «изобретение» можно отнести к новейшим: многоклеточные животные в ходе эволюции достаточно долго обходились без него. Сам факт, что беспозвоночные преобладают над позвоночными как по общей численности, так и по многообразию видов, свидетельствует о том, что задача распознавания «своего-несвоего» и защиты от «чужого» успешно решалась и до появления антител.

Беспозвоночное животное от рождения имеет набор защитных средств, который остается практически неизменным на протяжении жизни особи и не определяется природой самого агрессора. Поэтому ИС беспозвоночных именуют неспецифической, или врожденной.

Для позвоночных характерна большая, чем у позвоночных, продолжительность жизни и не такая высокая скорость обновления популяции, следовательно, большее значение имеет выживание отдельно взятой особи. В ходе эволюции врожденная ИС совершенствовалась и достраивалась, формируя новую специализированную систему, которая способна при встрече с новым патогеном создавать инструменты защиты, подогнанные именно против этого патогена, — систему адаптивного иммунитета. Ее клетки — лимфоциты могут к тому же запоминать новых патогенов, превращаясь в

раженных клеток, отчего и называются цитотоксическими лимфоцитами (Тцит). CD4 Т-лимфоциты дают начало двум субпопуляциям клеток-помощников: Th1 или Th2 (рис. 1).

Дополнительно выделяют еще популяции регуляторных лимфоцитов, определяющих проявление иммунной активности других лимфоцитов, а также естественные киллерные Т-клетки, у которых, помимо Т-клеточного рецептора, есть рецептор естественных киллеров — клеток врожденного иммунитета. Естественные киллерные Т-клетки способны подавлять аутоиммунные реакции и ингибировать рост опухолевых метастазов.

Клетки обеих ветвей ИС постоянно обновляются за счет стволовых клеток костного мозга. И костный мозг, и тимус, в котором созревают Т-лимфоциты, рассматриваются как центральные (первичные) органы ИС. Вторичные органы представлены селезенкой и многочисленными лимфоузлами, рассеянными по всему телу. Лимфоидные образования слизистых оболочек (желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей, мочеполовой системы) считаются третичными лимфоидными органами. Вторичные и третичные лимфоидные органы составляют периферическую лимфоидную систему: в ней происходит взаимодействие клеток обеих ветвей ИС и формирование иммунного ответа.

Следует заметить, что не все типы лимфоцитов развиваются в первичных лимфоидных органах. При старении, когда тимус претерпевает обратное развитие, периферические органы лимфоидной системы становятся, по видимому, дополнительным источником лимфоцитов.

Как это работает

Если система врожденного иммунитета, первой принимающая на себя удар патогена, не справляется с ним, то на помощь приходит система адап-

тивного иммунитета. Однако ее клетки не взаимодействуют непосредственно с патогеном, а следуют сигналам, получаемым от клеток системы врожденного иммунитета, в первую очередь от дендритных клеток. Как и другие фагоцитирующие клетки, они способны поглощать и переваривать, например, патогенные бактерии, представляя лимфоцитам на своей поверхности короткие фрагменты вражеских белков, или пептиды, — их часто называют антигенами.

Пептиды патогена выносятся на поверхность лимфоцитов с помощью так называемых главных комплексов гистосовместимости класса I и II. В научной литературе их обозначают как MHC I и MHC II (от англ. major histocompatibility complex). Они получили такое название, поскольку впервые были открыты как факторы, ответственные за отторжение чужеродных трансплантатов. Впоследствии было установлено, что иммунная система хозяина распознает антигены трансплантата, представляемые MHC. Большинство клеток организма экспрессируют на своей поверхности MHC I и через них предъявляют CD8 Т-лимфоцитам фрагменты собственных белков: своего рода паспортный контроль. Очень немногие типы клеток (в том числе дендритные клетки) используют для той же цели MHC II.

Что касается патогенов, то MHC I предъявляют преимущественно антигены микроорганизмов, размножающихся внутри клеток хозяина (например, вирусов либо бактерий, вызывающих туберкулез) прямо на поверхности самих пораженных клеток. Антиген распознается Т-клеточным рецептором на CD8 Т-лимфоцитах (Тцит). Патогенные же организмы, которые размножаются в хозяине самостоятельно (не в клетках, а, например, в плазме крови), фагоцитируются, перевариваются, и затем их антигены предъявляются через MHC II наивным CD4 Т-лимфоцитам, дающим начало популяциям Th1- и Th2-лимфоцитов.

Если Т-лимфоцит узнал антиген, предъявленный MHC, и это узнавание было поддержано взаимодействием других молекул на поверхности дендритной клетки и лимфоцита, то последний начинает размножаться, образуя клон лимфоцитов, специфичных к данному антигену (рис. 1). Если это клон CD8 Т-лимфоцитов (Тцит), то они устремляются ко всем клеткам, зараженным патогеном и представляющим на своей поверхности через MHC I антиген, распознанный «родоначальником» клона. После взаимодействия с CD8 Т-лимфоцитов зараженные клетки погибают, а их фрагменты удаляют клетки врожденного иммунитета.

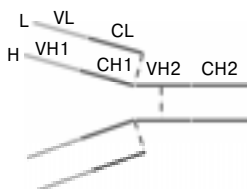
CD4 Т- лимфоцит, узнав на дендритной клетке антиген, предъявленный MHC II, дает начало клону Th1- либо Th2-лимфоцитов (рис. 1). К настоящему времени не выяснено окончательно, что предопределяет образование из наивного CD4 Т-лимфоцита Th1- или Th2-клеток, резко различающихся по своим функциям. Th1-клетки выделяют цитокины, которые стимулируют макрофаги, мобилизуя их на уничтожение патогенов. Сложное взаимодействие Th2-клеток с В-лимфоцитами, узнающими тот же самый антиген, стимулирует образование клона В-лимфоцитов, которые порождают плазматические клетки. Те, в свою очередь, синтезируют антитела к антигену. Комплексы патоген-антитело легче опознает и уничтожает система врожденного иммунитета. С нее начали — к ней и вернулись...

Антителогенез

Над этой тайной в XX веке билось множество исследователей. Каким образом при постоянстве объема генетической информации в клетке наш организм умудряется вырабатывать антитела к бесконечному разнообразию антигенов? Ведь позвоночные способны синтезировать антитела не только к патогенам, но и к самым различным молекулам, как природным, так и синтетическим. Эта загадка надолго захватила умы. Однако лишь с наступлением эры молекулярной биологии она была разгадана в 80-х годах XX века.

Вначале расшифровали структуру отдельных представителей большого семейства белков иммуноглобулинов, в которое входят и антитела. Выяснилось, что наш организм содержит пять функциональных классов иммуноглобулинов. Все они построены из структурных единиц, похожих на букву Y (рис. 2), каждая из которых содержит по две одинаковых легких (коротких) и тяжелых (длинных) белковых цепей. К примеру, иммуноглобулины класса G состоят только из одной структурной единицы, а иммуноглобулины M — из пяти. Структурные единицы разных классов отличаются только тяжелыми цепями, а легкие цепи у них одинаковы.

Рассмотрим на примере иммуноглобулина G принцип организации структурной единицы (рис. 2). И тяжелые, и легкие цепи содержат вариабельные и консервативные области (домены). У легких цепей имеется по одному вариабельному (V) и консервативному (C) домену, а в тяжелых цепях — один V- и три C- домена. V-домены легкой и тяжелой цепей формируют антигенсвязывающий центр, следовательно, в каждой молекуле иммуноглобулина два таких центра. Назначен-



2
Схема структурной организации иммуноглобулина G. Y-образное антитело состоит из четырех белковых молекул, двух длинных (тяжелых, H) и двух коротких (легких, L). VL, VH — вариабельные домены, CL, CH — постоянные. Именно разнообразие вариабельных доменов, образующих «зубцы» вилки, обуславливает многообразие антител



ние же С-доменов иное: через них иммуноглобулины взаимодействуют с другими тканями организма и клетками и молекулами иммунной системы.

Возникло предположение: а что, если участки, одинаковые во всех антителах, кодируются одним участком ДНК, а вариабельные домены — многими и функциональный ген каким-то образом складывается из разных участков ДНК? Но такая идея входила в конфликт с догмой «один ген — одна полипептидная цепь», которая в середине века казалась незыблемой и не терпящей исключений. Кроме того, экономия на числе генов С-доменов явно не компенсировала бы недостаточность объема генетической информации для V-доменов. И в любом случае сперва следовало доказать, что участки ДНК, кодирующие V- и С-домены, в половых клетках расположены раздельно, но сближены в клетках, синтезирующих иммуноглобулины. Доказательство было получено (и вскоре принесло авторам Нобелевскую премию). Действительно, при созревании лимфоцита исправлениям подвергается сама его ДНК.

Оказалось, что легкие цепи иммуноглобулинов кодируются тремя участками генов. Первый кодирует V-домен, второй — короткий фрагмент между V- и С-доменами, обозначаемый J (шарнирная область), а третий — С-домен. Тяжелые цепи кодируются четырьмя фрагментами. Три из них аналогичны генам легких цепей, а четвертый кодирует так называемую D-область тяжелых цепей — фрагмент между V- и J-доменами.

Таким образом, стало понятно, что многообразие V-доменов антител обеспечивается за счет рекомбинации экзонов. (На рис. 3 показана последовательность этапов синтеза легкой

цепи.) Сравнение аминокислотных последовательностей цепей иммуноглобулинов показало, что в их разнообразии вносит вклад еще один важный фактор: мутации в самих генах иммуноглобулиновых цепей, а также вставки нуклеотидов между V- и J-фрагментами при рекомбинации. Кстати, рекомбинационные механизмы задают и многообразие рецепто-

ров Т-лимфоцитов при созревании и обучении этих клеток в тимусе. Что же дало изучение природы многообразия антител? Прежде всего, оно способствовало пересмотру фундаментальных представлений об организации генетической информации в ДНК и ее декодировании. Стало очевидным, что эта информация может изменяться в процессе онтогенеза. По наследству передается не многообразие генов антител, а механизм его формирования.

В последние десятилетия математики многому научились у природы, заимствуя у нее алгоритмы. Однако изобретения природы куда сложнее по замыслу и в то же время экономичны в применении. Адаптивный иммунный ответ на патоген (например, синтез антител) устанавливается за несколько недель без заметных энергетических или иных затрат. Не будет преувеличением утверждать, что в антигеногенезе и в формировании многообразия рецепторов Т-клеток природа использовала большинство своих разработок по быстрому поиску нужной информации. Так высшие организмы противостоят патогенным микроорганизмам с их стремительным размножением и высокой изменчивостью.

Математики могли бы многое почерпнуть у природы, ближе познакомив-

ванные в пространстве и во времени, а одним из результатов вычислений является сам человек.

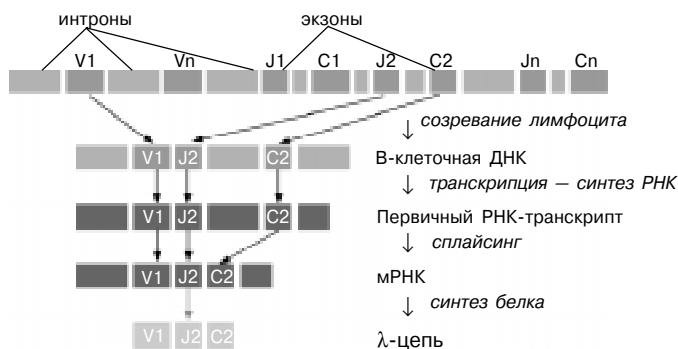
Здесь нельзя не упомянуть о частной теории относительности Эйнштейна, столетие которой человечество отметило в прошлом году. Что же общего в достижениях столь разных областей человеческого знания, как физика и иммунология? Роль принципа невозможности, ставшего путеводной нитью в долгих поисках. Как справедливо отмечают И.Пригожин и И.Стенгерс, Эйнштейн первым обнаружил плодотворность доказательств от невозможного, и главной предпосылкой для создания его частной теории относительности послужила невозможность передавать сигналы быстрее света. Иммунологи середины XX века исходили из невозможности передачи по наследству бесконечного разнообразия антител — и упорные поиски другого решения, которым могла воспользоваться природа, были вознаграждены.

Как отличить своих?

Отсутствие реакции ИС на некий антиген принято называть иммунной толерантностью. Ее важнейшее проявление — ауто толерантность, то есть отсутствие иммунного ответа на белки своего организма. Если иммунный ответ на свое, родное все же возникает, то развивается аутоиммунная болезнь.

Ауто толерантность не даруется природой, а формируется и поддерживается в онтогенезе. Принято выделять центральные и периферические механизмы ауто толерантности. Центральные основаны на удалении всех тех лимфоцитов, которые реагируют с белками клеток, еще в костном мозге и тимусе, при их созревании. Долгое время полагали, что центральные механизмы толерантности не способны обеспечить элиминацию лимфоцитов, направленных против белков, которые не представлены в клетках тимуса или костного мозга. Считалось, что главную роль в формировании ауто толерантности играют периферические механизмы, подавляющие активность зрелых лимфоцитов, после того как они покидают цент-

3
Путь от последовательности ДНК к последовательности аминокислот в белке иммуноглобулина не так прям и прост, как представлялось на заре молекулярной биологии...



цепи.) Сравнение аминокислотных последовательностей цепей иммуноглобулинов показало, что в их разнообразии вносит вклад еще один важный фактор: мутации в самих генах иммуноглобулиновых цепей, а также вставки нуклеотидов между V- и J-фрагментами при рекомбинации. Кстати, рекомбинационные механизмы задают и многообразие рецепто-

вось с механизмами антигеногенеза. Правда, при этом сильно поколеблется уверенность в том, что математика — чистейший продукт человеческого разума. Углубившись в книгу живой природы, мы увидим, что она вычисляет от момента своего возникновения. Символами в математических записях жизни служат молекулы, операциями — их взаимодействия, согласо-

ральные лимфоидные органы. Открытия последних лет реабилитировали центральный механизм. Оказалось, что в эпителиальных клетках тимуса происходит беспорядочная экспрессия специфических белков разных органов, в том числе даже и тех, которые появляются в организме на более поздних стадиях жизни.

Но все больше накапливается данных о том, что аутореактивные лимфоциты зачем-то нужны и в здоровой ИС. Предполагают, что с их помощью быстрее удаляются из организма поврежденные клетки. Загадкой остается, почему они безвредны в норме и агрессивны у пациентов с аутоиммунными заболеваниями. Поэтому сегодня было бы некорректно противопоставлять важность центральных и периферических механизмов аутоотолерантности, ибо они дополняют друг друга, действуя на разных уровнях, и основаны на разных принципах. К сожалению, и вместе взятые, они не полностью надежны: аутоиммунным болезням подвержены до 5% человечества.

И еще одна важная деталь. Если раньше полагали, что аутоиммунитет обусловлен адаптивной ИС, то сейчас появляется все больше свидетельств в пользу того, что он может быть связан и с системой врожденного иммунитета.

Иммунные привилегии

Распознавание своего и чужого — это не только борьба с инфекцией или опухолевым ростом. Те же механизмы распознавания затрагивают и ключевые процессы нормального функционирования и воспроизведения. Поскольку механизмы иммунной защиты опосредуются через воспаление, которое вызывает и деструкцию клеток хозяина, то в результате могут быть утрачены тонкие, жизненно важные функции, например, мозга. Избежать этого можно путем избирательного либо полного блокирования ИС. Об органах, в которых ограничено проявление механизмов ИС, принято говорить, что они обладают иммунной привилегией. Этот термин возник после экспериментов по трансплантации тканей в различные органы. Оказалось, что при пересадке чужеродных тканей, например, в мозг или глаз не происходит отторжения, то есть действие ИС в них заторможено.

Способность к избирательному включению ИС для млекопитающих особенно важна во время беременности. Плод, по существу, представляет собой мишуру: половину генов ребенок получает от отца, следовательно, все белки, кодируемые этими генами, для организма матери чужие. Прорыв им-

мунной системой плацентарного барьера может привести к самопроизвольному аборту или рождению больного ребенка. Иммунной привилегией обладают также мозг, глаз, мужские и женские репродуктивные органы, кора надпочечника, волосные мешочки и ногтевые пластинки. Особый иммунный статус последних двух органов у человека, скорее всего, относится к атавизмам, однако у многих животных шерсть и когти играют важнейшую роль в борьбе за существование. Кстати, у человека утрата иммунной привилегии волосными мешочками приводит к гнездной аллопеции — выпадению волос на одном или нескольких участках головы.

Иммунную привилегию мозга обеспечивает так называемый гематоэнцефалический барьер. Плотное прилегание клеток, выстилающих внутреннюю стенку сосуда мозга, преграждает путь многим патогенным организмам, а также лимитирует доступ компонентов иммунной системы к паренхиме мозга. Вот почему уровни иммуноглобулинов и компонентов комплемента там снижены по сравнению с плазмой крови и самих иммунных клеток существенно меньше. Вдобавок среда мозга обладает иммуносупрессорными свойствами: даже когда в мозгу присутствуют основные участники иммунной реакции, сама эта реакция может не начаться.

По-видимому, лучше всего на сегодня изучены механизмы иммунной привилегии глаза. Любое воспаление, возникшее в передней камере глаза, в его стекловидном теле либо под сетчаткой, может обернуться ухудшением либо утратой зрения. Чтобы предотвратить это, природа снабдила глаз несколькими стратегиями защиты. Стрейлейн (J.W. Streilein) из Гарвардской медицинской школы, посвятивший много лет изучению этой проблемы, особо выделяет множественность этих стратегий и различные уровни их проявления. Во-первых, на клетках глаза очень мало МНС I и МНС II. Во-вторых, в нем устранены лимфатические сосуды и связи с региональными лимфоузлами. В-третьих, гематоокулярный барьер предотвращает проникновение в ткани глаза клеток и молекул обеих ветвей иммунной системы. В-четвертых, внутренняя среда глаза содержит много цитокинов и поэтому обладает иммуносупрессивными и противовоспалительными свойствами. Особенно удивителен сложный и тонкий механизм, с помощью которого вырабатывается периферическая толерантность к антигенам самого глаза: антигенпрезентирующие клетки мигрируют из глаза через кровь в селезенку и там блокируют специфичные Th1- и Th2-клетки.

В чем различие между иммунной толерантностью и иммунной привилегией? Не претендуя на строгость, можно предложить следующую формулировку. Иммунная привилегия задается анатомическими, физиологическими и иммунорегуляторными процессами и запрограммирована в основном на генетическом уровне. Иммунная же толерантность формируется в онтогенезе, обуславливается преимущественно рамками самой иммунной системы и регуляторными процессами в ней и более динамична.

Обо всем этом полезно помнить при разработке новых медицинских технологий. Так, в регенерационной терапии сегодня широко используется пересадка стволовых клеток для восстановления функции пораженного органа. Между тем пораженный орган находится на более позднем этапе онтогенеза и имеет соответствующий возрасту пациента иммунный статус. Пересадка пациенту стволовых клеток, даже его собственных, — это прыжок вспять жизненному пути, к его началу, и, как правило, организм протестует против такого вторжения.

Рак против иммунной системы: бегство и нападение

Проблема иммунной толерантности, как отмечалось выше, имеет прямое отношение к онкологии. В длительной схватке между ИС организма и злокачественной опухолью чаще всего побеждает опухоль. Порожденная самим организмом, шаг за шагом она приобретает не только способность к неконтролируемому росту и метастазированию, но также иммунную привилегированность. Опухоль утрачивает молекулярные системы, которые у нормальных клеток могут включать механизмы запрограммированной гибели (апоптоза), и включает другие механизмы, которые блокируют атаки ИС.

Здесь хотелось бы затронуть одну общую особенность опухоли и органов ИС: формирование как адаптивного иммунитета, так и злокачественной опухоли основаны на изменении генетической информации в клетках. Эффективность ИС, адаптивное ее инструментов распознавания и уничтожения патогенов обуславливается рекомбинированием и мутированием некоторых ее генов.

Злокачественность опухоли определяется участием множества генов, измененных различными по своей природе мутациями и именуемых «раковыми генами». В норме они отвечают за регуляцию размножения клеток, их дифференциацию и апоптоз, за репарацию поврежденной ДНК и другие

процессы, нарушение которых становится причиной возникновения опухоли. Перепись известных раковых генов, проведенная М.Стрэттоном (M.Stratton) с коллегами, показала, что даже при самом строгом отборе можно назвать 291 такой ген — то есть более 1% от общего числа генов человека.

Опухоль ускользает от контроля ИС с помощью иммуносупрессивной сети, которая способствует ее росту, защищает ее от иммунных атак и к тому же ослабляет эффективность иммунной терапии. Однако опухоли не только утрачивают механизмы процессинга своих антигенов и представления их через МНС, но и включают механизмы иммунной толерантности. Как известно, одна из главных трудностей борьбы с инфекционными болезнями состоит в том, что к ним невозможно создать стойкий иммунитет из-за быстрого изменения антигенов возбудителя. Оказывается, опухоль тоже может утратить антигены, на которые ИС научилась реагировать, и таким образом уйти из-под удара. Кроме того, опухоль способна индуцировать Т-супрессоры — клетки, подавляющие иммунный ответ.

Все это означает, что терапию рака нельзя ориентировать на какой-то один функциональный механизм либо молекулу. В этом смысле опухоль можно сравнить с органом, обладающим иммунной привилегией. Как автономизация органа от иммунной системы формируется за счет сложного переплетения множества структурно-функциональных механизмов, так и агрессивная автономизация опухоли в организме достигается множеством изменений на различных уровнях: молекулярном, клеточном, системном. Поэтому терапия сложнейшего по своей природе заболевания априори не может быть простой.

Проблемы и коллизии

В иммунологии можно выделить по крайней мере три важнейшие проблемы: инфекционные и аутоиммунные болезни, злокачественные опухоли. Своим возникновением иммунология обязана вечной войне медицины с инфекциями. Впоследствии пришло понимание, что некоторые неинфекционные болезни (впоследствии названные аутоиммунными) возникают из-за некорректной работы ИС. А выдвинутая в середине XX века М.Бернетом и Л.Томасом теория иммунного надзора утверждала, что важнейшая биологическая функция иммунной системы состоит в выявлении и удалении злокачественных клеток.

Однако безуспешность ИС в противостоянии опухоли говорит о том, что

выявление и избавление организма от опухолей не является главной ее функцией. Как справедливо замечает Р.Цинкернагель, в эволюционной перспективе нет необходимости защищать вид от заболевания, возникающего по прошествии детородного возраста. Не исключено, что злокачественные опухоли останутся неразрешимой проблемой. Возможно, нам придется признать рак неизбежной угрозой для части человечества, памятуя слова математика Р.Тома: «Познание не обязательно обещает успех или выживание: оно может вести также к уверенности в нашем поражении, в нашем конце». Это, конечно, не значит, что медики должны сложить оружие: даже с неизбежной болезнью можно бороться.

Благодаря иммунологии человечество научилось противостоять таким страшным болезням, как полиомиелит, корь, оспа. Но борьба с множеством других инфекционных болезней, особенно хронических и новых, даже на нынешнем уровне развития науки еще далека от завершения. В частности, потому, что ИС устроена не менее сложно, чем нервная система, и соответственно не менее трудно ее изучение. К примеру, мы не можем объяснить в деталях, каким образом ИС сочетает поразительную специфичность и удивительную вырожденность иммунного узнавания (способность одного и того же антитела распознавать множество разных антигенов). Не до конца понятны и такие важные явления, как формирование долговременной иммунной памяти, толерантности, а также иммунодоминантности — свойства ИС при наличии разных антигенов вырабатывать иммунный ответ к какому-то одному.

Некоторые белые пятна объясняются перекосами в развитии самой иммунологии. Вплоть до XXI века основным направлением ее исследований был адаптивный иммунитет, а важность врожденного иммунитета игнорировалась вопреки хорошо известным фактам. Давно было известно, к примеру, что дефекты врожденного иммунитета очень быстро обрывают человеческую жизнь, в то время как нарушения адаптивного иммунитета

совсем не обязательно фатальны. Вообще, для защиты от инфекции адаптивный иммунитет даже не всегда бывает нужен — он подключается позднее врожденного и только при условии, если тот не смог подавить инфекцию. Здесь уже говорилось о том, что как начальные, так и завершающие этапы специфического иммунного ответа протекают с обязательным участием механизмов врожденного иммунитета: в начале это воспалительная реакция, а в конце — уничтожение инфекционного агента. По-видимому, причина данной коллизии в том, что изучение адаптивного иммунитета в течение долгого времени казалось более доступным и в то же время более привлекательным и захватывающим (вспомним хотя бы историю парадокса с генами иммуноглобулинов).

В книге Пригожина и Стенгерс «Порядок из хаоса» говорится о склонности науки к самоочищению. Именно это сейчас происходит в иммунологии — наконец-то признана ведущая роль врожденного иммунитета, и в умах исследователей перекинут мост от него к адаптивному иммунитету, как это имеет место в природе. Это позволило по-новому взглянуть на причины возникновения многих тяжелых недугов. Например, атеросклероз начали исследовать с точки зрения нарушения иммунных процессов. Признана важная роль врожденного иммунитета в патогенезе различных хронических заболеваний, таких, как болезнь Альцгеймера, рассеянный склероз, астма, атеросклероз, ишемические состояния, хронические обструктивные заболевания легких, подагра, псориаз. Предпринимаются попытки создания вакцины против рака на основе дендритических клеток, тех самых, которые предъявляют антигены клеткам адаптивного иммунитета. Развитие иммунологии сейчас вступает в новый этап, и мы вправе ожидать ее новых блистательных успехов.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



Выращивание полимеров

Согласно определению, материаловед — это такой специальный человек, который понимает, как придать материалу должную структуру и свойства. Поэтому когда в лаборатории появляется конструктор и начинает жаловаться на то и на се, материаловед его сразу усаживает в кресло, поит чаем, а потом говорит примерно так: «Не печалься, душа моя, есть у меня один материал, который впишется в твою конструкцию самым лучшим образом, и дела твои пойдут на лад. Для себя берег, но тебе отдам».

А все потому, что, если осмысленно менять внешние условия, можно из одного и того же вещества сделать множество материалов, различающихся структурой и, стало быть, свойствами. Достаточно яркое доказательство справедливости этого тезиса легко увидеть на четырех фотографиях, где изображена пленка в общем-то одного и того же полимера, полипиррола. Но как различается ее строение: от похожей на гриб или лишайник щетки до поллой мембраны, в которой микротрубки соединяют два одинаковых слоя полимера. Секрет получения этого разнообразия структур обнаружила аспирантка Л.Ю.Добрецова, которая проводит исследование на кафедре химии Обнинского ГТУ атомной энергетики под руководством доктора химических наук В.К.Милинчука и кандидата технических наук С.В.Ермолаева.

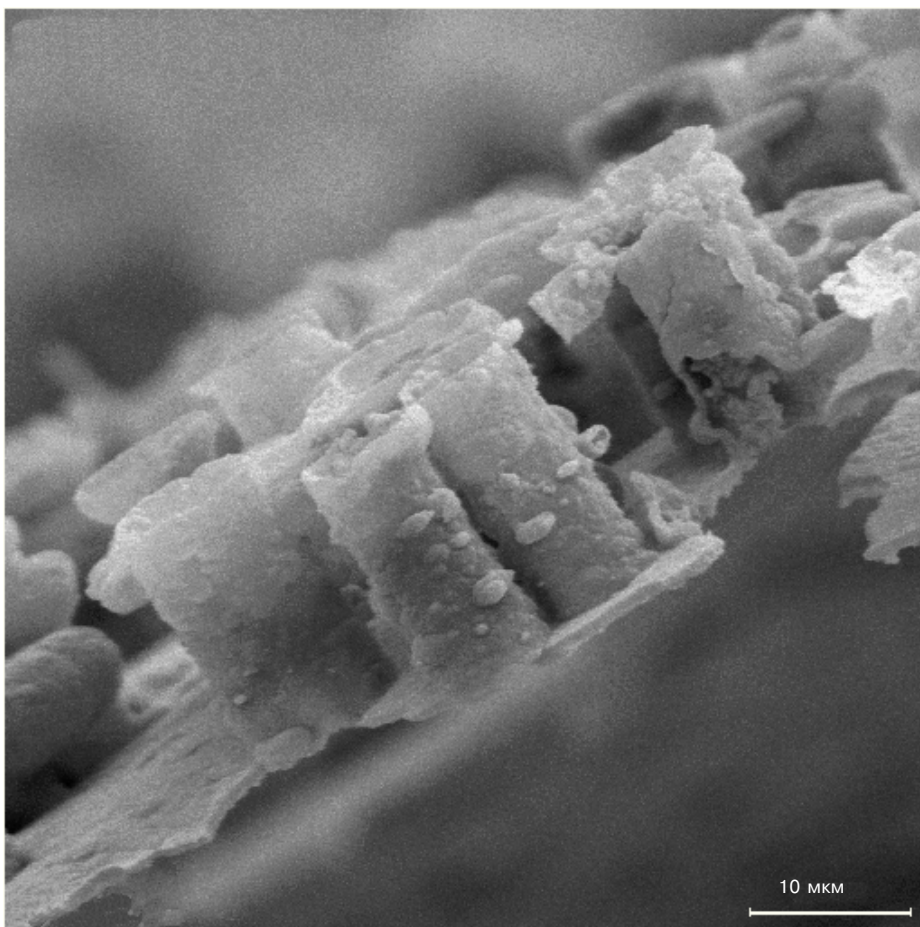
«Полипиррол и его производные — очень интересные полимеры. За способность проводить электрический ток их еще называют синтетическими металлами, — рассказывает Л.Ю.Добрецова. — Область их применения весьма обширна, от конденсаторов и солнечных батарей до искусственных мускулов микророботов. Однако чтобы ее освоить, нужно уметь синтезировать эти вещества в разных формах. Один из способов — проведение



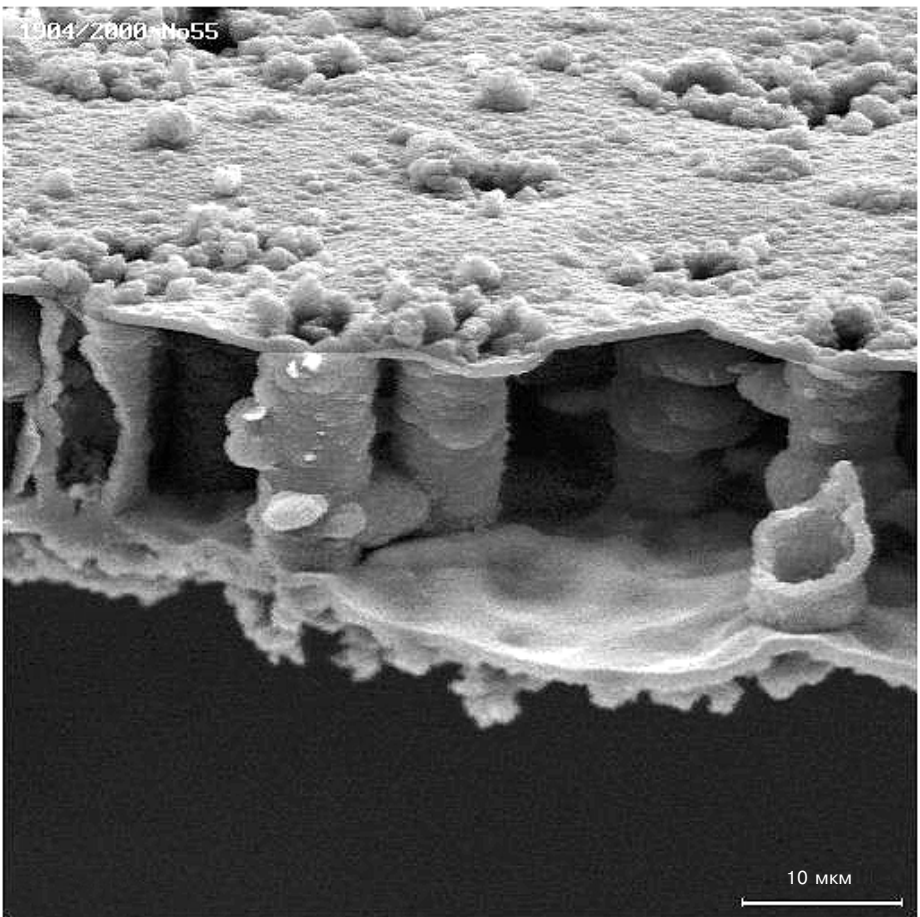
Пиррол

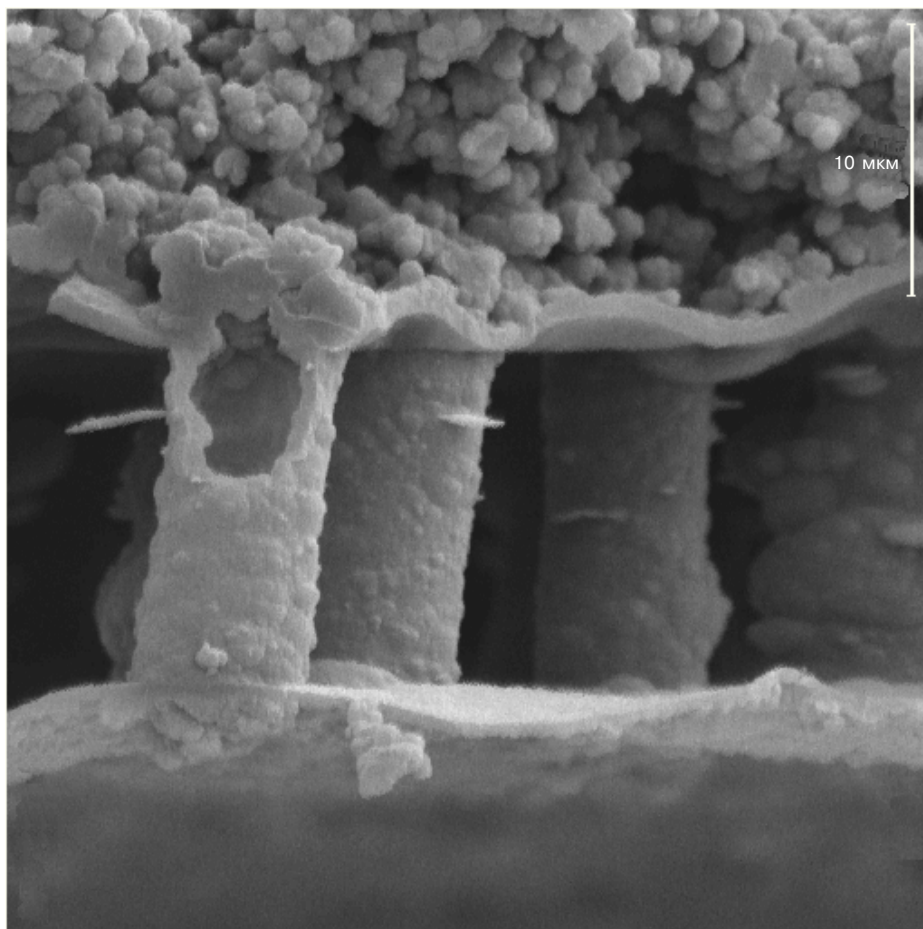


N-метилпиррол



Пленки полипиррола, полученные при разных условиях на мембране с диаметром пор 5 мкм, которые занимают десятую часть площади поверхности

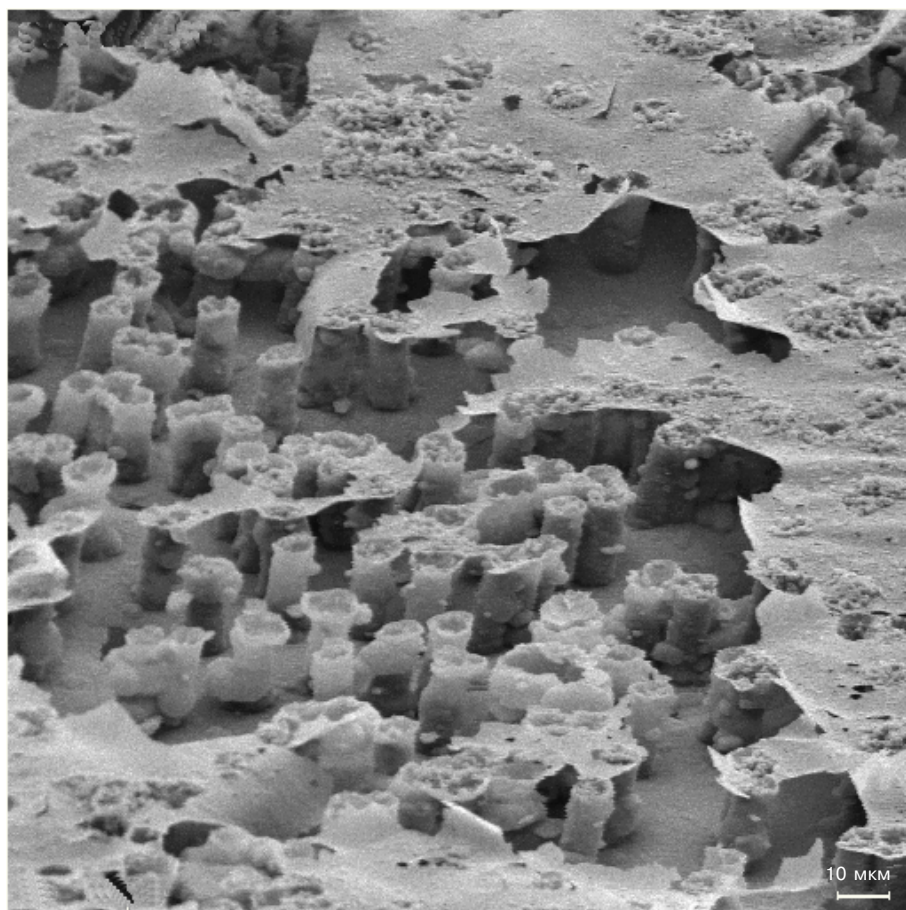




ФОТОИНФОРМАЦИЯ

синтеза на шаблоне, в результате чего образующийся полимер повторяет форму его поверхности. Подложками нам служат трековые мембраны — тонкие полимерные пленки, например из полиэтилентерефталата, в которых из-за облучения ускоренными тяжелыми ионами или осколками деления урана-238 с последующим химическим травлением получились сквозные микроотверстия одинакового размера — поры. Из полипиррола на таких шаблонах делают микро- и нанотрубки, нановолокна и многое другое».

Для проведения синтеза в одну часть сосуда, разделенного трековой мембраной, наливают спиртовой раствор мономера, пиррола или N-метилпиррола, а в другой — раствор окислителя, например хлорида трехвалентного железа. Эти вещества проникают через поры мембраны и взаимодействуют, причем образуются два вида полимера. Одна его часть зарождается на поверхностях мембраны и ее пор, покрывая все плотной пленкой, а другая возникает непосредственно в растворе, и получаются комочки или гранулы гомополимера, которые ко всему прилипают. Потом мембрану-шаблон растворяют, и остается синтетический металл, принявший желательную форму. А прилипшие комочки ее-то как раз и портят, поэтому хотелось бы, чтобы их было как можно меньше. Но добиться этого непросто. Дело в том, что если перемешивание растворов слабое (поры тонкие и их мало), то поверхность мембраны оказывается чистой, а вот внутри пор комочков много. В противном случае они покрывают всю поверхность мембраны толстым слоем. Поэтому начинают работать другие факторы: температура и всевозможные добавки в реагирующие жидкости. В том-то и состоит истинный талант материаловеда, чтобы выявить ту единственную узкую область составов и режимов, когда материал ведет себя так, как надо, а не так, как получается. После чего дело будет за тем самым конструктором, которому позарез нужен проводящий полимер именно такой формы и никакой другой. Иначе ни солнечные батареи не добудут много электричества из скудного света северного солнца, ни микроробот не пошевелит своей искусственной мышцей.



С.Алексеев

Разные разности

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,
М. Егорова,
Е. Сутоцкая

Большинство людей уверены: горы — одно из немногих мест, где можно вдохнуть глоток чистого воздуха. Исследование канадских специалистов грозит поколебать эту уверенность — возле высочайших пиков мира и на горных плато атмосфера порой слишком насыщена озоном. Его концентрация наиболее высока в стратосфере. Между стратосферой и тропосферой расположен переходный слой — тропопауза. Метеорологам давно известно, что во время грозы она опускается с 12 до 9–10 км и озоновый слой снижается вместе с ней. Примерно на этой высоте расположена вершина Эвереста, и, значит, восходящие на нее альпинисты могут пострадать. Много озона скапливается и у поверхности земли, в крупных городах. Там он наносит людям немалый ущерб, вызывая кашель и боль в легких.

Однако рискуют не только горовосходители и жители мегаполисов. Сотрудники Торонтского университета обнаружили, что концентрация озона над Тибетским нагорьем (средняя высота 4–5 тыс. м) в некоторых местах опасна для людей и сравнима с той, что наблюдается в наиболее загрязненных городах мира. Они проводили замеры с 1997 по 2004 год и обнаружили, что в центре нагорья уровень озона невелик, а по краям весьма значителен: в результате действия законов гидрогазодинамики образуется своего рода нимб. Что-то похожее происходит, когда океанское течение обходит подводную гору или метель наметает сугробы вокруг препятствия.

University of Toronto



Решив разобраться, чем так привлекают слабий пол мужчины-танцоры, В. Браун из Университета Рутгерса в Нью-Джерси и его коллеги провели эксперимент, в котором приняли участие добровольцы с Ямайки. Исследователи сняли на пленку 180 подростков, а затем превратили их изображения в компьютерные танцующие фигурки обоих полов, сохранив пропорции тела. Оказалось, что люди с более симметричным телом больше понравились зрителям.

Показанные на экране модели мужчин сильнее действовали на женщин, чем фигуры представительниц прекрасной половины на кавалеров. Браун предлагает этому такое объяснение: женщина важнее для продолжения рода и ей приходится тщательнее выбирать партнера.

Раньше считалось, что высокая степень симметрии — лодыжки одинакового объема или уши, расположенные точно на одном уровне, — свидетельствует о правильном развитии плода в утробе матери. Данные опросов свидетельствуют: симметричных людей чаще считают более симпатичными. Команда Брауна предполагает, что танец, возможно, помогает привлечь внимание к симметричности тела его исполнителя. Этим можно объяснить, почему танец входит в ритуал ухаживания у человека во всем мире, а из симметричных людей получают наиболее привлекательные и профессиональные танцоры.

Возможно, симметрия наделяет людей прекрасной координацией, и движения их завораживают зрителей. Или, может быть, танцоры более раскрепощены и потому увереннее чувствуют себя. Но даже если отбросить самомнение и привлекательность движений, все равно остается стойкая связь между симметрией тела и способностями к танцу.

News@nature.com



Люди высаживают искусственные леса, чтобы улучшить окружающую среду, однако результаты их действий могут оказаться противоположными задуманному. Исследования американских ученых свидетельствуют, что эти меры могут привести к осушению рек и изменению состава почвы.

Растениям нужен углекислый газ, поэтому один из способов уменьшить его количество в атмосфере и предотвратить глобальное потепление, — выращивать огромные, быстрорастущие деревья. Но для таких лесов нужно много воды, — объясняет Р. Джексон из Университета Дьюка в Северной Каролине. Ученые обследовали более 500 мест, где за последние полвека были посажены новые леса. В 13% случаев ручьи там полностью пересохли менее чем за год. В среднем из-за новых плантаций местные водные ресурсы истощились более чем на 50%. Это пагубно сказалось на водных экосистемах. Страдают и лесные почвы — они становятся более солеными или кислыми.

Впрочем, пересыхание ручьев — это не всегда плохо. Например, лесные плантации в сельскохозяйственном поясе США уменьшили количество питательных веществ, стекающих с обрабатываемой земли в море и вызывающих «цветение» воды, которое приводит к заморам и убивает морскую жизнь.

Некоторые страны и компании сейчас выращивают леса, зарабатывая «углекислый кредит», и благодаря этому производители электроэнергии могут выбрасывать больше углекислого газа. Однако, принимая решение о новых лесопосадках, необходимо учитывать местные особенности.

News@nature.com



Откуда в нашу кровь попадает железо, а в кости — кальций? Конечно, из пищи и воды. Но астрономы знают и более интересный ответ. Звезды, которые в десятки и сотни раз тяжелее нашего Солнца, в конце концов взрываются и образуют сверхновые. При этом они выбрасывают в межзвездное пространство химические элементы. Когда образовалась Солнечная система, это вещество участвовало в формировании Земли.

Среди прочего взрывы сверхновых расплющивают алюминий-26. Распадаясь, он порождает фотоны гамма-лучей, энергия которых в несколько тысяч раз больше, чем у рентгеновских, используемых в медицине. Образующееся рассеянное излучение можно сравнить со светом бесчисленных звезд, спрятанных глубоко в недрах Млечного Пути. Получается, что алюминий-26 дает астрономам в руки моментальный снимок галактики.

Астрофизик из Университета Клемсона в США Д.Хартманн утверждает, что весь Млечный Путь пронизан таким излучением. Изучая его, удалось оценить, как часто взрываются сверхновые (обычно около двух за столетие), сколько звезд рождается каждый год (около полудюжины) и сколько алюминия-26 содержится в межзвездном пространстве (около трех солнечных масс).

Эта работа — плод сотрудничества немецких, французских и американских ученых, которые исследуют метеориты и проводят измерения с помощью американских и европейских спутников.

www.spaceref.com



Глубинные океанские течения неразрывно связаны с климатом нашей планеты. Их движет холодная соленая вода, опускающаяся на дно. Сейчас ее разбавляют тающие полярные льды и согревают тропические воды, устремляющиеся к полюсам. В связи с этим многие ученые опасаются изменения глобальной циркуляции океанских вод. Западной Европе это грозит сильнейшим похолоданием, поскольку теплый Гольфстрим до нее не дойдет.

За последние годы появилось множество компьютерных моделей, предсказывающих реакцию океанских течений на потепление климата, но еще важнее экспериментальные данные. Оказывается, нечто похожее уже было около 55 млн. лет назад, во время палеоценового—эоценового термального максимума. Тогда концентрация парниковых газов в атмосфере увеличилась и температура океанов выросла на 7–8°C.

Сотрудники Калифорнийского университета в Сан-Диего изучили «летописи» жизни океана — останки простейших, фораминифер, которые покоятся на дне. Они хранят информацию о содержании углерода-12 и углерода-13 в воде древнего океана, по соотношению которых можно судить о температуре воды. Сравнив состав фораминифер в различных местах Тихого и Атлантического океанов, ученые выяснили, что 55 млн. лет назад атлантические глубинные течения повернули с севера на юг, то есть в противоположную сторону. На это потребовалось несколько тысячелетий, а в норму все возвращалось почти 100 тыс. лет. Эти данные совпадают с результатами компьютерного моделирования ситуации на Земле 55 млн. лет назад, которое провели в 2002 году сотрудники Океанографического института в Массачусетсе.

News@nature.com



Ротавирус, открытый в 1973 году, вызывает тяжелую диарею и обезвоживание у детей. От него страдает почти каждый ребенок в мире в возрасте до пяти лет. В США в больницу попадает примерно 55 тыс. малышей, и несколько десятков случаев заканчиваются летальным исходом, однако в развивающихся странах от этого недуга ежегодно умирает около полумиллиона детей. Лекарство против ротавируса до сих пор не придумано.

В конце 1990-х появилась первая вакцина, но после девяти месяцев применения ее запретили, так как иногда она приводила к закупорке кишечника. Виновником оказался ротавирус обезьяны, на основе которого вакцина была создана, и ученые стали опасаться, что все вакцины против ротавируса окажутся непригодными. Тем не менее она помогла спасти немало жизней.

Новые вакцины предложили фирмы «GlaxoSmith-Kline» и «RotaTeq». Они защищают малышей сразу от нескольких штаммов вируса, и побочных эффектов пока не обнаружено. В одной испытываемой ослабленный штамм живого ротавируса человека, в другой — пять ослабленных штаммов, каждый из которых — комбинация человеческого и коровьего вирусов.

Клинические испытания прошли успешно — в 85–100% случаев тяжелых симптомов не наблюдалось. Вводить вакцины можно перорально. Однако на пути их внедрения есть немало препятствий. Неясно пока, насколько они эффективны для детей, которые плохо питаются и больны другими инфекциями. К тому же обе вакцины недешевы, а для развивающихся стран это очень важно.

Не следует забывать, что ротавирус, подобно вирусу гриппа, искусно меняет свои обличья и может успешно скрыться от иммунного ответа организма, вызванного вакциной. Над ней, как и над вакцинами гриппа, придется постоянно работать.

News@nature.com

В США после крупного лесного пожара пострадавшие деревья отправляют на переработку. При этом освобождается место для новых саженцев. Специалисты считают, что так лес быстрее восстановится, а мертвые деревья не загорятся, если пожар повторится.

Д.Донато, специалист по экологии леса из Университета штата Орегон, утверждает, что подобная практика порочна. Дело даже не в том, что остающиеся в лесу ветки могут послужить топливом для нового возгорания.

Донато и его коллеги изучали самый крупный в истории Орегона «Бисквитный пожар», названный так по имени близлежащей горы. Он бушевал 120 дней в национальном лесу Сискиу, где растут преимущественно пихты Дугласа, и уничтожил около 200 тыс. гектаров леса. Затем Служба охраны лесов США предложила программу по заготовке поврежденных лесов. В результате местная экономика расцвела, людям предложили новые рабочие места в лесу и на лесопилке. Часть вырученных денег пошла на лесоустройство.

После того как вырубili стволы поврежденных деревьев, на земле остались мелкие щепки и спиленные ветви. В очищенных зонах выросло около 200 саженцев на гектар. А в тех местах, где расчистку не производили, появилось около 700 саженцев на гектар. Вероятно, когда деревья тащат через лес, повреждается почва и новая поросль пробивается с трудом. Теперь ученые предлагают оставлять пострадавшие леса в покое. Впрочем, у разных деревьев процесс восстановления может происходить по-разному и то, что хорошо для пихты, может оказаться непригодным для берез или кленов.

News@nature.com



Искусственный интеллект в растворе

Поистине поразительно, как много разнообразнейших явлений описывает реакционно-диффузионное уравнение.

И.Пригожин.

От существующего к возникающему

О леших, роботах и прочих братьях по разуму

На протяжении веков люди мечтали найти или создать мыслящее существо, отличное от человека. Это проявлялось в сказках и поверьях и, естественно, в художественной литературе. Голем, Франкенштейн, роботы Чапека — лишь малая часть придуманных человеком «братьев по разуму». Вольфганг фон Кемпелен создавал во второй половине XVIII века механические модели живых существ, но единственная «мыслящая» — механический шахматист — оказалась все-таки обманом. Скорее всего, миниатюрный человек прятался в небольшом внутреннем отделении автомата Кемпелена во время демонстрации механизма устройства, а потом побеждал соперников.

В то время человекоподобный вид предполагаемого разумного искусственного существа ни у кого не вызывал сомнения. Позже, уже в середине прошлого века, Иван Ефремов в романе «Туманность Андромеды» попытался обосновать эту точку зрения. Он утверждал, что разумная жизнь может появиться только в строго определенных физических условиях и должна быть человекоподобной. Антропоцентризм в целом победил, хотя были и исключения: разумные лошади Свифта, осьминоги Уэллса.

Ситуация изменилась, когда начался стремительный прогресс цифровой вычислительной техники. Он не только перевернул все основные области

Художник В.Камаев



человеческой деятельности, но и во многом — наши представления о разуме. Начались спекуляции на тему сверхмощного машинного интеллекта, поработителя людей. В основе этого лежала боязнь перемен и неопределенность понятий «нечто, похожее на человека», «нечто, обладающее человеческим сознанием». Эта неопределенность была частично снята в 1950 году.

Английский математик Алан Тьюринг предложил новое понимание машинного интеллекта. В статье под названием «Вычислительная техника и интеллект» (в переводе на русский — «Может ли машина мыслить?») он предложил отличать рукотворное устройство от человека по способности поддерживать осмысленный диалог с человеком и считать, что если устройство отвечает как человек, то оно и мыслит, как человек. Не рассматривая многие интересные особенности этого общепринятого се-

годня подхода, укажем одно следствие. Об интеллектуальных возможностях любого объекта (человека, биологического существа, искусственного устройства) стало возможным судить по тому, как он хранит, обрабатывает и передает информацию. Появление идеи о похожести высказываний человека и машинного разума психологически освободило писателей от требования похожести внешнего вида. С тех пор мыслящие компьютеры принимают человеческий облик только в комиксах.

О конкретных формах влияния подхода Тьюринга судить трудно, но именно в начале шестидесятых годов были опубликованы романы Станислава Лема — «Непобедимый» и «Соларис». В них появилась новая интеллектуальная сущность — распределенные системы (Лем и позже обращался к этой теме). Во всех точках такой системы, взаимодействующих друг с другом, одновременно обрабатывает-



ся информация, причем информационную мощность можно варьировать, изменяя размеры системы. В первом романе Лем описал обладающую интеллектом грандиозную совокупность микроскопических электронных устройств, «мушек», которые могут соединяться и разъединяться. В романе «Солярис» опять-таки распределенная система — всепланетный океан — пытается изучить людей, которые исследуют его самого.

То, что будет написано далее, — лишь попытка познакомить читателя с распределенными динамическими системами, рассказать о том, как они обрабатывают информацию и почему они важны.

Нейронные сети

Приоритеты развития и потребности человеческого общества изменялись на протяжении второй половины прошлого века. Начиная с 80–90-х годов наряду с инженерными проблемами становится все более важным понимание динамики сложных систем и методов управления ими.

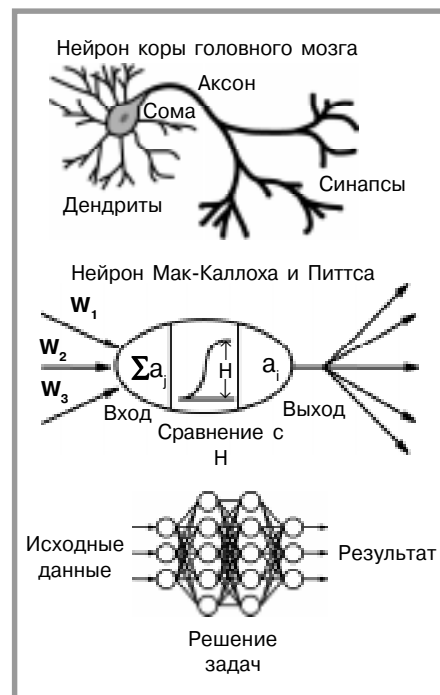
Сложные динамические системы играют важную роль в природе и человеческом обществе. Это разнообразные физические, химические и биологические объекты, большие транспортные системы, сообщества людей, в которых происходят различные экономические и социальные явления. Изучение динамических систем позволяет понимать и предотвращать эпидемические заболевания, создавать автономные устройства, заменяющие человека в сложных для него условиях, предсказывать погоду, регулировать экономику, решать социальные проблемы. Особенность этих систем в том, что их математическое описание приводит к слишком сложным задачам. Вычислительные ресурсы (память и скорость вычислений), привлекаемые для решения, были многократно увеличены, но ЭВМ все равно оказываются малоэффективными.

Альтернатива гонке вычислительной сложности и производительности ЭВМ — новые эффективные методы обработки информации. В ходе разработ-

ки таких методов биологические принципы приобретали все большее значение и привели в конечном счете к созданию нейрокомпьютеров — принципиально отличных от обычных ЭВМ устройств обработки информации.

В 1943 году Мак-Каллох и Питтс, основываясь на известных к тому времени данных о структуре коры головного мозга, предложили нейросетевой подход к обработке информации. Нейронная сеть представляет собой систему элементарных процессоров — формальных нейронов. Каждый из них получает положительный или отрицательный сигнал от всех нейронов сети, умножает сигналы на «веса», суммирует полученные произведения и передает результат остальным нейронам. Обработка информации осуществляется одновременно всеми нейронами сети, то есть с грандиозным параллелизмом, несравнимым с параллелизмом современных ЭВМ. Нейрон передает в сеть суммарный сигнал, только если его величина превышает заданный порог, то есть действует нелинейно. В отличие от фон-неймановского компьютера переход от решения сетью одной задачи к другой определяется не вводимой программой, а начальными состояниями нейронов, структурой сети, весами и порогами. После того как начальное состояние сети задано, она эволюционирует во времени, и при определенных условиях ее конечное состояние является оптимальным для решения задачи (рис. 1).

Что произошло позже, после основополагающих работ Мак-Каллоха и Питтса? Хотя нейросетевая парадигма уходит своими корнями в 40-е годы прошлого столетия, ее практическая реализация оставалась на протяжении многих лет практически вне рассмотрения. Создание нейрокомпьютеров пошло по обычному пути — использованию полупроводниковой схемотехники и планарной технологии — и альтернативы этой технологии пока нет. Преимущества ее огромны, и она вытеснила все иные технологические воплощения вычислительных устройств. Для реализации обычной архитектуры ЭВМ она оптимальна и на

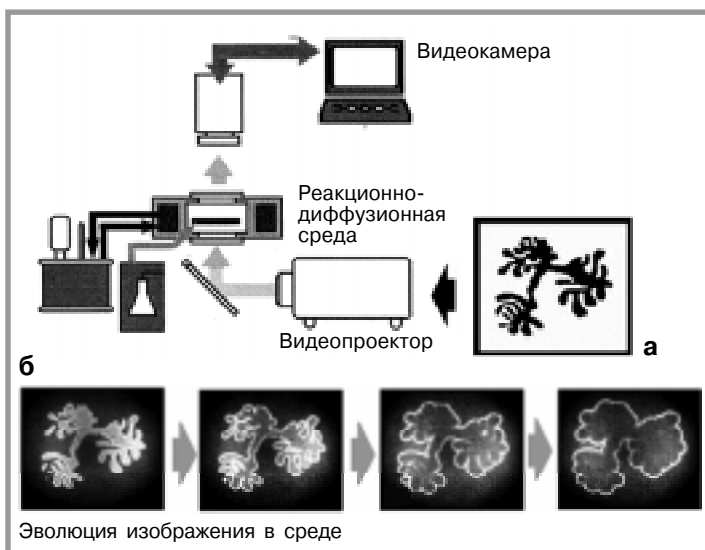


1
Элементы нейронной сети

сегодня далеко еще не исчерпала своих возможностей.

Однако в ее основе лежит понятие о неизменной в ходе вычислений структуре устройства. Удаление или добавление хотя бы одного транзистора в планарной схеме в общем случае приводит к потере ее работоспособности. Постепенная перестройка схемы, адаптация ее структуры к конкретной задаче оказывается трудной. А идеология нейронной сети, даже в первоначальном подходе Мак-Каллоха и Питтса, требует, чтобы малые изменения структуры сети были возможны. И поэтому традиционная полупроводниковая дискретная реализация нейронных сетей противоречит их сущности.

Для нейронных сетей надо искать другое «железо», другое воплощение, которое позволит естественным образом перестраивать сеть. Такой реализацией могут быть пространственно протяженные среды, в которых происходят физические или химические процессы. Причем разные точки среды связаны обратными связями и их взаимодействие приводит к тому,



2
Графическую информацию вводят в реакционно-диффузионную среду с помощью видеопроектора (а). Фотохимическая реакция запечатлывает светлые и темные участки, а последовательные изменения картинки затем фиксирует видеокамера (б)

что поведение среды оказывается весьма сложным.

Наиболее многообещающими объектами, на основе которых можно создавать нейроподобные системы, стали биологические и физико-химические реакционно-диффузионные среды. В каждом малом объеме среды протекают нелинейные процессы, которые определяют характер реакции среды на внешнее воздействие. А взаимодействие этих объемов за счет диффузии приводит к сложному поведению реакционно-диффузионной среды в ответ на ее возбуждение химическими, электрическими или световыми воздействиями.

Специалисты по схемотехнике, чтобы подчеркнуть отличие этой ситуации от обычной схемы с ее резисторами, конденсаторами и транзисторами, назвали бы такую ситуацию «распределенной средой», по аналогии со схемами с «распределенными параметрами». Звучит это научно, однако на уровне принципа доступно десятикласснику: обычный кусок провода в любом месте имеет и сопротивление, и емкость. Другое дело, что для работы схем это не всегда существенно.

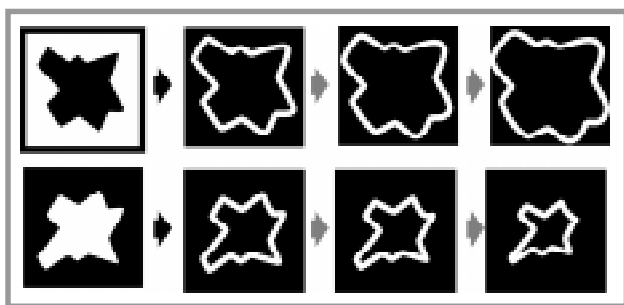
В природе реакционно-диффузионные среды встречаются на самых разных уровнях структурной организации. Рост колоний одноклеточных организмов подчиняется сложным закономерностям, и это приводит к нетривиаль-

ным пространственным структурам (концентрическим круговым или спиральным образованиям). На уровне тканей организма естественно назвать прежде всего функции коры головного мозга. Но реакционно-диффузионные явления характерны и для других органов. Например, нарушение сердечных ритмов и феномен внезапной смерти возникают в результате патологических волновых режимов в миокарде.

Широко известны режимы концентрационных колебаний в химических и биохимических системах, в биологических мембранах и клетках, на супрамолекулярном уровне. Нелинейная динамика может приводить к коллективным возбуждениям — солитонам, распространяющимся на большие расстояния вдоль молекулярного остова, то есть на молекулярном уровне.

Важное свойство этих сред — то, что независимо от физического воплощения в них в большинстве случаев наблюдаются общие формы поведения:

- глобальные (во всем объеме среды) колебания концентраций компонентов,
- распространяющиеся в объеме среды локальные области высоких концентраций (концентрационные импульсы),
- распространяющегося в среде переходы («переключения») из одного состояния в другое,
- образование устойчивых структур



3
С негативом и позитивом среда работает по-разному. Контуры темного объекта на светлом фоне расходятся от центра, раздуваясь — эта операция называется «контур(+)» (см. также рисунок 2б). Светлый объект на темном фоне, наоборот, сжимается — это «контур(-)»

с неоднородным распределением концентраций компонентов.

Для создания нейроподобных средств обработки информации наиболее перспективны химические реакционно-диффузионные системы и прежде всего среды, в которых протекают реакции Белоусова — Жаботинского.

Реакционно-диффузионные среды

В основе реакции Белоусова — Жаботинского лежит окисление органического соединения (обычно малоновой кислоты) каким-либо неорганическим окислителем (броматом натрия или калия), катализируемое ионами переходного металла (чаще всего железа). Химические реакционно-диффузионные среды типа Белоусова — Жаботинского представляют собой удобный исходный материал для создания устройств обработки информации. Они стабильны, нетоксичны, недороги. Температурный диапазон и временные масштабы процессов в них удобны для регистрации характеристик этих сред сравнительно простыми физическими методами. Катализатор в процессе промежуточных химических реакций, когда среда переходит из одного состояния в другое, изменяет свое электронное состояние. Как следствие, реагенты меняют свой цвет (например, от красного к синему и наоборот). Таким образом, легко визуализировать процесс.

Наиболее удобны светочувствительные среды. В этом случае вводимая в среду информация представляет собой изображение, то есть заданное распределение интенсивности света, проецируемое оптической системой на поверхность слоя или в объем среды. Под действием светового излучения катализатор реакции инициирует в среде последовательность фотохимических реакций, которые приводят к изменению содержания основных ее компонентов. В результате в каждой точке среды происходят изменения концентраций ее компонентов, определяющиеся интенсивностью светового излучения в этой точке, то есть возникает химический образ введенной информации (рис. 2).

После ввода информации конкретная операция ее обработки определяется режимом последующей эволюции среды во времени. При этом начальное распределение концентраций реагентов преобразуется в некоторое конечное их состояние, то есть в решение задачи. Выбор режима эволюции, то есть обработки изображения, задается состоянием среды — ее составом и температурой. Характер эво-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

периферии микрообъема за счет существенно больших значений коэффициента диффузии ингибитора по сравнению с активатором.

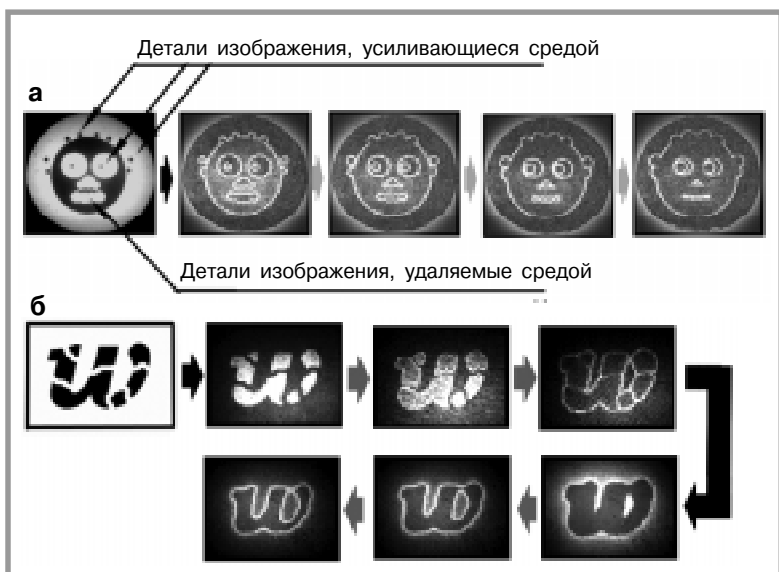
Обработка изображений

В последние годы среды типа Белоусова — Жаботинского использовались для решения задач, относящихся к проблемам искусственного интеллекта. Например, для обработки изображений. Если ввести в среду произвольное изображение, проецируя его на поверхность слоя светочувствительной среды, то последующая эволюция изображения будет представлять собой операцию его обработки. Характер операции определяется задаваемым режимом среды и видом изображения (позитив или негатив) (рис. 3).

Если среда функционирует в возбужденном режиме, то есть в режиме распространения концентрационных импульсов, то основными элементарными операциями обработки черно-белого изображения оказывается выделение контуров его фрагментов, которые можно определить как «контур(+)» и «контур(-)». В первом случае выделившийся контур расходится в процессе эволюции от центра, во втором — сходится к центру изображения. Выбор операции определяется формой обрабатываемого изображения. На всех рисунках ввод исходного изображения в среду обозначается черной стрелкой, а его последующая эволюция в среде — серыми.

Элементарные операции «контур(+)» и «контур(-)» позволяют выполнить практически все используемые на практике операции обработки черно-белых изображений. К ним относятся определение общей формы изображения, то есть исключение мелких деталей, и его сегментация — разделение сложного изображения на более простые фрагменты (рис. 4, 5).

Реакционно-диффузионные процессоры могут усиливать мелкие детали изображения и убирать из изображения достаточно крупные детали. Используя совокупность элементарных операций, можно восстанавливать



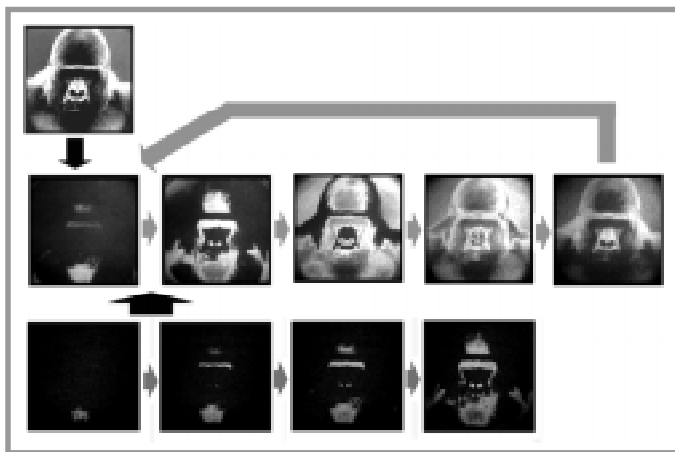
4 При умелом использовании операции «контур(+)» можно достичь поразительных результатов (а). Слияние фрагментов не всегда ведет к потере информации: если при этом устраняются дефекты исходного изображения, информация может быть восстановлена (б)

люции можно изменять, воздействуя на среду управляющими физическими и химическими стимулами и конструируя сложные по своей структуре среды. Это увеличивает информационные возможности реакционно-диффузионных сред.

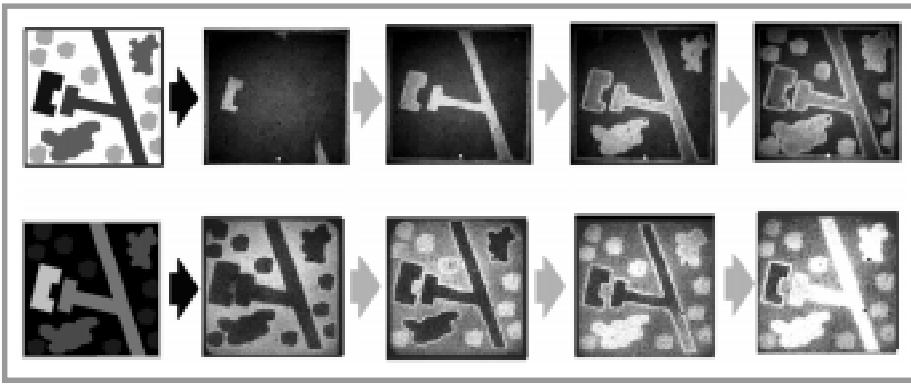
Важная особенность среды типа Белоусова — Жаботинского — ее квазинейросетевая архитектура. Пусть среда представляет собой тонкий слой реагента. Разобьем мысленно этот слой на микрообъемы с размерами меньше так называемой диффузионной длины, в которых за счет диффузии происходит полное перемешивание компонентов среды. Качественно такую систему можно рассматривать как материальную реализацию нейронной сети. В ней любой микрообъем представляет собой элементарный процессор или нейрон, функции которого из-за полного перемешивания

определяются только кинетикой протекающих реакций. Каждый микрообъем связан со всеми другими диффузией — аналогом передачи сигналов.

В 60-х годах прошлого века американский математик Стивен Гроссберг предложил концепцию нейронных сетей, в которых так же, как и в зрительном аппарате человека, возбуждение усиливалось в центре возбуждаемого поля и подавлялось на его краях. Эти сети Гроссберга и его сотрудники использовали для объяснения некоторых функций коры головного мозга и ряда других биологических явлений. В частности, Гроссберг отмечал аналогию между предложенными им нейронными сетями и реакционно-диффузионными системами, использованными Гирером и Мейнхардтом для объяснения образования пятнистой окраски животных. Позже эта аналогия была подтверждена экспериментально для химических реакционно-диффузионных систем типа Белоусова — Жаботинского. Она имеет физико-химическую основу: для химических нелинейных систем характерны автокаталитические механизмы, то есть активирование в элементарном микрообъеме и ингибирование на



5 Задача, противоположная предыдущей: разделение изображения на фрагменты



изображения с дефектами и исключать загрязнения изображений.

Эволюция изображений, особенно полутонных, в среде типа Белоусова — Жаботинского, функционирующей в колебательном режиме (в особенности полутонных изображений), оказывается существенно более сложной по сравнению с возбудимым режимом. В этом случае позитивное полутонное изображение преобразуется сначала в негативное черно-белое. При этом шаг за шагом последовательно выделяются области с уменьшающейся яркостью изображения. Затем, в общем случае, происходит выделение контуров отдельных фрагментов, и далее изображение преобразуется в исходное полутонное. В совокупности отдельные этапы эволюции позволяют детально и количественно охарактеризовать изображение, например построить гистограмму его яркости.

Наиболее важная особенность среды типа Белоусова — Жаботинского, вытекающая из рассмотренного примера, заключается в том, что они представляют собой естественную реализацию пространственно-временного процессора, который преобразует сложное пространственное распределение фрагментов изображения в последовательное во времени выделение этих фрагментов. Это позволяет решать ряд практически важных задач (рис. 6).

Например, можно произвести обработку изображений, полученных в результате аэро- или космической съемки. Среда последовательно выделяет фрагменты одной яркости позитивного и негативного аэрофотоснимков. Это дает возможность расчленив изображение на индивидуальные распределения фрагментов.

Поиск пути в лабиринте

Другой пример — определение кратчайшего пути в лабиринте. Это одна из наиболее известных современных проблем высокой вычислительной сложности. К ней может быть сведен целый ряд практически важных задач,

таких, как выбор оптимального решения при заданных ограничениях, определение оптимальных решений транспортной задачи и т. д. Попытки составить эффективные алгоритмы поиска кратчайшего пути в лабиринте предпринимаются с 60-х годов прошлого века по настоящее время.

Сравнительно недавно было показано, что светочувствительные реакционно-диффузионные среды типа Белоусова — Жаботинского можно использовать для решения, по крайней мере, не слишком сложных лабиринтных задач. В одном из вариантов реакционно-диффузионных процессоров, разработанных для этого, используются светочувствительные среды Белоусова — Жаботинского. Оптимальная архитектура таких процессоров должна быть гибридной, то есть комбинацией реакционно-диффузионной среды и универсального цифрового компьютера. В этом случае операции высокой вычислительной сложности — одновременное параллельное распространение волны по всем путям лабиринта осуществляется средой, а последующую обработку данных, то есть операции низкой вычислительной сложности, производит цифровой процессор.

В основе экспериментальной техники лежит представление лабиринта в виде его образа, в простейшем случае — черного изображения лабирин-

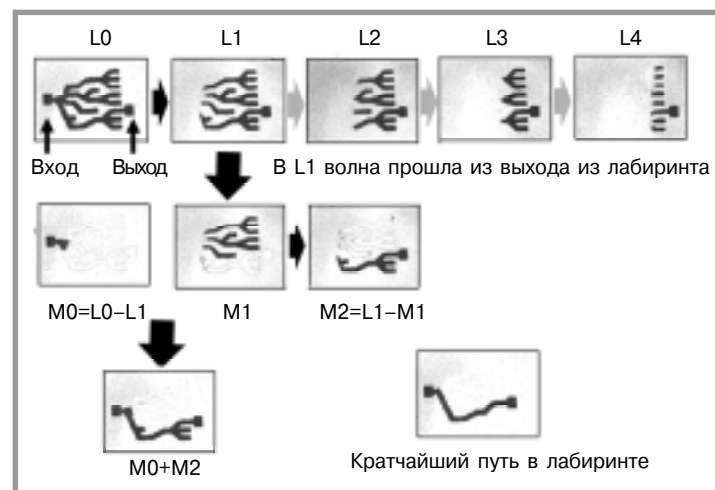
6

Последовательное выделение различных фрагментов может быть полезно при обработке аэрофотоснимков

та на белом фоне. Для решения подобных задач наиболее пригодны возбуждаемые световым излучением среды типа Белоусова — Жаботинского, функционирующие в колебательном режиме. В процессе эволюции введенного в среду изображения они хранят отдельные стадии достаточно долго для того, чтобы изображение лабиринта в среде и прохождение по нему волны были бы записаны видеокамерой и введены в цифровой компьютер. После этого поиск кратчайшего пути от входа в лабиринт к выбранному выходу может быть сведен к стандартным цифровым операциям обработки изображений (рис. 7).

В ходе эволюции полутонного изображения его образ появляется в среде постепенно, начиная с наиболее темных областей. Пусть яркость изображения лабиринта изменяется непрерывно от самой светлой его части, отвечающей входу в лабиринт, с постепенным уменьшением яркости вдоль пути в лабиринте. Тогда это изображение сначала появится в среде как черное изображение, которое изменяет свой цвет на белый начиная с точки входа в лабиринт. Этот процесс, эквивалентный прохождению по черному лабиринту белой волны, может быть записан в памяти компьютера.

После того как в памяти компьютера сохранены последовательные стадии движения волны по лабиринту, они могут быть использованы для определения кратчайшего пути от его входа к выбранному выходу: при этом исключаются фрагменты лабиринта, не связанные с выходом. Пусть волна, распространяющаяся от входа, прошла через первое разветвление путей. В этот момент цифровой компьютер производит «заливку» лабиринта белым



7

Реакционно-диффузионная среда ищет кратчайший путь через лабиринт



8

Преобразование изображения в реакционно-диффузионной среде зарисовывает оптические иллюзии: то, что видит человеческий глаз, но чего на самом деле нет

цветом начиная с выхода. В результате на изображении лабиринта остается черным только его фрагмент, не связанный с выходом. Эту часть легко исключить из изображения численно. Последовательное применение этого приема позволяет определить кратчайший путь.

Оптические иллюзии в растворе

Зрение млекопитающих и в особенности человека связано с весьма сложными проявлениями активности коры головного мозга. Изображение проецируется на сетчатку глаза и после ряда преобразований в зрительном тракте попадает в зрительный кортекс — отдел коры, который производит первичную обработку изображения. Считается, что он выполняет простейшие операции: выделение контуров, линий одного направления и т. д.

Именно для объяснения некоторых функций коры головного мозга, прежде всего связанных со зрением, Стивен Гроссберг предложил концепцию специализированных нейронных сетей. При этом их функциональные особенности во многом адекватны особенностям химических реакционно-диффузионных сред, в частности сред Белоусова — Жаботинского. Возникает вопрос: можно ли моделировать отдельные функции человеческого зрения, используя химические реакционно-диффузионные среды?

Одна из особенностей человеческого взаимодействия с окружающим миром заключается в ложном восприятии — иллюзиях. Известно большое количество разнообразных иллюзий, связанных со слухом и осязанием. Есть и оптические иллюзии (рис. 8).

Одна из них — иллюзия Канисы, когда человек ясно видит треугольник, которого на самом деле на рисунке нет. Другая иллюзия — в промежутках между углами черных квадратов появляются кажущиеся темные расплывчатые образования — иллюзия точек-

фантомов. Если ввести эти изображения в среду Белоусова — Жаботинского, функционирующую в возбужденном режиме, то оказывается, что в результате эволюции выделившихся контуров изображений появляется треугольник (иллюзия Канисы) или же система точек в промежутках между углами квадратов (иллюзия точек-фантомов). Похоже, что информационные возможности зрительного кортекса, моделируемые нейросетями Гроссберга и, как следствие, динамикой реакционно-диффузионных сред, включают в себя не только простейшие операции обработки изображений.

Колебательный режим химических сред Белоусова — Жаботинского позволяет сделать предположения о механизмах других оптических иллюзий. Иллюзия, которую называют «вазой Рубина», заключается в том, что человеческий глаз видит или вазу, или два профиля. При этом восприятие нередко оказывается размытым — наблюдателю трудно выбрать между этими двумя возможностями (по-видимому, темная центральная часть изображения ближе по восприятию к вазе, а темная периферия — к двум профилям). В процессе эволюции в реакционно-диффузионной среде эти два изображения становятся равноправными и постоянно заменяются одно на другое. Это, по-видимому, может объяснить неопределенность восприятия вазы Рубина.

И наконец, преобразование изображения в колебательной среде Белоусова — Жаботинского поможет объяснить, почему длительное наблюдение картины, не вызывающей разумных ассоциаций, приводит, если посмотреть после этого на белую поверхность, к имеющей смысл фигуре (иллюзия Иисуса Христа).

Несколько заключительных слов

Реакционно-диффузионная среда может быть устройством обработки ин-

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

формации, принципиально отличающимся от цифровых средств. Информация вводится в среду в виде изображений и обрабатывается без их дискретизации и перевода в цифровую форму. Распределенный характер сред имеет следствием высокий параллелизм обработки информации, а нелинейность — высокую логическую сложность выполняемых операций. Поэтому производительность реакционно-диффузионного устройства определяется не повышением скорости действия элементов или миниатюризацией схем.

Информационные возможности реакционно-диффузионных сред далеко еще не исчерпаны. В основе всех существующих устройств лежат лишь два из трех основных принципов биологической обработки информации — высокий параллелизм и нелинейность. Поэтому естественным следующим шагом должно стать создание многоуровневых устройств. В природе таких систем великое множество.

Реакционно-диффузионные среды представляют собой аналоговую форму обработки информации, и отчасти они имитируют работу коры головного мозга. Основная методологическая трудность их использования заключается в том, что не вполне ясны механизмы решения задач мозгом. Если бы эти механизмы были известны, моделирование их позволило бы создавать устройства, эффективно решающие столь же сложные задачи, как и мозг.

В последние годы мы все лучше понимаем информационные возможности реакционно-диффузионных сред, подтверждая предсказание одного из прародителей этого подхода, Ли А.Рубеля. В начале девяностых годов он писал: «Будущее аналоговых вычислений безгранично. Будучи мечтателем, я вижу, как они в конечном счете заменяют цифровые вычисления, сначала для решения дифференциальных уравнений в частных производных и для моделирования в нейробиологии. Понадобится несколько десятилетий, чтобы это произошло».

Животные-роботы и роботерапия

Кандидат психологических наук
О.Р. Арнольд

Прогнозы писателей-фантастов не всегда сбываются, особенно когда речь идет о точных датах. Мы пережили страшный оруэлловский «1984» год, и, по счастью, мировая война не началась, а через несколько лет прекратила свое существование империя «Старшего Брата». Прошел 2001 год, однако «Космическая одиссея» человечества не достигла масштабов, о которых мечтал Артур Кларк. Но есть и обратные примеры. В середине прошлого века в одном из рассказов цикла «Я — робот» Айзек Азимов предсказал, что в 2008 году появятся роботы, предназначенные только для того, чтобы быть товарищем своему хозяину. Такие роботы появились раньше, чем предполагал великий фантаст, — не в начале XXI, а в конце XX века.

О роботах, то есть механизмах, которые самостоятельно, без участия человека, могут выполнять какую-либо работу, люди мечтали давно. И в самом деле, большинство современных роботов помогают человеку в труде: их используют в промышленности, сельском хозяйстве, военном деле и космонавтике, медицине. Но людям всегда было свойственно изобретать и такие вещи, которые не приносят очевидной практической пользы.

Роботы, созданные для непосредственного общения с человеком, получили название «роботов интерактивной стимуляции». Внешне они напоминают людей или животных; их предназначение — составлять человеку компанию, развлекать его, помогать в обучении, при реабилитации и терапии. Вначале роботы-животные были просто игрушками, но так как к моменту их появления было уже доказано, что четвероногие домашние любимцы могут положительно влиять на здоровье людей, роботов стали рассматривать и в качестве терапевтических агентов.

Айбо — механический пес

Животных-роботов выпускают крупные японские корпорации. Среди них самый известный — собачка по имени Айбо (по-японски «другок») компании «Сони». Айбо впервые появилась на рынке в 1999 году; сейчас в продажу поступило уже третье, значительно усовершенствованное поколение этих собачек.

Внешний облик искусственного пса, созданный известными дизайнерами Тадаши Ацуке и Юко Такеда, достаточно далек от образа живой собаки: никакой шерсти, корпус цвета металла, «глаз» (визуальный сенсор) одновременно служит и фотоаппаратом. Зато поведение Айбо во многом похоже на обычное собачье. Айбо может гулять, сидеть и даже гоняться за маленьким мячом. Искус-

ственный песик реагирует на голос хозяина, различает интонации: скулит, когда его ругают, и заливается радостным лаем, когда хвалят. В некоторых пределах он воспринимает окружающую среду и способен к обучению. Кстати, бывают «юные» собачки-роботы, которых надо обучать и воспитывать, как щенков, и «взрослые», у которых в голове (то есть в компьютере) с самого начала заложено множество команд.

Первоначально искусственная собачка стоила более двух тысяч долларов. Сейчас ее цена снизилась до 1200–1350 долларов, в зависимости от комплектации. В России цена Айбо и сегодня составляет около двух тысяч долларов — по порядку величин сравнимо с живыми собаками элитных пород! Так или иначе, к настоящему времени приобретено уже более 100 тысяч искусственных собачек. Большая их часть живет в США и Японии.

Предпосылки роботехники: от синтоизма до урбанизма

То, что родиной животных-роботов стала Япония, — по-видимому, не случайность. Современные японцы живут в высокотехнологичном мире, насыщенном всевозможными электронными устройствами. Однако дело не только в этом. В Японии широко распространены синтоизм, а согласно этому религиозному учению многие предметы, с нашей точки зрения неодушевленные — ветер, деревья, водопады, камни, —

наделены душой. Но если неподвижный и молчаливый сад камней для японца живой, то почему не может быть живым изделие рук человека, тем более способное слышать и реагировать? Вдобавок уже в XVIII веке в Японии были изобретены прообразы нынешних роботов — механические игрушки «каракури нингё». Автоматические куклы подносили чай, махали веером, играли на музыкальных инструментах, танцевали, даже совершали акробатические прыжки. Более того, в отличие от европейских механических заводных игрушек, каракури нингё, как и человек, имели право на ошибку. Например, кукла-мальчик, которую сделал мастер Хисасигэ Танака в XIX веке, стреляла из лука, но могла и промахнуться; чтобы стрелы попадали в цель, механизм надо было время от времени регулировать. В отличие от христианских цивилизаций, где искусственное существо априори рассматривалось чуть ли не как воплощение дьявола, робот для японца — милое и добродушное создание, всегда готовое прийти на помощь людям. Кстати, на основе мастерской игрушечника Танаки впоследствии была создана могущественная корпорация «Тошиба». Так что у собачки Айбо и ее родичей были достойные предшественники.

Кросс-культурные исследования реакции дошкольников на собачку-робота в Японии и Швейцарии показали, что японские детишки относятся к Айбо с гораздо большей симпатией, чем их швейцарские сверстники. И это неудивительно. Вот что пишет автор исследования Акимидзи Йокояма: «Оказалось, что робот-зверушка, по крайней мере в Японии, несет на себе частичку очарования реального живого существа, хотя и не может его по-настоящему заменить».

Еще одна причина распространения животных-роботов именно в Японии — крайне жесткие правила содержания домашних животных. Собак и кошек запрещено держать в квартирах, это возможно лишь в частных домах (зато в домах для любителей животных, построенных по индивидуальным проектам, бывают даже специальные душевые для собак и отдельные коша-



чи туалеты). Кроме того, содержание собаки обходится очень дорого — на четвероногого друга хозяин вынужден тратить не менее 6000 долларов в год. Так что Айбо для японца — даже не самый дорогостоящий домашний зверь. Электронная собака не нуждается в услугах ветеринара, не нарушает санитарных норм, питается электричеством — идеальный вариант для современного мегаполиса.

Почти живые игрушки

Началом истории животных-роботов, видимо, следует считать тамагочи — виртуального зверька, обитающего в брелке с тремя кнопками, в виде простенькой подвижной картинке на жидкокристаллическом дисплее. Отдавая соответствующие команды, хозяин может убирать за тамагочи, кормить его, играть с ним, при необходимости лечить. Однако даже при самом заботливом уходе к концу месяца зверек умирает от старости. В некоторых семьях кончина электронного любимца становилась настоящей трагедией — дети впервые знакомилась с горем, которое испытываешь, когда уходит любимое существо, и слава Богу, что это была всего лишь модель.

Тамагочи изобрела в 1996 году бездетная, но очень любящая детей сотрудница фирмы «Бандай» Аки Маита — эта идея пришла ей в голову после того, как она посмотрела телепередачу про мальчика, которому не разрешали взять в детский сад живую черепаху. Маленькая электронная игрушка имела бешеный успех. Несмотря на примитивность, тамагочи в каком-то смысле больше походил на реальных домашних любимцев, чем высокотехнологичные животные-роботы, владение которыми не предполагает никакой ответственности — ведь о тамагочи надо постоянно заботиться, иначе он заболит и умрет!

Сейчас, кроме Айбо и других животных-роботов столь же высокого уровня, существует целый «зоопарк» бо-

лее примитивных и соответственно на порядок более дешевых электронных игрушек. Некоторые из них почти неподвижны, но очень забавны. С интерактивной курицей Момми интересно общаться. На прикосновение она реагирует случайной невнятной фразой на английском; если курицу не трогать, она засыпает, а если играть с ней хотя бы полчаса, она начинает вести себя все более беспокойно и наконец производит на свет не яйцо, а уже готового цыпленка и вместе с ним поет веселую песенку. Собачка Пучи умеет сидеть, лежать, петь и играть с косточкой, реагирует на свет, на звук, на прикосновение, она грустит, если ее обделяют лаской, и радуется, когда хозяин с ней занимается. Более дорогие модели отличаются более сложными движениями, большим диапазоном выполняемых команд и, разумеется, более высоким «интеллектом».

Пластико-металлических созданий все чаще заменяют игрушки пушистые и мохнатые, вроде песика-робота Шедоу. Медвежонок Коби тоже выглядит как настоящий плюшевый мишка, но при этом знает около четырехсот слов. А попугай Полли — по-настоящему пернатый; хотя он и не умеет летать, но повторяет все слова, которым его хочет научить хозяин, и все время просит вытащить его из клетки.

Но вернемся еще раз к Айбо. Эта собачка в некотором смысле больше, чем робот. Айбо — символ будущих отношений человека и разумных машин, первое искусственное создание, которое вошло в быт множества людей и даже завоевало их сердца. Многие владельцы собачки-робота признаются, что стали относиться к этой разумной игрушке как к живому существу, более того, считают ее личностью. Айбо узнает хозяина, настраивается на его волну, готова грустить или веселиться вместе с ним, она требует к себе внимания, реагирует на ласку... Ее можно дрессировать: чем более совершенная модель поселилась у вас в доме, тем сложнее ее поведение.

Таким образом, искусственная собака обладает многими положительными качествами домашних любим-

цев. И при этом не создает проблем — за ней не надо ухаживать, не надо ее кормить и прогуливать, она не гадит в доме, не грызет провода и мебель. Единственное, чего она требует, — время от времени менять батарейки: когда они садятся, собачка ложится и засыпает. Ее вообще можно полностью игнорировать — так, один из хозяев Айбо просто забыл робота в туалете и не вспомнил о его существовании до тех пор, пока к нему не обратились с вопросами ученые, исследующие отношение людей к этому продукту корпорации «Сони». Айбо не причиняет никакого беспокойства хозяевам, одно только удовольствие!

Правда, большинство собачников, как ни странно, любят гулять со своими питомцами (кстати, это весьма полезно для здоровья) и легко мирятся с тем, что они грызут туфли и порою нарушают чистоту квартиры. Убирать за домашним зверем, кормить его для хозяина вовсе не в тягость — наоборот, когда кого-то любишь, приятно о нем заботиться. Но самое главное, что свой, родной пес или кот — если и не личность, то, во всяком случае, индивидуальность, он, как всякое живое существо, порой действует спонтанно, повинуясь внутренним импульсам, часто бывает непредсказуем, и это-то в нем самое замечательное! Животные-роботы, даже самые умные, не залезают в хозяйскую сумку, не чмокают и не перебирают лапами во сне, не прячут косточки в самых неожиданных местах... Словом, достоинства животного-робота оборачиваются его же недостатками. Скучно с ним.

Основы робототерапии

И все-таки, по мнению исследователей, есть ситуации, в которых механическое животное незаменимо. Некоторые люди не могут держать дома обыкновенную собачку или кошечку по объективным причинам. Во-первых, это те, кто страдает аллергией на шерсть. Во-вторых — дети, которые находятся в больнице или по каким-либо иным причинам оторваны от дома и от любимых зверушек. В-третьих, и это самое главное, домаш-

ний робот — прекрасный выход для одиноких пожилых и немощных людей. В домах престарелых обычно запрещают держать животных, да и в любом случае человек на склоне лет зачастую боится брать на себя ответственность за живое существо — здоровье не позволяет ухаживать за ним, как должно. Основные работы по изучению влияния механических животных на здоровье и настроение людей проводились именно среди этих групп населения.

В США подобными исследованиями на примере собачки Айбо занялись ученые Центра взаимодействия животных и общества (университет Пэрдью, Индиана) под руководством директора Центра, профессора Алана Бека, широко известного своими исследованиями по терапевтическому эффекту домашних любимцев. В одном из проектов искусственных песиков на шесть недель раздали одиноким пожилым людям. Выяснилось, что даже те, кто сперва восприняли четвероногих роботов просто с любопытством — интересная штука! — к концу эксперимента почувствовали к ним привязанность и даже говорили, что те «нуждаются в любви и ласке». Хотя все они понимали, что электронные собачки не являются живыми существами.

Надо сказать, что выборочное очеловечивание приборов и механизмов свойственно не только японцам и американским пенсионерам, а характерно для человечества в целом — если речь идет о машинах, с которыми приходится иметь дело в повседневной жизни и от которых многое зависит. Чаще всего люди относятся как к живому существу к своему автомобилю, чуть реже — к компьютерам. Любимой машине придумывают ласковые прозвища, за нею тщательно ухаживают, даже гладят по несуществующей шерстке. А то и сочиняют легенды, в которых четырехколесный любимец совершает разумные действия: «Мой любимый бегемотик (по «видовой принадлежности» уазик. — *Примеч.автора*) служил мне верой и правдой, ни разу не подводил. И вот он как почувствовал, что я его предал: накануне того дня, когда я собирался его продать, взял да и остановился посреди улицы!»

Практически у всех пожилых леди и джентльменов, общавшихся с Айбо, улучшились самочувствие и настроение. Правда, об этом можно было судить в основном по их собственным отзывам. В другом американском исследовании (R.Johnson, R.Meadows), где сравнивалось воздействие на людей живых собак и собак-роботов, о результатах судили по изменению некоторых биохимических факторов. Получалось, что общество Айбо дей-

ствительно снижает выраженность стресса, как и взаимодействие с живой собакой, но есть важное отличие: биохимические показатели депрессии при этом не меняются. Иначе говоря, человек расслабляется, играя с роботом, но вот помочь вылезти из депрессии может только настоящий пес.

Любят общаться с собачкой-роботом и дети, хотя играть с ней им надоедает быстрее, чем с живой собакой, — да не всегда ведь можно поиграть с живой! В Японии Айбо закупают детские больницы — гигиенично, никаких микробов, никакой грязи, и уж точно не укусит! Дети, как и пожилые люди, четко осознают отличие робота от живого существа, но интересно, что это отличие не всегда воспринимается как недостаток. Одна восьмилетняя девочка, когда ее спросили, кого она предпочитает — Айбо или обычную собаку, выбрала Айбо, «потому что настоящая собака может умереть, а Айбо — нет» (G.Melson et al.). Так как поведение искусственной собаки создает иллюзию привязанности, к ней привязываются в ответ, почти как к живой. Кстати, даже мастерские по ремонту Айбо в Японии называются «клиниками Айбо»: их не ремонтируют, а лечат!



Пушистые роботы

Надо сказать, что внешне собачка Айбо, с ее разноцветными лампочками для индикации эмоций и глазом-фотокамерой все-таки больше напоминает взвешенное искусственное создание из «Звездных войн». И хотя хозяева ее порой гладят, а собачке это нравится, особым положительных эмоций у человека подобный тактильный контакт не вызывает: пластмасса есть пластмасса. Поэтому некоторые компании создают роботов, которые внешне с максимальной точностью имитируют настоящих животных. В первую очередь тут следует назвать кота Некоро, которого выпускает компания «Омрон». Другое его название — «робот психического здоровья», и он действительно очень терапевтичен.

Внешне это кот как кот, правда, видит он не глазами, а носом (именно

там расположены визуальные сенсоры), зато слышит ушами, как полагаются. А тактильные рецепторы расположены у него по всему телу, главным образом в тех местах, почесывание которых особенно приятно кошкам, например за ушами. Некоро, в отличие от робота-собаки, не выполняет команд хозяина: ведь и настоящие кошки не очень-то слушаются человека. Он может вставать, сидеть или лежать, даже хвост у него работает. Кроме того, он двигает ушами и глазами, наклоняет голову, потягивается, воспроизводит кошачьи позы удивления и усталости. Некоро может мурлыкать, мяукать или зло шипеть — в его репертуаре целых 48 разных кошачьих звуков! Он покрыт мягкой синтетической шерсткой, приятен на ощупь, его так и хочется погладить (а кот в ответ довольно урчит). Как и собаки Айбо, роботокошки определенным образом приспособляются к человеку, с которым общаются, создавая тем самым иллюзию истинной привязанности.

Психологическую и терапевтическую ценность этого робота изучали наши соотечественники Александр и Елена Либины (А., Е.Либин), ныне проживающие в США. Они — пионеры робототерапии и учредители Института робототерапии и психологии (www.robottherapy.org). Своего экспериментального «кота» они назвали Максом. Выяснилось, что японцы относятся к более «естественному» коту-роботу прохладнее, чем американцы (очевидно, им ближе мир высоких технологий, символом которого является Айбо). Американцы же обожают гладить Макса, брать его на колени, тискать и вообще всячески старались вызвать у него ответную реакцию. Любителям животных механический кот нравился больше, нежели тем, кто относится к домашним любимцам прохладно. Впрочем, записные кошачники, очевидно, подосознательно сравнивали робота с настоящим котом, потому что они жаловались на то, что Макс издает лишний шум и весит слишком много (весит он на самом деле всего около килограмма, но это «мертвый» вес, не скомпенсированный пластичностью живых кошачьих мышц). Либины считают, что общение с котом-роботом имеет большее значение для пожилых людей, нежели для детей.

Особую роль, по их мнению, роботы-животные могут сыграть в жизни больных синдромом Альцгеймера. Известно, что общение с домашними любимцами существенно улучшает их состояние, но держать в заведениях для психохроников живых собак и кошек конечно же невозможно. Иссле-



дователи пускали к пожилым людям, страдающим старческими формами слабоумия, Макса и для сравнения давали им мягкую игрушку-кошку. Когда пациенты играли с плюшевой кошкой, они расслаблялись сильнее, но настроение у них гораздо заметнее улучшалось при общении с Максом. Деструктивное поведение становилось менее выраженным, снижался аффект, они даже могли на несколько минут концентрировать внимание. При этом чем сохраннее у них были высшие мозговые функции, тем больше было пользы от механического зверя.

Надо сказать, что пациенты с синдромом Альцгеймера, пока болезнь не зашла далеко, хорошо реагируют на животных. Так, пациентка А.В. жила дома, и за ней ухаживала дочь. В квартире у них были три кошки: Мура, Персик и Вася. Уже при выраженной деменции больная узнавала всех кошек, много с ними общалась, но особенно была привязана к Васе, причем и сам кот от нее не отходил все время ее болезни до самого конца. Когда ночью больная упала с постели, Персик и Вася подняли тревогу и разбудили ее дочь, спавшую в соседней комнате.

Англичанка Шейла Мур, у родителей которой в весьма почтенном возрасте — за восемьдесят — развились симптомы болезни Альцгеймера, пишет о том, как они относились к ее собаке Хейди: «Как только мы входим в дверь, собака тут же становится центром их внимания. Если я случайно приезжаю без собаки, отец меня не узнает. Странно то, что отец в общем-то никогда не любил животных... Недавно у Хейди родилась щенки. Мама настолько осознала эту ситуацию, что даже попросила кого-то мне позвонить, чтобы узнать, как чувствует себя роженица...» Однажды Шейла взяла с собой вместо Хейди другую собаку, в обычных условиях очень дружелюбную, но она шаркалась от ее родителей, испуганная их странным поведением.

Эти примеры говорят и о том, что больные синдромом Альцгеймера относятся к животным весьма избирательно, и о том, что далеко не каждая

кошка или собака по своим личным качествам подходят на роль «психотерапевта». В некоторых случаях домашние животные — это последнее, что поддерживает у таких пациентов связь с реальностью, последний объект привязанности, порой парадоксальной и очень сильной. Робот же скорее может выступать в роли суррогата, когда общение с настоящими собаками или кошками невозможно.

Еще один популярный терапевтический робот — тюлень Паро, разработанный японским ученым-робототехником доктором Таканори Шибата в Национальном институте передовой индустриальной науки и технологии. Это существо в буквальном смысле белое и пушистое, длиной 60 см и весом 3 кг. Паро имитирует не взрослого гренландского тюленя, а его детеныша, белька. Трогательные огромные глаза, выпуклый лоб (черты, характерные для большинства детенышей млекопитающих!) вызывают у людей теплые чувства, поскольку это ключевые стимулы, запускающие механизм родительской любви и тормозящие агрессивные импульсы. Откликаясь на человеческий голос, Паро хлопает глазами, открывает рот, шевелит лапами, делает разнообразные движения, демонстрируя целую гамму эмоций. Чувствительные датчики под кожей и усами заставляют Паро реагировать на ласки. Он улыбается, когда его гладят, и выразительно урчит, если его потчуют специальной игрушечной рыбой. Создатели гордо называют его «эмоциональным искусственным существом». Паро успешно прошел испытания в домах престарелых и детских лечебных учреждениях; он прекрасно поднимает настроение старикам, детям, инвалидам и вдобавок оказался замечательным терапевтическим средством при реабилитации детей, страдающих аутизмом.

Терапевтические роботы пока не получили столь широкого распространения, как Айбо, и стоят они дороже: кот Некоро — около 1500 долларов, а Паро — от 2500 до 3000.

Итак, животные-роботы неплохо справляются с ролью домашних терапевтов, причем наиболее подходят

для тех больных, которые не могут заботиться о настоящем животном. Но, постоянно общаясь с машинами и компьютерами, не уподобятся ли сами люди механизмам?

Мне кажется, не стоит бояться, что роботы когда-нибудь окончательно вытеснят живых зверей из наших сердец. Самое симпатичное известное мне животное-робот — это саблезубый тигренок Сильвестр, «биомех» из романа Клиффорда Саймака «Заповедник гоблинов». Однако он ведет себя не как умная машина, пусть даже «эмоциональная», а как помесь обычных собаки и кошки. Он любит, чтобы его чесали, мурлычет от удовольствия — все это умеют и современные роботы. Но, подобно настоящему зверю, «биомех» пристает к тем, кто ему нравится, вылизывает их своим шершавым языком, а на тех, кто ему не приглянулся, нападает. А еще поглощает множество бифштексов, причем хватает их с тарелок у людей, которые совсем даже не собирались его угощать. Хозяйка его защищает: «Он еще маленький» (значит, хоть и робот, но все-таки растет), пытается воспитывать, правда, почти безуспешно. Что в нем ненатурального? Разве что экстравагантный дизайн — клыки и гигантский размер. Вот и получается, что «действительно живой» робот должен быть точной копией реального животного, воспроизводить и те поведенческие особенности, которые делают домашних любимцев удобными для горожан. А в этом случае — какой смысл заменять живого кота или пса механическим?

Каждому свое. Кому-то — удивительная, высокотехнологичная и даже чуть-чуть разумная игрушка, а кому-то — обыкновенный и неповторимый живой зверь.

При написании статьи были использованы работы А. и Е. Либиных, материалы X Международной конференции по проблеме отношений животных и человека (Глазго, 2004) и некоторые другие источники.



Внешний геном человечества

*У любой великой идеи
есть недостаток, равный
или превышающий величие
этой идеи.*

Закон Ханта

В статье «Энтропия и жизнь» («Химия и жизнь», 2004, №7) речь шла о том, что законы термодинамики, и особенно результаты исследований неравновесных систем И.Пригожиным, позволяют оценить целеполагающую и целенаправленную деятельность любого субъекта — от личности до общества. Основным критерием было выбрано увеличение сложности и одновременно упорядоченности систем — именно это повышает их устойчивость к переходу в состояние термодинамического равновесия со средой, которое означает деградацию и распад. Показателем же стремления любой системы к термодинамическому равновесию служит рост величины энтропии — S , которая предстает в виде демонической силы, разрушающей все сущее. Деструктивное влияние роста S не ограничивается материальным миром. Как показал в своих работах К.Шеннон, в информационных процессах действует свой фактор — аналог термодинамической энтропии. После того как представители школы А.Н.Колмогорова связали понятие информации с количественными мерами сложности, а Ю.Л.Климонтович показал связь между ростом упорядоченности системы и убыванием в ней информационной энтропии, стало возможным рассматривать процессы развития в термодинамически неравновесной среде как процессы с локальным уменьшением величины S . Далее будет





Художник А. Астрин

Ю.С.Хохлачев



РАЗМЫШЛЕНИЯ

показано, что такое уменьшение обусловлено неразрывной связью между развивающимися информационными и материальными структурами и, как следствие, — взаимозависимостью в этих структурах между обоими видами S .

Не вторгаясь в предметы психологии, социологии, философии и других гуманитарных наук, которые за века накопили невероятное количество фактов и впечатляющее разнообразие теорий, направлений и школ, посмотрим, как подобное развитие идет для человеческого сознания и общества в целом.

Энтропия и информация

Развитие, деградация и распад живых организмов связаны с рассеянием (диссипацией) получаемой ими энергии, поэтому их можно обозначить пригожинским термином «диссипативные структуры». Жизнедеятельность диссипативных структур всегда вызывает рост S во внешней по отношению к этим структурам среде. Некоторое локальное и временное снижение S во внутренней среде развивающегося многоклеточного организма по достижении определенного этапа сменяется ее ростом, что приводит в конечном счете к деградации и смерти. А вот степень упорядоченности и сложности генетического кода, переданного потомкам в виде ДНК, может даже увеличиваться, поэтому возможна прогрессивная эволюция живых существ. В некотором смысле это подтверждает идеи Э.Шредингера о том, что живые организмы должны обладать антиэнтропийными свойствами, накапливая, по его терминологии, «негэнтропию» — энтропию со знаком минус. Однако, как было показано в работах члена-корреспондента АН СССР М.В.Волькенштейна, никакого существенного снижения S в живых организмах не происходит. Каждый из этих ученых был по-своему прав: антиэнтропийные свойства живого могут проявляться только на информационном

уровне и не в отдельно взятом организме, а в процессе эволюции.

Отличия живого от неживого столь существенны, что идеи витализма, несмотря на отсутствие серьезных доказательств, в той или иной форме благополучно дожили до наших дней. Информационно-эволюционный подход, основанный на принципах неравновесной термодинамики, позволяет сформулировать эти отличия без привлечения понятия «жизненной силы».

Жизнь — это способ существования самовоспроизводящегося генетического кода, способного к самоусложнению и самоупорядочиванию в термодинамически неравновесной среде.

И.Пригожин и И.Стенгерс в книге «Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой» пишут о возникновении новых структур в неравновесных средах: «Это ведет к новому взгляду на материю, согласно которому она уже не воспринимается как пассивная субстанция, описываемая с позиций механистических воззрений, но связана со спонтанной активностью».

Повышение сложности и упорядоченности систем — это информационные процессы, а информация — очень специфическая субстанция, сама по себе нематериальная, но существующая только на материальных носителях. Соответственно и рост S в информационной и материальной средах существенно отличается: если локальное снижение S в материальной среде обязательно приводит к ее увеличению во внешнем объеме, то в информационной среде возрастает S как носителей информации, так и параметров ее передачи.

Неравновесная среда, которая позволяет постоянно обновлять носители информации и обеспечивает с помощью механизмов контроля и отбора не только сохранность информации, но и ее усложнение и упорядочение, — это и есть необходимое и достаточное условие для устойчивого и ничем не ограниченного развития. Более того, имеет место поло-

жительная обратная связь: всё более надежные, долговечные и емкие носители и каналы связи позволяют всё более эффективно развиваться информационным системам, а те, в свою очередь, постоянно повышают параметры носителей.

Внешний геном

Наследование сложных форм индивидуального и совместного поведения, которое встречается у насекомых, например у пчел, по-видимому, исчерпало пропускную способность канала передачи информации между поколениями посредством ДНК; высшие животные нашли другой канал. Это воспитание и обучение потомства полезным навыкам. Таким образом, часть информации, которая у насекомых передавалась генетически, стала передаваться принципиально иным способом, для которого нужна была способность к обучению (опять-таки генетически закрепленная). Однако смысл информации остался тем же, и это позволяет говорить о дополнительной функции мозга высших животных — сохранении и передаче наследственной информации параллельно с геномом. (Здесь и далее будем называть наследственной не только генетическую информацию, но и все сведения, которые передаются из поколения в поколение.) Таким образом, память у животных и человека — своего рода внешний геном. Преимущество этого способа передачи наследственной информации, учитывая, что изменения внешнего генома легко доступны для всего сообщества, — повышение гибкости и оперативности реагирования на внешние условия и, как следствие, ускорение эволюционных процессов. Недостаток — существенно меньшая по сравнению с ДНК стойкость данного канала передачи информации к внешним и внутренним воздействиям, в том числе, что особенно важно для нас, — к росту S.

Настоящий прорыв произошел у наших прапредков с появлением речи. Именно она позволила еще сильнее ускорить процесс эволюции вида (точнее, внешнего генома вида) без использования очень медленно и трудноизменяемых генетических структур. Последним революционным шагом в этой цепи стало изобретение письменности: с ней надежность хранения и передачи информации по внешнегенетическому каналу существенно возросла. Так завершился процесс формирования основ внешнего генома человечества.

Подобная точка зрения — вовсе не экзотика. В весьма схожем ключе рас-

сматривают связь между генетической и культурной информацией такие исследователи, как Р.Докинз («Химия и жизнь», 2005, № 10,) и Б.М.Медников («Химия и жизнь», 1995, № 5). Не следует забывать, что разумность у человека не передается по наследству, а формируется исключительно в процессе воспитания. Разумность же — это и есть главный видовой признак *Homo sapiens*.

Вечное обновление

С введением понятия внешнего генома появилась возможность по-новому рассмотреть всю цепочку связей между процессами в неравновесной среде и локальным снижением S в зоне деятельности информационной системы по имени Цивилизация.

Одним из главных результатов деятельности человека стало искусственное получение веществ, материалов и продуктов питания, которые ранее могли возникнуть только в результате природных неравновесных процессов.

Подавляющее большинство процессов обогащения, выделения, очистки и синтеза различных веществ и материалов идет с локальным снижением S, разумеется при увеличении S во внешней среде. Тем не менее основная антиэнтропийная составляющая деятельности цивилизации имеет совсем другую сущность — информационную. Цивилизация производит информационные структуры, то есть такую информацию об объекте (или совокупности объектов), которая при материальном воплощении может выполнять какую-либо полезную функцию. Все, что создано человеком, представляет собой подобные материализованные информационные структуры.

Благодаря усилиям армии исследователей, изобретателей и инженеров эти структуры постоянно развиваются и совершенствуются. Их материальные воплощения подвержены износу, старению и другим видам разрушений, противостоять которым невозможно из-за роста S. Однако существует радикальный метод борьбы: старые воплощения можно заменить, причем не только сохраняя прежние функции, но и добавляя новые. Это делает информационные структуры бессмертными: они будут воспроизводиться до тех пор, пока существует цивилизация, способная совершенствоваться и хранить эти структуры на возобновляемых носителях и имеющая достаточное количество энергии для их материального воплощения. Данный процесс име-

ет явно выраженную положительную обратную связь: само развитие совокупности структур позволяет находить и использовать все новые виды и источники энергии, которые, в свою очередь, позволяют развиваться структурам, обеспечивающим существование и развитие цивилизации.

Итак, цепочка связей, в начале которых были природные неравновесные процессы, выглядит следующим образом: самоорганизация материи дала начало эволюционным информационным процессам. Они сопровождалась ростом сложности и упорядоченности, то есть снижением информационной энтропии. Результатом было появление внешнего генома цивилизации, а также информационных структур как его части. Практическое использование материальных воплощений информационных структур, их постоянное развитие и обновление приводят в конечном счете к локальному снижению термодинамической энтропии в зоне деятельности цивилизации как следствие осуществления самой цивилизацией неравновесных процессов.

Вывод столь же оптимистичный, сколь и печальный: распад и исчезновение материальных объектов — необходимое условие развития информационных структур. Оптимизм — в возможности неограниченного развития, печаль — от осознания того, что мы также представляем собой не что иное, как материальное воплощение двух информационных структур: внутреннего и внешнего генома.

Вся надежда на развитие молекулярной биологии и геномной инженерии, которые, возможно, позволят нам изменять в нужную сторону внутренний геном без частой смены воплощений. Такой поворот событий создал бы еще одно кольцо, многократно ускоряющее развитие, — кольцо положительной обратной связи между обеими частями генома.

Эпистемологическое отступление

Как писал известный советский философ Э.Ю.Соловьев в статье «Знание, вера и нравственность», «почти все исследователи древности с удивлением отмечали, что в так называемые «донаучные» эпохи человек вовсе не чувствовал себя окруженным непознанным, проблематичным миром. Напротив, чем дальше заходим мы в глубь истории, тем решительнее заявляет о себе мнимое всезнание. Такие разные по методу и исходным установкам исследователи первобытного общества, как Шуртц,



Тейлор и Леви-Брюль, единодушно признают поразительное «эпистемологическое самомнение» древних народов».

Первобытный человек «знал все»: не было такого вопроса, который поверг бы его в сомнение или мог поставить в тупик. Окружающий мир мог казаться ему враждебным, коварным, исполненным злого умысла, но он все не был неизвестным. Древний мыслитель часто боялся того, что в действительности не заслуживало страха (и в этом смысле его реакция на мир была иррациональной), однако ему был незнаком страх перед непознанным.

С тех пор мир радикально изменился: люди больше не пытаются сами выдумывать объяснения мира. Им со школьной скамьи становится ясно: для того чтобы понять хотя бы очень небольшую часть этого мира, надо долго и упорно учиться. Однако существует область, в которой изменений практически не произошло: это личные и общественные отношения. Вы встречали человека, который затруднился бы объяснить свои отношения с окружающими? Или вопросы внутренней и внешней политики? И не важно, что объяснения порой противоречивы. Важно, что в области общественных отношений люди, которых никак нельзя заподозрить в низком интеллектуальном уровне, часто демонстрируют первобытное мышление во всей красе.

Между тем общественные отношения принадлежат к числу сверхсложных явлений, и причинно-следственные связи здесь удастся выявить далеко не всегда. Однако следует обратить внимание на то, что рост S в информационной среде, как и в физической, приводит к понижению сложности и упорядоченности системы. В отличие от систем связи, где величину роста S можно рассчитать по формуле Шеннона, проводить расчеты поведения личности и общества нелегко. И все-таки качественные оценки вполне возможны: ни у кого не вызывает сомнений, что для достижения значимых результатов в лю-

бой области человеческой деятельности необходимы серьезные многолетние усилия, в то время как деградация происходит как бы сама собой. Очевидная несимметричность этих двух процессов явно указывает на некую деструктивную силу, всегда направленную против созидания, причем такие ее характеристики, как универсальность и применимость ко всем без исключения наблюдаемым процессам, не оставляют сомнений в личности подозреваемого.

Влияние роста S на информационную среду отличается от его влияния на среду физическую по многим факторам и в первую очередь — по временному: для разрушения тех же пирамид требуются тысячелетия, в то время как деградация личностей или сообществ личностей происходит буквально на глазах. Другое отличие — в явной положительной обратной связи: понижение сложности и упорядоченности информационных систем — процесс самоускоряющийся, который идет вплоть до коллапса или останавливается по достижении некоторого метастабильного уровня. Для личности самоускоряющаяся деградация начинается немедленно и неотвратимо после прекращения по каким-либо причинам самосовершенствования, под которым в нашем случае следует понимать процессы повышения сложности и упорядоченности интеллектуальной составляющей личности.

Энтропийная спираль

Различия в действии энтропии на материальный и информационный миры определяют разницу в характеристиках научно-технического прогресса и общественного развития. При научно-техническом прогрессе развитие идет по экспоненте, а развитие общества — процесс, близкий к возвратно-поступательному. Векторная сумма этих двух процессов и есть известное из диалектики развитие по спирали. Что бы ни говорили о негативном влиянии техноэволюции, но именно этот фактор не позволял обществу возвращаться пос-

ле очередного цикла возвратно-поступательного движения на исходные позиции, несмотря на то что в фазе деградации люди используют плоды научно-технического прогресса для все более масштабных разрушений и опустошений. Примеров этому более чем достаточно. Воздействие роста S на информационную среду вызывает эффекты, сравнимые по разрушительности со стихийными бедствиями крупного масштаба, причем разрушения наступают вполне физические. Как тут не вспомнить профессора Преображенского: «Разруха сидит не в клозетах, а в головах!»

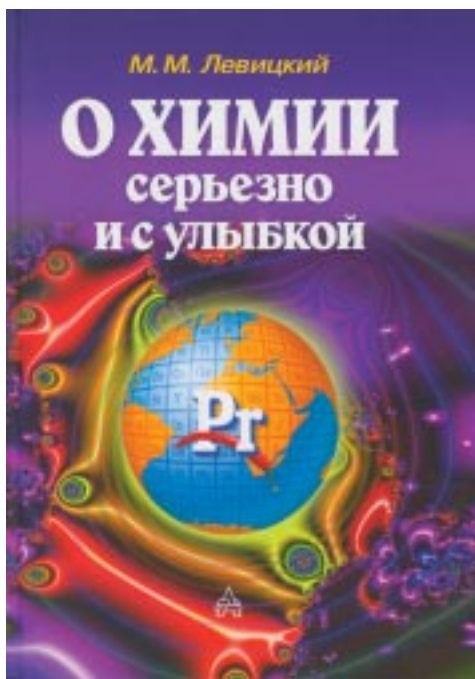
Цивилизация, как информационная система, находящаяся в термодинамически неравновесной среде, в процессе развития включает в себя все возрастающие массы косной материи, которые при этом становятся ее частью и начинают подчиняться законам развития именно неравновесных систем. Можно надеяться, что экспансия разума рано или поздно включит в такую систему столь большую часть Вселенной, которая позволит сколь угодно долго и достаточно успешно противостоять монстру по имени S . Для этого как индивиды, так и сообщества на всех уровнях должны понять, что принципы, изложенные в упомянутой в начале статьи метаустановке, — единственный путь борьбы с деградацией. Но движение по этому пути требует постоянных и, по мере роста сложности систем, все возрастающих усилий.

В древнеегипетской мифологии один из главных богов — бог хаоса Сет. Борьба с ним и была главной задачей фараона как живого бога. Если фараон проигрывал — народ ждали неисчислимы бедствия. Фараоны вымерли. Бедствия случились в избытке. Но бог хаоса — живет всех живых! Пришел твой черед надевать доспехи, читатель. А потому выйди из Интернета и приберись-ка в комнате...



Не снимет всех проблем багаж обширных знаний

*Образование есть то, что остается,
когда все выученное уже забыто.*
М.Лауэ



КНИГИ

В издательстве «Академкнига» вышла книга М.М. Левицкого «О химии серьезно и с улыбкой» (2005 г., 288 с.). Основная идея книги, отраженная в эпиграфе, — меньше заучивать, больше размышлять. Поэтому автор пытается не научить (о химии серьезно пишут в учебниках) и не позабавить (на это есть псевдо- и околонучные сенсации), а увлечь читателя. Причем не разноцветными фейерверками, яркими изменениями окраски растворов, мгновенной кристаллизацией и другими эффектными явлениями, которыми так богата химия. Речь идет о той красоте, которая скрыта внутри науки.

Кому-то кажется, что в химии все решает правильно поставленный эксперимент. Это не так, поскольку исследование представляет собой сочетание знания, логики и интуиции. Иногда с помощью несложных рассуждений можно обнаружить неизвестные ранее соединения или предсказать структуру новых молекул. Существуют даже задачи, правильное решение которых удастся найти без постановки опытов, а исключительно с помощью размышлений и минимальных вычислений. Бывают случаи, когда перед экспериментом необходимо решить логичес-

кую задачу, иначе результаты эксперимента не сообщат ничего интересного. Именно об этом рассказывает первая глава «Не снимет всех проблем багаж обширных знаний».

Автор как будто тренирует читателя и почти перед каждым рассказом о химической проблеме разбирает простую логическую задачу, чаще на бытовую тему, после чего переходит к химии. Из сухих научных фактов получились увлекательные, а часто и детективные истории, поскольку рассказ о важных химических открытиях построен на тех наблюдениях или незначительных на первый взгляд деталях, которые и привели ученого к важным выводам. Порой сами химические элементы становятся почти одушевленными объектами со сложной драматической судьбой, полной соперничества: «Яркий лидер с блеском проходит короткую дистанцию, но постепенно выдыхается, его начинает обгонять тот, кто махнул долгое время у лидера за спиной».

В главе «Исследуем то, что стало привычным» предметом исследования (в химическом аспекте) становятся поэтические произведения, язык химиков и даже школьный учебник химии. А вы знаете, что ученые до сих пор

не пришли к единому мнению по поводу того, чем пахнет изо рта человека, съевшего чеснок? Или что в конце XIX века на газовые горелки стали надевать колпачки из солей тория (они быстро нагреваются до белого каления и дают яркий белый свет), которым до сих пор так и не нашли достойной замены. Освещение у нас теперь другое, а вот в туристических примусах используют почти те же элементы.

Автор, кстати сам давно работающий в Институте элементоорганических соединений, призывает не отделять искусственно химию от других наук, а показывает, насколько результативным может быть ее сочетание с математикой и физикой. Попробуйте, например, топологически превратить тело человека в эмблему концерна «Мерседес», а потом догадаться — как все это связано с химией? А потом попробуйте угадать, зачем химику может понадобиться теория графов.

Естественное продолжение идеи «симбиоза» естественных наук — глава «И химик, и физик, и биолог...». В ней — о трезвом научном подходе к любой информации. Только он поможет разобраться в потоке псевдонаучных сведений, которыми нас снабжают газеты, радио и теле-

видение. В помощь нам дают четко сформулированные черты научного мышления. Оно не берется из воздуха, а создается хорошим образованием, научной работой, долгими размышлениями и внимательным отношением к истории науки.

Книга получилась занимательной, но не легковесной. Разделы, посвященные реакциям последовательного замещения, соотношению циклических изомеров, а также многие другие, требуют вдумчивого и сосредоточенного чтения. Правда, и там встречаются небольшие различные отступления и живописные примеры.

И наконец, в главе «Ирония науке не помеха» — рекомендации, как стать знаменитым в химии, как правильно сделать стендовый доклад, а также варианты создания таблицы Менделеева, приспособленной к бытовым потребностям. Ну и, конечно, абсолютный хит: как составлять гороскоп и определять характер по таблице Менделеева (его можно также найти в одном из апрельских номеров нашего журнала. — Примеч. ред.). Главное тут — ориентироваться на химические и физические свойства. К примеру, если вы принадлежите к группе благородных металлов, то это значит, что вы легко переносите жизненные невзгоды, не теряете самообладания в трудных ситуациях (химическая стойкость), добры и благородны...

Так увлекательно о химии не писали давно.

Кандидат химических наук
А.Ю.Рабкина

Как разделить на троих 10 миллионов шведских крон

Художник С.Дергачев



РАССЛЕДОВАНИЕ



Известно, что лауреат Нобелевской премии получает не только золотую медаль с изображением основателя премии и вечную славу, но и солидную сумму в придачу. В этом году она составила 10 миллионов шведских крон в каждой номинации. Если лауреатов один, то делить вообще ничего не надо, если двое — тоже никаких проблем: $5+5=10$. А вот если трое, как в этом году за достижения в области химии — что тогда? Ситуация неординарная, и я решил провести научное расследование.

Надо отдать должное работникам Нобелевского комитета. Наученные опытом более чем столетней рабо-

ты, они терпеливо и вполне серьезно отвечали на все мои провокационные, но, по сути, шуточные вопросы. Перед вами дословный перевод электронной переписки, которая началась 17 октября 2005 года в 13 часов 14 минут и длилась чуть больше суток.

«Малину Линдгрену, консультанту веб-сайта Нобелевского комитета. Уважаемый мистер Малин, на сайте Нобелевского комитета утверждается, что размер Нобелевской премии составляет 10 миллионов шведских крон и что она распределяется поровну между тремя лауреатами по химии. Однако хорошо известно, что деление 10 000 000 на 3 без

остатка невозможно. Как Шведская королевская академия наук решает этот парадокс?»

Малин Линдгрен, наверное, почувствовал что-то неладное и ответил: «Пожалуйста, обратитесь в Нобелевский фонд по этому вопросу».

Я повторил текст предыдущего письма. Жанна Петтерсон, секретарь приемной Нобелевского фонда, ответила уклончиво: «С делением все правильно. Деление десяти миллионов на три дает примерно 3 333 333 шведские кроны. На этом мы останавливаемся, оно дает результат, достаточно близкий к необходимому».

Я написал: «Спасибо за Ваш скорый ответ, и я получил тот же результат. Но если 3 333 333 умножить на 3, то получится 9 999 999, а не десять миллионов. Вопрос

в том, кто получает оставшуюся одну шведскую крону? Я анализирую этот парадокс как ученый и как служащий банка».

18 октября 2005 года в 17 часов 39 минут Жанна Петтерсон ответила: «Лауреаты получают 3 333 333,333 кроны! Так написано в банковском документе. Потом переводят эту сумму в национальную валюту лауреатов. Так что с делением на три никаких проблем не возникает, поскольку может быть достигнута любая степень точности».

Но все-таки, думаю я, 0,001 шведской кроны все равно куда-то уплывает! А ведь чего проще: сразу объявить, что размер Нобелевской премии составляет не 10 миллионов, а 9 999 999 целых и 999 тысячных шведской кроны — и все в порядке! Поблагодарив Жанну за исчерпывающие ответы, я не стал донимать ее новыми вопросами или предлагать свое решение. Осталось загадкой, поняла ли Жанна, что это была шутка. Вполне возможно, что и поняла; признаком этого является сверхточность в цитируемом ею ответе банка — правда ведь, странно, что ответ указан до тысячных. Это все равно, что указать сумму в рублях с точностью до десятых долей копейки.

Возможны, впрочем, и другие решения. Например, перевести всю сумму в любую валюту, курс которой (в Швеции) в данный момент таков, что результат (с учетом процента, который берет банк) делится на три, потом разделить и перевести обратно, куда хочется. Конечно, на этих переводах лауреаты потеряют тысячу, но точность деления на три будет достигнута!

М.Ю.Корнилов

Спасение арденнского костра



Костер — это не только «горящая куча сучьев или дров», как утверждает словарь. Это еще и злаковое растение рода *Bromus* — типичный обитатель плодородных земель в поймах рек. Например, в лесостепной зоне нашей страны костровые луга занимают немалые площади, причем наиболее распространен костер безостный — отличное кормовое растение.

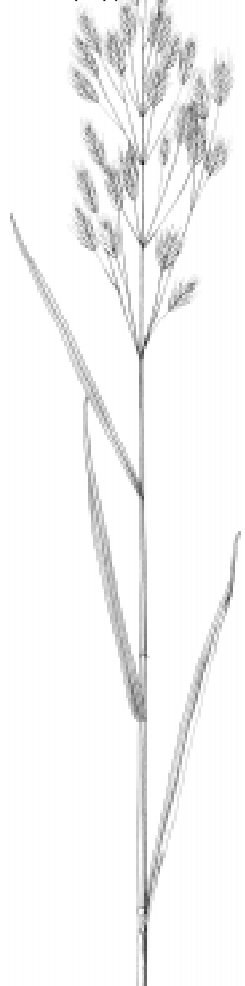
К сожалению, не всем кострам повезло так, как безостному. В Бельгии еще два столетия назад рос арден-

нский костер, или *Bromus bromoideus*.

Местные ботаники открыли эту траву в 1821 году и очень ею гордились, даже рисовали на обложках учебников по бельгийской флоре. И не случайно: тот костер рос лишь на лугах в районах Льежа и Люксембурга и только на почвах, богатых известью. Это-то его и сгубило. При изменении агротехники луга распахали, и стоило ботаникам отвлечься на несколько лет ради изучения экзотических обитателей Азии и Африки, как местный злак из дикой природы исчез. Полностью! Однако в 2005 году его удалось восстановить. С этим связана почти де-

активная история. Вот как ее рассказывает доктор Дав Аплин из Национального ботанического сада Бельгии в городе Мейзе.

«Впервые я заинтересовался судьбой арденнского костра при подготовке к встрече участников Европейской сети сохранения семян диких растений (ENSCONET) летом этого года, когда подбирал примеры редких растений Бельгии. Я с удивлением обнаружил, что семена этого злака нигде невозможно достать! Более семидесяти лет после того, как костер исчез из дикой природы, его выращивали в ботаническом саду Льеж-



Так Омер ван де Керкхов изобразил арденнский костер на гравюре. А как растение выглядит на самом деле, знают только те, кто побывал на секретной делянке Дава Аплина





РАССЛЕДОВАНИЕ

тября: часть семян успешно взошли!

Сейчас полученные сеянцы арденнского костра растут на делянке, местоположение которой засекречено, и мы надеемся, что они дадут урожай. Мы собираемся распространить семена среди других участников ENSCONET: ведь чем в большем числе коллекций хранятся семена, тем меньше вероятность их исчезновения. Это, впрочем, не означает, что растение спасено. У нас есть лишь 10 тысяч его семян, причем две трети потеряли всхожесть. Лучший способ использовать их — вернуть костер в дикую природу, но при этом нужно применить особые приемы агротехники, чтобы не повторилась история с его исчезновением».

Бельгийские и британские ботаники, конечно, проделали огромную работу, и ее увенчал вполне заслуженный успех. Однако хочется обратить внимание, что первопричиной злоключений арденнского костра в XX веке все-таки послужило закрытие ботанического сада в Льежском университете, после чего пропала основная коллекция его семян.

Вот как важно поддерживать национальные банки семян в полном порядке.

С.Анофелес

кого университета и оттуда рассылали семена в коллекции других садов. Однако все они, включая сад в Льеже, в конце XX века были закрыты, и коллекции пропали.

Узнав об этом, я стал искать костер по всему миру. Порой, казалось, удача была готова повернуться ко мне лицом. Так, в интернет-каталоге одной американской компании я нашел упоминание о семенах арденнского костра, однако выяснилось, что на самом деле в их коллекции такого растения никогда не было. К сожалению, я не дочитал каталог до конца, но подозреваю, что там можно было бы найти и свежие яйца дронты, и прочую экзотику.

Однажды я обнаружил небольшую коллекцию во Фландрии, но те семена десять лет пролежали в мансарде и вряд ли были способны пробудить-

ся к жизни: все-таки их принято хранить при низкой температуре, предварительно высушив. В конце концов, порывшись в подвалах нашего ботанического сада, я нашел буквально пару пригоршен старых семян. Это все, что осталось на планете от злака, причем было совсем не очевидно, что они могут взойти. Поскольку время года было подходящее, возникла мысль посеять семена и вырастить новый урожай. Но как не загубить это сокровище?

Благодаря ENSCONET, которую поддерживает VI рамочная программа Евросоюза, я связался со многими специалистами по сохранению семян, и они посоветовали обратиться в Кью, в Тысячелетний банк семян Королевского ботанического сада (Великобритания). Мы послали немного семян и стали ждать новостей. Они пришли 16 сен-



ChemBridge Corporation

В связи с открытием новых лабораторий ChemBridge Corporation **приглашает на постоянную работу:** руководителя группы исследований и разработки отдела комбинаторной химии; химиков-синтетиков.

Требования:

высшее образование;
опыт экспериментальной работы в области тонкого органического синтеза
(для выпускников профильных вузов
трудоустройство не обязательно).

Условия работы:

оклад 11000-30000 рублей
(по результатам собеседования);
достойные ежеквартальные и годовые премии;
социальный пакет

Присылайте резюме:

vacancy@chembridge.ru;
kurakin@chembridge.ru
www.chembridge.ru

Телефон: (495) 775-06-54, доб. 12-01, 10-95



М. Рачковский

Паразит-благодетель

«...И какой-то дурацкий сон о том, как я стал рыбой из породы лососевых и всю ночь пытался понять, с кем можно договориться, чтобы не идти на нерест...»

Макс Фрай.
Возвращение Угурбадо

Многие ученые допускают, что у человека может существовать генетически заданная программа старения, подобная той, что обнаружена у некоторых животных. Если она действительно есть, можно попытаться найти соответствующие ей гены и их продукты, определить порядок их работы, а затем воздействовать на слабые звенья, чтобы остановить хотя бы главные механизмы старения.

Хорошо известна жесткая программа старения у тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*. Кета, горбуша, кижуч, чавыча, нерка, сима, нагуляв жир в водах Тихого океана, устремляются на нерест в реки, а вскоре после него стареют и погибают, устлая дно разлагающимися телами. Причина смерти рыб — вовсе не истощение. Даже когда лососи плывут в совсем короткие речки и ключи, где течение едва заметно, они все равно умирают через две недели или месяц после нереста, не израсходовав запасы жира.

Гибель рыб происходит именно в результате работы программы — каскада процессов, запускаемого какими-то стимулами. Ключевую роль здесь играют стероидные гормоны, в частности гормон стресса кортизол. Биологический смысл быстрой гибели родителей-лососей состоит в том, что их тела, разлагаясь, служат источником пищи для бактерий, а те — для мелких

речных беспозвоночных, которых в свою очередь поедают маленькие подрастающие лососи.

Длительное время полагали, что программа старения действует неотвратимо, но в 1961 году О. Робертсон, а в 2002 году Т. Малдонадо (оба из США) сумели отменить ее, удаляя у неполовозрелых тихоокеанских лососей гонады или надпочечники. При этом жизненный цикл чавычи продлевался вдвое: с четырех до восьми лет.

Однако в природе есть пример естественного долголетия рыб того же семейства. На другом краю Евразийского материка, в Северной Европе, на нерест в реки приходит семга, *Salmo salar*. Некоторые ее особи живут до 13 лет, а нерестятся пять-шесть раз. Что и говорить, судьба семги разительно отличается от судьбы ее тихоокеанских собратьев. В чем же причина?

Ясли в жабрах

Доктор биологических наук В. В. Зюганов из Института биологии развития считает, что жизнь семге продлевает двустворчатый моллюск — жемчужница *Margaritifera margaritifera* (рис. 1, 2). Как и другие сидячие животные, она расселяется на личиночной стадии. Но личинки жемчужницы не свободно плавающие, а паразитические, так называемые глохидии.

Жемчужница приступает к размножению в конце августа — сентябре, то есть как раз тогда, когда на нерест приходит семга, а в реке еще плавают молодые лососи, не успевшие уйти в море. Оплодотворение происходит в мантийной полости ракушки-родительницы, а затем

она выметывает свое потомство в воду (рис. 3). Там его главная задача — уцепиться за жабры проплывающего лосося, пока не кончились силы и не съели хищники. Крошка-личинка, хлопая створками, заземляется, если повезет, верхний слой жаберного лепестка (рис. 4). А дальше, как доказал Зюганов, личинки заставляют лосося построить им индивидуальные убежища. Вероятно, они выделяют какие-то еще не описанные регуляторные вещества. Под действием этих веществ клетки эпителия собираются к личинке, наползают на нее и полностью скрывают. За 5–12 часов они образуют однослойную капсулу, а затем начинают делиться, и капсула становится многослойной (рис. 5, 6). В ней, в постоянных условиях, в богатой кислородом и питательными веществами ткани жабр, защищенные от хищников и прочих невзгод, глохидии растут, пока не увеличатся в десять раз (примерно от 50–70 до 400–500 мкм) и не созреют для самостоятельной жизни. Зюганов сравнивает семгу с суррогатной матерью, обеспечивающей моллюскам питание, рост, защиту и расселение. Когда приходит время появиться на свет (через 8–11 месяцев, в зависимости от температуры воды), капсулы разрываются, личинки выходят в воду и оседают на дно, чтобы начать долгую спокойную сидячую жизнь.

Корыстная благотворительность

А что же лосось? Казалось бы, освобождаясь из нежной эпителиальной ткани, личинки должны оставить после себя множество ранок. Учитывая, что жаберные лепестки обильно снабжены кровеносными сосудами, легко вообразить себе последствия — большую потерю крови или инфекцию. Однако ни того, ни



3
Глохидии в воде



4
Глохидии в жабрах семги

5
Глохидий в капсуле, образованной эпителием жабр



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

другого не происходит: ранки быстро затягиваются и кровь из них не течет.

Более того, семга, вынашивая глохидиев, становится более живучей. Зюганов натолкнулся на это явление, занимаясь опытами по расселению жемчужниц. В прошлом веке *M. margaritifera* стала редким, исчезающим видом. К началу нашего столетия 99% ее популяций в мире вымерло из-за высокой чувствительности к загрязнению воды. Крупные воспроизводящиеся колонии остались только в России, в странах Фенноскандии и в Шотландии.

В ходе исследования группа Зюганова должна была отлавливать лососей, заражать их определенной дозой глохидиев и отпускать в реку. Попутно пришлось оценивать, как эта процедура сказывается на состоянии рыб.

Эту же задачу нужно было решать и еще в одной работе. Колхоз «Всходы коммунизма», расположенный на Кольском полуострове, в начале 90-х наладил рыбалку по типу «поймал — отпустил». Такой «животнoлюбивый» способ ловли очень распространен в Европе. Рыбак приезжает на реку, платит деньги, забрасывает спиннинг, выуживает семгу, фотографируется с ней, чтобы хвастаться перед друзьями, и отпускает добычу в воду. Несмотря на благие намерения рыбакова, заглатывание блесны, пребывание вне родной стихии и позирование перед камерой для рыбы чаще всего оканчивается плохо. Остаются раны от крючков, страдает кожа. Несколько десятков секунд на воздухе бывает достаточно, чтобы рыба начала задыхаться или получила термический ожог жабр, поскольку руки рыбакова намного теплее воды. В общем, смертность среди рыб-отпущенников весьма высока.

Однако у семги из реки Варзуги шансов выжить оказалось больше, чем у рыбы из других рек Кольского полуос-

трова. В чем дело? Зюганов предположил: в том, что там еще остались колонии жемчужниц. Для проверки были поставлены эксперименты. Ученые заражали часть лососей личинками жемчужницы (каждой рыбе доставалось от 1.5 до 2.0 тысяч глохидиев). Затем их, а также не зараженных личинками рыб доставали из воды, 45–60 секунд держали в руках, как это делали рыбаковы, и от 5 до 25 суток выдерживали в садках в проточной речной воде, чтобы оценить выживаемость. Носители личинок оказались более устойчивыми к повреждениям (см. таблицу).

Еще одна группа наблюдений показала, что в главном русле Варзуги плотность расселения молодых, еще не вышедших в море лососей намного выше, чем в ее притоках, где жемчужницы нет. В реке эта величина достигает 100–170 рыб на 100 м² при обычной плотности 20–40 рыб на 100 м². При такой тесноте молодые лососи, которым инстинкт велит занимать определенную территорию и защищать ее, должны были бы находиться в хроническом стрессе из-за территориальных споров. Однако этого не происходит, и лососи неплохо уживаются друг с другом. У них нет признаков истощения нервной системы, в порядке иммунитет: они не болеют эпителиомами, не поражаются грибом сапролегнией и инфекционными заболеваниями. Зюганов связывает высокую плотность и хорошее здоровье рыб с тем, что в главном русле почти все они вынашивают личинки моллюсков.

Ихтиологи давно обратили внимание, что из Варзуги молодежь лосося скатывается в море при меньшей длине тела (10 см), чем из соседних рек (12–14 см), и не погибают в море. Вероятно, это тоже происходит из-за вынашивания личинок. При этом мальки из притоков уходят в море в среднем примерно на десять месяцев позже, чем

мальки из главного русла.

Зюганов и его сотрудники заметили также, что зараженные личинками взрослые лососи не умирают после нереста осенью и не скатываются в море, а продолжают жить в реке. Ускоренное старение у них не наступает до следующего лета. В пресной воде они ничего не едят, и тем не менее накопленных в море запасов им хватает, чтобы дожить до следующего лета. Рыбы теряют до половины веса, но остаются подвижными и сохраняют обычный охотничий рефлекс — бросаются на блесну. Летом лососи скатываются в море, и только там большинство их погибает от истощения, однако наиболее сильные выживают. 10–40% приходят на нерест два или три раза.

Эти факты заставили по-новому посмотреть на отношения между глохидиями и семгой. Долгое время считали, что это паразитизм, что личинки ослабляют рыбу, повреждают ей жабры и затрудняют дыхание. На некоторых лососевых фермах в Норвегии даже ставили специальные фильтры, чтобы в воду с рыбами не попадали глохидии. Однако теперь становится ясно, что выгода обоюдная и отношения следует считать симбиозом.

Есть и еще один важный вывод: паразит может замедлять старение хозяина и стимулировать его устойчивость к стрессам.

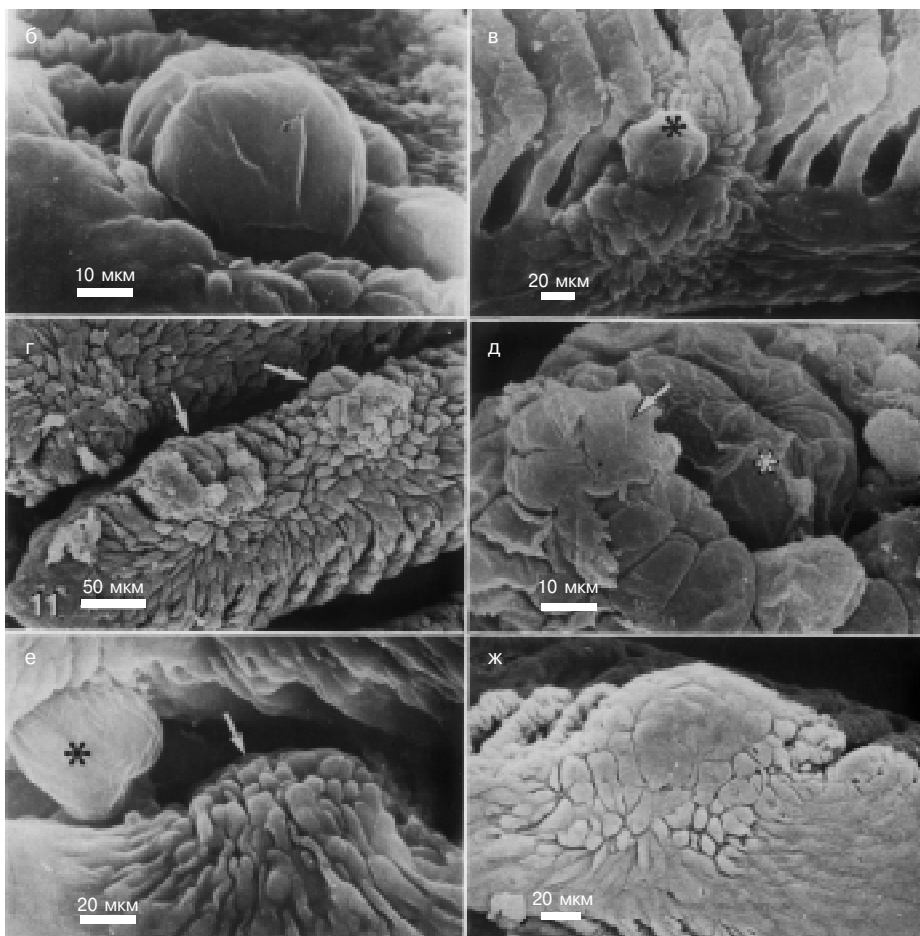
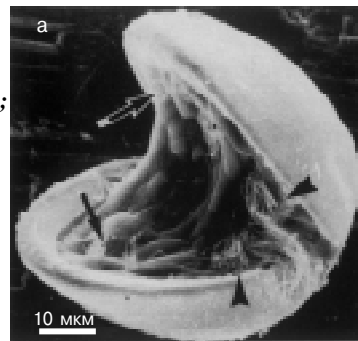
Зачем жемчужницы делают своим хозяевам такой подарок? Биологический смысл этого состоит, видимо, в следующем. Личинкам для завершения паразитической фазы развития требуется около 1500 градусо-дней. В холодных речках Северной Европы годовая сумма градусо-дней составляет 1750, так что глохидии созревают долго: от 8 до 11 месяцев. Поэтому для моллюсков важно, чтобы лосось, заразившийся осенью, не умер от быстрого старения, а дождал до следующего лета.

Палеонтологические данные свидетельствуют, что жемчужница и семга вместе эволюционировали в Европе не менее 8 млн. лет. Зюганов предполагает, что за это время моллюск мог внедрить в лосося свои «гены долголетия». Это могут быть гены, работающие во многих тканях и выполняющие одинаковые функции в разных организмах, такие, как гены антиокси-

Выживаемость зараженной и незараженной семги после повреждений

Группы рыб	Воздействие и показатель выживаемости		
	Асфиксия (45–60 с на воздухе)	Ожог жабр	Раны, нанесенные рыбаковыми крючками
Выжило	на 5-е сутки, %	на 5-е сутки, %	на 25-е сутки, %
Незараженные	0 из 60(0)	0 из 60(0)	60 из 72 (83)
Зараженные	32 из 60 (53)	8 из 60 (13)	70 из 72 (97)

6
Образование капсулы: а — гложидий с помощью чувствительных хохолков (обозначены стрелками) определяет, что подплывает рыба; б — полчаса назад гложидий прицепился к жаберному лепестку; в — через 2 часа после прикрепления: клетки эпителия сползают к гложидию (обозначен звездочкой); г — через 5 часов гложидий почти закрыты клетками эпителия, у которых нетипичная вытянутая форма; д — то же с большим увеличением (стрелкой обозначена слизь, выделенная гложидием); е — гложидий через 12 часов после внедрения полностью покрыт червеобразными клетками эпителия (указан стрелкой), второй (обозначен звездочкой) — еще нет; ж — через 24 часа капсула сформировалась, клетки эпителия снова стали плоскими



чем тихоокеанские лососи, потому что там ниже температура и замедлен обмен веществ? Однако горбуша, которую в 70-х годах пробовали акклиматизировать в Белом море, поголовно погибала после нереста в реках Варзуге, Умбе, Керети, так что низкие температуры не отдаляли ее смерть.

Но может быть, европейская жемчужница вовсе не продлевает жизнь семги? Может быть, в биологии самой этой рыбы не заложено жесткое действие программы старения, а личинки пользуются этим и не спеша растут на хозяине, пока он жив? Тогда непонятно, почему отнерестившийся лосось, потерявший половину веса, не уходит по течению в море, чтобы откормиться в теплых водах Гольфстрима, а еще несколько месяцев остается в реке, терпя голод и холод.

Продление жизни лосося и его голодовка в зимней реке становятся понятными, если допустить, что личинка моллюска секреторирует в организм семги вещества, влияющие на поведение рыбы, замедляющие старение и стимулирующие устойчивость к стрессам.

Иммунитет

Внедрение гложидий в жабры, вероятно, включает в себя процессы молекулярного узнавания. В экспериментах европейская жемчужница не развивалась на жабрах тихоокеанских кеты, нерки и чавычи, а *M. falcata* из Калифорнии погибала на жабрах атлантического лосося.

Вероятно, развитие личинок контролирует иммунная система, поскольку жабры контактируют с внешней средой, и в этом органе должен быть налажен иммунный контроль. У неподходящего хозяина капсула не образуется, или даже если она начинает формироваться, то не позже пяти суток после заражения ткани хозяина разрастаются и отторгают личинку, как в организме отторгается чужеродный орган.

У подходящего хозяина часть личинок погибает из-за выработки антител к их водорастворимым веществам — их убивает иммунная система рыбы. Зюганов считает, что для выживания личинок важен срок образования эпи-

дантной системы, регуляторных систем, контролирующей устойчивость к голоданию или недостатку кислорода.

У самих жемчужниц такие гены, скорее всего, есть. Даже у столетних моллюсков до недавнего потепления климата не отмечали болезней, паразитов и опухолей. Вероятно, особи старжили погибают не от старческих недугов, а из-за непрерывного роста: их раковина к концу жизни становится слишком тяжелой, чтобы вытаскивать ее из песка и гальки.

Предположение о внедренных генах звучит сомнительно. Генетики не знают подобных случаев. Однако оно могло бы объяснить, почему в реках, где уже нет жемчужницы, семга остается на голодную зимовку в реке после нереста и выживает даже без личинок.

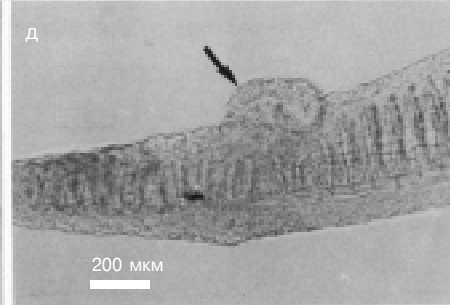
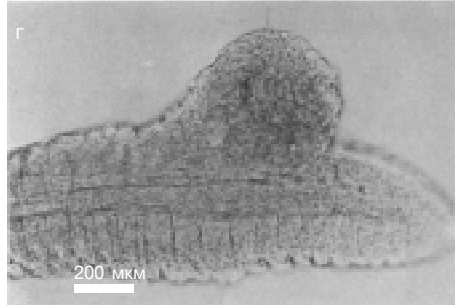
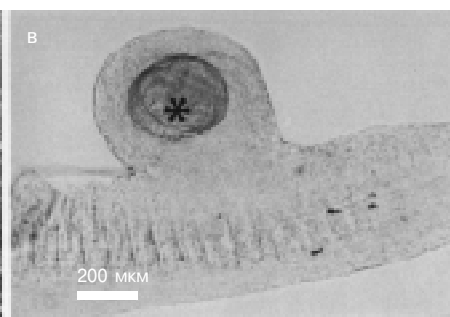
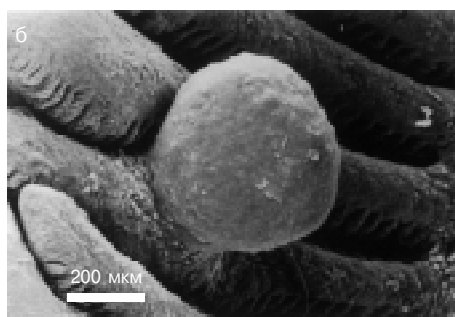
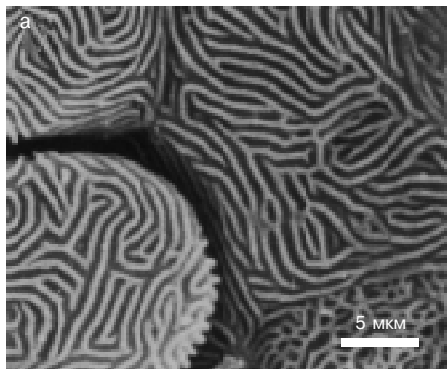
Кстати, тихоокеанские жемчужницы живут меньше европейских. Гладкая жемчужница *M. laevis* населяет азиатские реки (на Сахалине и в Японии), где доживает до 30–40 лет. Американская жемчужница *M. falcata* обитает в

Калифорнии и достигает максимального возраста 45–60 лет. Личинки обоих видов развиваются на лососях рода *Oncorhynchus*. И в азиатских, и в американских реках намного теплее, чем в Северной Европе, и гложидиям требуется в 8–10 раз меньше времени: 30–45 суток. В Японии местная жемчужница «созревает» на кете и нерке, которые нерестятся в сентябре. Ко времени нереста и последующей смерти хозяина жемчужница успевает закончить метаморфоз. В Калифорнии хозяин моллюска — чавыча — нерестится в июле, а местная жемчужница успевает пройти паразитическую стадию в мае–июне. И в том, и в другом случае личинкам нет необходимости продлевать жизнь хозяина, чтобы завершить свой метаморфоз.

Другие предположения

Можно ли объяснить приведенные факты по-другому? Может быть, на севере Европы семга живет дольше,

Развитие и рассасывание капсулы:
а — на поверхности эпителиальных клеток лосося восстановились микрогребни, которые увеличивают площадь газообмена;
б — через 40 дней после заражения диаметр капсулы 200 мкм,
в — многослойная капсула в разрезе;
г — гложидий вылунился, капсула начала рассасываться;
д — через несколько дней капсула почти рассосалась



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

телиальной капсулы. Если она сформирована до пика иммунного ответа, гложидий пройдет метаморфоз, если нет — погибнет. Слабых личинок на ранних стадиях развития убивают макрофаги, и только часть их преодолевает иммунный барьер рыбы. С помощью иммунной системы семга регулирует также количество гложидиев и лишних отторгает.

Личинки умеют не только стимулировать клетки хозяина к миграции и делению. Дважды они вызывают массовые некрозы клеток хозяина: во время внедрения и во время выхода из капсулы. Однако в течение 1–2 суток после выхода паразита из лосося тысячи опустевших капсул с рваными краями одновременно рассасываются: это можно объяснить стимуляцией апоптоза.

Поведение

У лососей поведение определяется не только нервной, но и эндокринной системами. Они контролируют такие инстинкты, как импринтинг (запоминание химического состава воды в месте рождения), хоминг (возвращение в реку, в которой родились), охрана территории и икры, взаимодействия между особями. В этом участвуют гипоталамус и гипофиз.

По-видимому, гложидии понижают активность гипоталамуса семги, перевозбужденного после нереста, чтобы он производил обычное количество гормонов гипофиза. Это могло бы ингибировать включение программы старения у рыбы. Вспомним, что тихоокеанский лосось погибает от повышения активности цепочки: гипоталамус — гипофиз — кора надпочечников — увеличение продукции гормона

кортизола — атрофия тимуса и снижение иммунитета — повышение содержания в крови сахара, жирных кислот, холестерина, гормона инсулина — смерть от инсультов, а также инфарктов миокарда и почек.

Мы похожи на рыб

В 1986 году профессор В.М. Дильман обратил внимание на то, что гормональные сдвиги при старении лосося и человека практически совпадают. У человека во много раз медленнее происходит то, что стремительно протекает у горбуши. Он предположил, что старение и связанные с ним системные болезни (например, атеросклероз и гипертония) возникают не из-за ослабления деятельности систем, регулирующих энергообеспечение, адаптацию и размножение, а в результате их усиления и перенапряжения. Когда активность гипоталамуса возрастает, он, как и другие подкорковые структуры, становится менее чувствительным к сигналам отрицательной обратной связи и вызывает неоправданно большое накопление липидов, рост артериального давления и другие неблагоприятные проявления.

Нейроэндокринная и иммунная системы у всех позвоночных животных, от рыб до человека, построены по единому проекту. Вероятно, личинка жемчужницы каким-то образом нейтрализует старческие изменения в регуляторной системе лосося: гипоталамус — гипофиз — периферические эндокринные железы — гипоталамус. Зюганов предполагает, что гложидии через кровь постоянно снабжают нервные клетки хозяев антидепрессантами и, возможно, нейромедиаторами или их

предшественникам. Предварительный анализ показал, что паразит-симбионт секретирует в кровь хозяина водорастворимые вещества (в том числе аминокислоты, пептиды и гликопротеины).

У нас много общего с рыбами. Это не только сходный план строения тела, но и многие нейроэндокринные механизмы управления жизнедеятельностью. Личинки жемчужницы научились влиять на один из таких процессов у лосося — старение. Не сможем ли мы воспользоваться подобными приемами, чтобы продлить свое долголетие?

Шаги в этом направлении уже делаются. В.В. Зюганов объединил вытяжку из жабр лососей, вынашивающих личинок жемчужницы, мукус колюшки (см. №10 «Химии и жизни» за прошлый год) и коньяк, создав эликсир «Арктика». Жабры брали в тот момент, когда гложидии выделяли рассасывающую капсулу вещества. О продлении молодости с помощью этого препарата говорить пока рано, однако он уже показал хорошие результаты при некоторых болезнях, связанных с дезадаптацией, например при депрессиях. Есть обнадеживающие сообщения о лечении больных с опухолями. Биологи и медики все ближе подходят к тонкой настройке разнообразных клеточных процессов регуляторами, созданными самой природой.

По статье:

Зюганов В.В. Парадокс паразита, продлевающего жизнь хозяина. Как жемчужница выключает программу ускоренного старения у лосося. Известия РАН. Серия биологическая, 2005, № 4, с. 435.





Бабочки в неволе

Энтомологи из Московского зоопарка и МГУ научились разводить в неволе бабочек-махаонов. Насекомым предоставили несколько вариантов жилья: уличную вольеру из тюля, натянутого на каркас, 80-литровый террариум и комнату с окном. Ученые хотели выяснить, где махаонам больше нравится, и вообще изучить их «запас прочности» при содержании в неволе.

Бабочек кормили водным раствором меда в (1 : 10) в искусственных кормушках и на срезанных цветах одуванчика, в которые шприцем накачивали этот импровизированный нектар. Ученые подметили, что в качестве кормушек очень удобно использовать искусственные цветы, которые привлекают махаонов, особенно если они желтые. Чтобы махаоны размножались, им нужно есть один-два раза в день. Бабочек приходится приучать к искусственной пище. Для этого достаточно посадить насекомое на кормушку, чтобы передние лапки коснулись меда. Часто при содержании в неволе, особенно

в маленьких помещениях или садках, бабочка отказывается от пищи. Специалисты советуют в таком случае тонкой иглой осторожно расправить свернутый в спираль хоботок и погрузить его кончик в раствор, давая насекомому отведать сладкого напитка.

Главное условие для спаривания махаонов — высокая влажность воздуха. Если она падает ниже 70–80%, бабочки за несколько дней теряют способность к размножению. Поэтому энтомологи сажали их на ночь в емкость, на дне которой лежал влажный мох,

а в комнате и террариуме раскладывали мокрый поролон и брызгали пульверизатором. Кроме того, махаонам необходим простор и обилие яркого света, желательно солнечного, заменить который способны только мощные галогеновые лампы. Именно поэтому бабочки самостоятельно спарива-

лись только в вольере, а если они жили в закрытом помещении, то их приходилось специально готовить к этому событию. Активного разогретого самца выпускают на хорошо освещенном месте, в 30 сантиметрах





над охлажденной и поэтому вялой, сидящей спокойно самкой. Если это проделать аккуратно, то насекомые не улетят в ужасе, а сразу займутся любовью. Самец перед этим должен хотя бы раз после выхода из куколки подкрепиться, а самке следует сидеть на веточке, а не на плоскости, чтобы самцу было удобно. По наблюдениям специалистов, к размножению махаонов подталкивают суточные перепады температур хотя бы в 8°, например днем + 30°, а ночью +20–22°.

Если самку хорошо кормить, то не позже



чем через четыре дня после спаривания она отложит яйца. Лучше, если самка сразу поместит их на растение, которым будут питаться гусеницы: морковь, укроп или что-нибудь из семейства зонтичных, но вообще-то

махаоны откладывают яйца и на стол, и на сетку вольеры. Ученые рекомендуют держать оплодотворенную самку в сетчатом садке объемом 30 литров, а сам садок — в пакете, чтобы поддерживать влажность. Полностью весь «запас» яиц, около 100 штук, самка откладывает за неделю-две.

Гусеницы вылупляются через 3–7 дней. Им нужно свежее или по крайней мере влажное растение и достаточно сухой воздух, чтобы избежать инфекции. А еще они не любят тесноты и смены кормовых растений. Зоологи предупреждают, что приучить к укропу гусеницу, питавшуюся дягилом или морковью, можно, а наоборот — нельзя. В тепле и при длинном дне гусеницы и куколки быстро развива-

ются, и за год можно получить пять и более поколений, а вот если гусеницы росли при температуре 15–20°, то куколкам потребуется долгая «зима» в холодильнике. Из куколок бабочки обычно выходят рано утром.

Когда у биологов набралось достаточно взрослых махаонов, которых копили в холодильнике в садках с влажной подстилкой, их выпустили в парке «Крылатские холмы». Ученые считают, что эти крупные бабочки вполне пригодны для разведения в неволе, хотя бы для того, чтобы восстановить природные популяции, вытопанные ландшафты больших городов и промышленных окраин.



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

А. Барне



Просветители

Завершился IV Всероссийский конкурс «Наука — обществу — 2005», и 30 января все финалисты и лауреаты конкурса на торжественной церемонии в Доме ученых получили дипломы и награды. Цель нашей затеи — привлечь к популяризации науки людей разных профессий, стимулировать наиболее талантливых из них, а также заинтересовать широкие слои общества достижениями российской науки, в том числе и с помощью региональных средств массовой информации.

Этот конкурс мы придумали четыре года назад. Поначалу он был скромным и по составу организаторов, и по количеству участников. Но в этом году мы празднуем настоящий успех. Во-первых, в число организаторов конкурса наряду с редакцией «Химии и жизни», нашим агентством «ИнформНаука» и Ассоциацией научных журналистов вошли Международный научно-технический центр и группа компаний «Вокруг света». Но главное — к нашим традиционным партнерам Фонду «Династия» и Российской академии наук добавились Министерство образования и науки Российской Федерации и компания EPSON. Минобрнауки учредило две номинации, но об этом чуть позже.

Вторая причина для радости — это количество и состав конкурсантов. На этот раз конкурс собрал почти вдвое больше участников — 289 человек, а количество городов увеличилось с 40 до 60. Теперь мы с полным правом можем называть наш конкурс «всероссийским», поскольку география его обширна: от Хабаровска до Северодвинска с востока на запад и от Тюмени до Краснодара — с севера на юг. Мужчин среди участников больше, чем женщин (соотношение примерно три к

двум), возраст участников — от 12 до 78 лет. Приблизительно треть участников конкурса — профессиональные журналисты, большинство остальных — студенты, аспиранты, научные сотрудники, профессора и академики, хотя есть и представители других профессий: преподаватели школ и вузов, инженеры, администраторы, менеджеры, пенсионеры и домохозяйка. Среди ученых больше всего биологов, затем идут физики, технические специалисты, гуманитарии, химики, геологи и географы, медики.

И, наконец, третья причина порадоваться — это новые номинации. К традиционным номинациям «Лучшая науч-

но-популярная статья» и «Новые горизонты российских технологий» добавились «Лучшая фотография на темы науки» и «Наука и региональные СМИ». Вторую и четвертую номинацию учредило Министерство образования и науки РФ. Кстати, номинация «Новые горизонты российских технологий» оказалась самой молодой: средний возраст участников едва ли перевалил за 30 лет.

Итоги конкурса таковы. В номинации «Лучшая научно-популярная статья» диплом третьей степени получил Л.А.Животовский, главный научный сотрудник Института общей генетики РАН (Москва), за статью «Мы не только различны, но и удивительно схожи». Диплом вто-

А.А.Фурсенко вручает диплом Е.Погорцевой из Ростова-на-Дону за первое место в номинации «Новые горизонты российских технологий»





П.Талалай, получивший серебро в номинации «Лучшая научно-популярная статья», потряс участников церемонии изысканной формой Санкт-Петербургского государственного горного института



СОБЫТИЯ

рой степени получил П.Г.Талалай, доцент Санкт-Петербургского государственного горного института, за статью «На пути к загадочному озеру Восток». Диплом первой степени — А.А.Астахова, обозреватель журнала «Итоги» (Москва), за статью «Таблетка из компьютера»

В номинации «Новые горизонты российских технологий» премии Министерства образования и науки РФ получили следующие лауреаты. Диплом третьей степени — Н.А.Лахина, специальный корреспондент газеты «Медицинский вестник» (Новосибирск), за статью «Лазер против вивисекции». Диплом второй степени — А.Ж.Барне, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН (Москва), за статью «Клеткам синтезировали жилплощадь». Дип-

лом первой степени — Е.В.Погонцева, редактор Южного представительства «Российской газеты» (Ростов-на-Дону), за статью «Шпион из скворечника».

Особое удовольствие нам доставил конкурс научной фотографии, а их набралось более четырехсот. Отобрать победителей было крайне трудно. Но жюри, в состав которого вошли ведущие научные журналисты и ученые, справилось. Диплом третьей степени получил А.А.Захаров, научный сотрудник Института ядерной физики (Санкт-Петербург), за фотоработу «Искусство научного эксперимента». Диплом второй степени — О.В.Подгорный, аспирант Института биологии развития РАН (Москва), за фотоработу «Свечение клеток». Диплом первой степени — А.В.Сочивко, энтомолог и фотограф (Москва), за фотоработу «Метаморфозы загадочного аполлона». В дополнение к этому Министерство образования и науки вручило три специальных премии за лучшие фотоработы в области нанотехнологий.

Судейство проходило анонимно. Когда итоги были подведены, жюри открыло имена, стоящие за регистрационными номерами, и с удивлением обнаружил, что в финал попало несколько работ студентов и сотрудников Факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова, который возглавляет академик Ю.Д.Третьяков. Ну что ж, у хорошего руководителя и результаты хорошие.

Лео Овсяцки, заместитель директора МНТЦ, вручил диплом А.Сочивко, взявшему золото в номинации «Лучшая фотография на темы науки»



А.Астахова — золотой призер в номинации «Лучшая научно-популярная статья»

тета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова, который возглавляет академик Ю.Д.Третьяков. Ну что ж, у хорошего руководителя и результаты хорошие.

Награждение не ограничилось дипломами, которые получил каждый финалист и лауреат, и главными премиями. На церемонии вручали и множество других специальных премий и призов от группы компаний «Вокруг света», Международного научно-технического центра, благотворительного Фонда «Династия», компании EPSON, журнала «Химия и жизнь», Российской академии наук и журнал «Что нового в науке и технике».

На церемонию приехали финалисты конкурса из самых разных городов и не пожалели, потому что попали на настоящий праздник. Чего и вам желаем в следующем году, ведь очередной конкурс «Наука — обществу — 2006» стартует в апреле этого года. Загляните на наш сайт www.informnauka.ru/konkurs, почитайте статьи победителей и посмотрите лучшие научные фотографии. Может быть, и вам захочется прислать свои работы на конкурс и примкнуть к нашей веселой компании? Ждем!

Л.Стрельникова,
председатель оргкомитета



ГЮЖЁФШП

Однажды Адам Смартус увлекся криптологией. Достойное хобби для детектива, не правда ли? Это вам не кактусы разводить.

Смартус аннулировал заказ на *Ferocactus visnaga* и выписал несколько книг по криптологии. Начал он с «Истории криптографии в картинках и примерах», рекомендованной в качестве предварительного чтения тем детям, чьи родители кодируют телевизоры от боевиков и нескромных мелодрам. Искусство тайнописи опровергало расхожее мнение, что ломать легче, чем строить: оказывается, еще с древнейших времен остались рукописи, перед которыми бессильны самые умудренные взломщики.

А бессильны ли?

Смартус освоил несколько современных криптоаналитических методов и попытался применить их для расшифровки так называемого манускрипта Войнича, который многие считают никакой не шифрограммой, а хитро составленной бессмыслицей, наподобие трудов Жака Дерриды или Мартина Хайдеггера. Результат был выложен на форуме любителей криптографии. Мало сомневаясь, что его ждет слава второго Шампольона, Смартус возвысился мыслью до некоторых обобщений, поделиться которыми решил со своим старым другом, астрофизиком Ландсбергом.

Он застал Ландсберга за раскрашиванием сферы последнего рассеяния. (Предупрежденный о визите гостя, д-р Ландсберг выбрал наименее наукоемкое занятие, позволявшее тем не менее чувствовать, что время не пропадает зря.) Г-жа Ландсберг подманивала Смартуса чаем с бисквитами и домашними плюшками, но тот (неугомонная душа!) все норовил втянуть хозяина в дискуссию. Разумеется, он поведal астрофизику о своем последнем увлечении. В конце концов, его вознаградили замечанием: «О, это интересно!» — и порцией еще теплых бисквитов.

Смартус откусил кусочек и обратился к Ландсбергу с такой речью:

— Как много общего между наукой и криптологией! Разве природа — не книга, написанная на неизвестном языке? И формулы, что я вижу на обратной стороне вашего счета за электричество, разве они не попытка перевода с языка природы на человеческий? Коль скоро некоторые из наших формул благополучно подтвердились, то мы обязаны признать, что в устройстве природы присутствует разумное начало. Хитрецы из рода человеческого скрывали свои мысли посредством тайнописи, но разве не к тому же самому прибеги и Создатель? Поэтому ученые, по сути, те же криптологи, их криптограмма — Вселенная, их инструмент — разум, их контрагент — Бог... Хотя, положи руку на сердце, черт нас дернул связаться с этим парнем!

За окном прогремел гром, дождь забарабанил в окно, как будто упомянутый контрагент напрашивался на вечеринку, чтобы и самому вставить слово.

— Он нас слышал, — сказала г-жа Ландсберг.

— А я о чем! — подтвердил Смартус.

— Не согласен, — возразил д-р Ландсберг. — Между криптологией и фундаментальной наукой есть существенное отличие.

— Какое же?

Астрофизик задумался. Чтобы дать ему время, хозяйка обратилась к Смартусу:

— Еще кусочек, Адам?

— С удовольствием.

Они перешли к столу, на котором были расставлены блюда с плюшками, чашки, чайники и прочие предметы, не требующие де-



Художник Е. Станикова



Максим Дегтярев

ФАНТАСТИКА

шифровки. Г-жа Ландсберг попросила Смартуса научить ее какому-нибудь простому, но надежному методу шифрования: во-первых, это любопытно само по себе, во-вторых, она не хочет, чтобы кто-либо читал ее письма к подруге.

— С удовольствием, — опять кивнул Смартус и приступил к объяснению.

— Этот метод называется «кодирование с одноразовым блоком». Сначала занумеруем все буквы алфавита обычным способом — от 1 до 33*. Затем перепишем ваше сообщение, заменяя буквы их номерами. Что мы будем отправлять?

— Пусть так: «Адам Смартус любит бисквиты».

— Я бы вставил слово «гениальный» в самом начале, ну да ладно... Нам понадобится бумага и ручка.

Ландсберг пожертвовал счетом за телефон. Ручка оказалась у Смартуса в кармане. Он написал:

А Д А М С М А Р Т У С Л Ю Б И Т Ь И С К В И Т Ы

Следующая строчка потребовала некоторых вычислений. Запутавшись в нумерации букв, Смартус быстро нашел оправдание:

— Это учебный пример, и точность здесь необязательна. Тем более что в любом канале связи существуют помехи.

Вторая строчка получилась такой:

1 5 1 14 19 14 19 14 1 18 20 21 19 13 32 2 10 20 2 10 19
12 3 10 20 29

— Теперь важный шаг. Мы должны выбрать случайную последовательность букв той же длины, что и сообщение. Чем случайней последовательность, тем надежнее шифр.

Методом тыканья наугад в клавиатуру (Ландсберг великодушно ее уступил) родилась вот такая последовательность букв:

Щ Ю Б Й О В Е Е Л И Й Л П Ш Е О П Ы Н Ч Ё Ъ С

— Ее мы тоже перепишем с помощью цифр, — сказал Смартус. — Смотрите.

27 32 2 11 16 3 6 6 13 10 11 13 17 26 6 16 17 30 10 15 25
7 28 19

— Итак, — продолжил он, — у нас есть две последовательности чисел: исходная, то есть незашифрованная, и случайно выбранная, которую следует запомнить и никому не показывать. Сложим эти две последовательности: первое число с первым, второе со вторым, третье с третьим и так далее. Если сумма каких-нибудь чисел получается больше тридцати трех, то уменьшим ее ровно на тридцать три. В итоге у нас вот что:

28 4 3 25 2 17 7 24 33 31 30 26 16 28 16 3 19 7 29 27 28
17 15 15

И теперь переводим числа в буквы:

Ъ Г В Ч Б П Ё Ц Я Э Ъ Ш О Ъ О В С Ё Ы Щ Ъ П Н Н

— Вот, — кивнул Смартус, — это и есть ваша шифрограм-

* Читателю предлагается русифицированная версия этой истории. Интересно, как из положения вышли китайцы?



ФАНТАСТИКА

ма. Для того чтобы ее расшифровать, нужно проделать все операции в обратном порядке. Конечно, ваш адресат должен знать ключ, то есть ту случайную последовательность букв, которую вы использовали для шифрования.

Г-жа Ландсберг в рассеянности теребила густо исписанный листок. Когда дело дошло до сложений и вычитаний, она утратила нить рассуждений.

— Слишком сложно, — сказала она.

— Зато надежно! Я пришлю вам программу, которая проделает за вас все вычисления. Вам не придется ни о чем думать.

— Вряд ли я ее освою. Не говоря уж о моей подруге. — И она посмотрела на мужа.

— Если я угадал, о ком идет речь, то никогда не освоит, — подтвердил он.

— Вы вспомнили, чем отличается фундаментальная наука от криптологии? — спросил его Смартус.

— Гюжёфшп, — спокойно выговорил д-р Ландсберг.

— Чего?!

— Расшифруйте и все поймете сами. Диктую по буквам: г-ю-ж-ё-ф-ш-п.

— Такие короткие сообщения не дешифруются. Они могут означать что угодно.

— В общем случае это так. Но что касается моего сообщения, то все необходимое для дешифровки было здесь сегодня сказано. Да и шифр не слишком надежный, если вспомнить, какое требование вы выдвинули для надежного шифра.

Окажись сейчас в комнате новый гость, он счел бы Смартуса самым бестолковым собеседником на свете, ибо, начиная с этой минуты, все мысли детектива были заняты исключительно «гюжёфшп».

Пощадим самолюбие Смартуса и не будем уточнять, сколько прошло дней и ночей, прежде чем ему улыбнулась удача. В супермаркете, где он обычно покупал продукты, ему дали тридцатипроцентную скидку на кофе и лишили скидки на все остальное. Соседи дважды вызывали полицию, когда замечали, что какой-то потрепанный тип пытается влезть к Смартусу в дом. В первый раз его приняли за нелегального эмигранта, потому что на все вопросы он отвечал иностранным словом «гюжёфшп». Слава Богу, не нашли переводчика и потому было непонятно, в какую страну его высылать...

Но вот наконец Смартус переступил порог дома Ландсбергов.

— У меня две новости, — сказал он.

Было шесть утра, и заспанная г-жа Ландсберг не сразу заметила, как изменился за это время их друг.

— Наверное, обе плохие? — предположила она.

— Наоборот. В смысле, одна хорошая.

— Начните с нее.

— Я расшифровал «гюжёфшп».

— Мой муж не сомневался, что у вас получится. А какая плохая?

— Видимо, он оказался прав.

— В этом он тоже не сомневался. Ступайте на кухню и сварите себе кофе. Мы уже встаем.

При слове «кофе» Смартуса передернуло, и он едва не потерял равновесие. Покачиваясь, он прошел на кухню.

Двадцать минут спустя там появились Ландсберги. Смартус спал, облокотившись о стол. Под его правым локтем лежал листок бумаги. Д-р Ландсберг аккуратно его вытянул, пробежал глазами и показал жене. Посередине страницы корявым почерком были выведены два утверждения, одно под другим:

БОГ ЕСТЬ

БОГА НЕТ

— Наверное, это не та бумага, — засомневалась г-жа Ландсберг.

— Как раз та самая, — возразил муж и потряс Смартуса за плечо. Когда тот приподнял голову, он спросил: — И что же верно?

Раздавшееся бурчание очень походило на «вам виднее». Г-жа Ландсберг взглянула на мужа другими глазами:

— Неужели тебе и это известно?

— Не слушай его, он устал. Шифрограмму «гюжёфшп» можно прочитать и так, и эдак. Вспомни, как он учил тебя шифровать сообщения. Шифрограмма — это сумма исходного сообщения и некоторой произвольной последовательности букв. От перемены мест слагаемых она, как известно, не меняется. Поэтому фраза «Бог есть», зашифрованная с помощью последовательности букв «Бога нет», выглядит точно так же, как и фраза «Бога нет», зашифрованная с помощью «Бог есть». В обоих случаях получится «гюжёфшп». Адам выбился из сил, разгадывая головоломку, но многого ли он добился? Это сочетание букв, привлекательное своей загадочностью, но не звучанием, превратилось в дилемму, насколько ясную, настолько и неразрешимую. Как это похоже на научный поиск! Мы только скалываем лишнее, обнажаем проблему, формулируем ее четче и яснее, однако ни в коем случае не уменьшаем количества вопросов. В сущности, мы лишь учимся правильно их ставить.

Смартус снова приподнял голову и потер глаза.

— Кое с чем я все-таки не согласен.

— С чем именно?

— С тем, что я выбился из сил.

— Кстати, как поживает манускрипт Войнич? — поинтересовалась г-жа Ландсберг. — Как оценили вашу расшифровку?

— На самом деле у меня было три новости, — хмуро ответил Смартус.





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Кто живет в оранжерее

Еще Герберт Уэллс в своем рассказе «Странная орхидея» предполагал, что увлечение экзотической флорой — не самое безопасное хобби. Великий фантаст опять оказался прав. Нет, сами-то орхидеи пока не сосут кровь из ботаников, а вот их спутники...

Декоративные комнатные растения, особенно экзотические, чаще всего поступают к нам из Голландии. В голландские оранжереи их, в свою очередь, везут из тропических питомников. А вместе с растениями в оранжереи и, как следствие, в магазины и в наши квартиры могут попасть тропические насекомые, в том числе переносчики смертельно опасных болезней.

Недавно один голландский инспектор по карантину растений побывал в оранжерее, куда незадолго до этого привезли бамбук из Юго-Восточного Китая, — и подвергся нападению стаи агрессивных тигровых комаров. К счастью, инспектор отделался всего лишь несколькими укусами («Chemistry & Industry magazine», № 22, 2005). К счастью, потому что именно этот вид комаров известен как переносчик опаснейшего заболевания — лихорадки Денгэ, а Юго-Восточный Китай — один из ее очагов. Правда, так и не удалось выяснить, действительно ли среди комаров из злополучной оранжереи были носители болезни, но факт налицо: Голландия стала самой северной точкой земного шара, где обнаружен азиатский тигровый комар.

«Ни в одном законе не написано, что мы должны следить за наличием тигровых комаров в голландских теплицах, и зря. Теперь-то мы знаем, что это просто необходимо», — такотреагировал на происшествие Олаф Стенверс из Нидерландской службы по безопасности потребительских товаров и пищи. Особенно опасно перемещение возможных переносчиков смертельных болезней из-за глобального потепления — ведь если природные условия становятся все более благоприятными к пришельцам с юга, они могут и покинуть оранжерею.

С. Комаров

Пишут, что...



...определение геодезических высот с помощью спутниковых навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) поможет вычислять чистые аномалии силы тяжести («Исследование Земли из космоса», 2005, № 6, с.28)...

...вулканогенные экосистемы можно рассматривать как аналоги антропогенных экосистем («Вестник ДВО РАН», 2005, № 5, с.91)...

...природные алмазы самоочищаются от металлических включений, сотни миллионов или даже миллиарды лет после кристаллизации пребывая в мантии Земли («Геохимия», 2005, № 12, с.1340)...

...предложен метод прогноза сильных землетрясений с использованием геомеханических датчиков, фиксирующих вертикальные градиенты смещения у подошвы поверхностного слоя земной коры («Вулканология и сейсмология», 2005, № 6, с.61)...

...поскольку в очистке воды в естественных условиях участвует почти вся водная биота, отдельно взятые очистители не гарантируют результата («Экология», 2005, № 6, с.452)...

...предложен сорбент на основе терморасширенного графита для очистки воды, который после сорбции нефтяной пленки может служить добавкой к топливу («Экология и промышленность России», 2005, № 12, с.8)...

...последовательность ДНК, даже такую длинную, как целый геном высшего организма, можно представить как двумерное блуждание («Доклады Академии наук», 2005, т.405, с.755)...

...механизмы обучения и памяти каким-то образом включают в себя апоптоз отдельных клеток головного мозга («Журнал высшей нервной деятельности», 2005, т.55, № 6, с.729)...



...найден ген, отвечающий за пигментацию кожи у рыбки данио и у человека («Science», 2005, т.310, № 5755, с.1754)...

...опубликована хроника скандала с сомнительными экспериментами по клонированию человека и афганской борзой, которые проводили ученые из Южной Кореи (Сеульский национальный университет) («Nature», 2005, т.438, № 7071, с.1056—1057)...

...капли в нос, содержащие антитела против серотонина, подавляют тягу к алкоголю у мышей («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2005, т.140, № 12, с.639)...

...создана пленка-дисплей с односторонней прозрачностью; если такой пленкой оклеить окно, снаружи будет видно изображение на дисплее, а изнутри оно останется прозрачным («New Scientist», 14 января 2006 года, № 2534, с.25)...

...разработан прибор для регистрации частоты взмахов крыла насекомого с использованием бытовой лазерной указки и фоторезистора («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2005, т.41, № 6, с.566)...

...исследована применимость различных усыпляющих препаратов для работы с бурым и гималайским медведями, подобраны оптимальные дозы («Зоологический журнал», 2005, т.84, № 12, с.1508)...

...оценка биоэлектрического потенциала поверхностных биологически-активных центров у быков-производителей позволяет прогнозировать их репродуктивные качества («Сельскохозяйственная биология», 2005, № 6, с.106)...

...запатентовано самоходное устройство, уничтожающее сорняки струей перегретого пара («Изобретатель и рационализатор», 2005, № 12, с.18)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Одиночество — дело семейное?

Как бы странно это ни звучало, но одиночество передается по наследству, считают голландские и американские ученые.

Результаты исследования, проведенного специалистами из Свободного университета в Амстердаме и их коллегами из Чикагского университета, показали, что помочь одиноким людям гораздо сложнее, чем было принято думать до сих пор. Одна лишь смена обстановки ни к чему не приведет — одиночество заложено генетически.

Долгое время одиночество считали следствием определенных болезней (сердечных, например), эмоциональных расстройств, в том числе повышенной тревожности, проблемами с самооценкой и общением. Авторы новой работы уверяют, что одиночество свойственно человеку с доисторических времен, когда кто-то из охотников-добытчиков сознательно отбивался от коллектива, не желая ни с кем делиться (по общению агентства «BBC News» от 11 ноября 2005 года).

Такой «отрыв» от соплеменников означал хорошее питание, а значит, и более высокие шансы выжить, и хорошее потомство. Но у одиночества есть и обратная сторона — предрасположенность к повышенной тревожности, враждебности, социальной изоляции.

В исследовании принимали участие 8000 однояйцевых и разнаяйцевых близнецов, за которыми наблюдали с 1991 года, когда тем было от 13 до 20 лет. Добровольцам было предложено подтвердить или опровергнуть утверждения: «Я быстро теряю друзей», «Меня никто не любит» и т. п.

Сравнив результаты опросов, интервал между которыми был почти 15 лет, ученые обнаружили у однояйцевых близнецов меньше различий в том, что касается одиночества. Вероятно, это можно объяснить наследственностью — смена окружения поможет не каждому.

С такими выводами категорически не согласен Артур Кэсиди из университета Белфаста. По его мнению, наше поведение корнями уходит в семью. Если рядом люди, которые смотрят на мир пессимистически и все видят в дурном свете, вы неизбежно становитесь таким же, а это — верный путь к одиночеству.

Е. Сутоцкая



А.С.МАРТЫНЕНКО, Санкт-Петербург: *Вопрос о причинах гравитации (искривлении пространства-времени массивными телами) был решен сто лет назад, и пока что не появилось оснований для пересмотра этой точки зрения.*

С.П.КОЛПИНУ, Белореченск: *«Выдра» в технике не имеет отношения к животному выдре; так называют часть материала, вытесненного при прошивке; слово происходит, видимо, от глагола «выдирать».*

А.В.ПОЛИКАРПОВОЙ, Москва: *Акварельные краски содержат природные пленкообразующие вещества (например, гуммиарабик) и поэтому при высыхании образуют прозрачные растворимые плетки.*

М.ПЕЛЕВУ, вопрос из Интернета: *Новый для россиян фрукт свити (sweetie) представляет собой гибрид белого грейпфрута и фрукта под названием помело, следовательно, его можно рассматривать как сорт грейпфрута; по утверждению импортеров, свити отличается сочностью и особенно сладким вкусом.*

Алле СЕМЕНОВОЙ, Тверь: *В реальности, а не на страницах «Гарри Поттера» безоар (в узком смысле — минерализованные остатки пищи в желудке горного козла, в более широком — клубки волос и растительных волокон в кишечнике хищных и травоядных животных) не только не обладает свойствами универсального противоядия, но даже не относится к адаптогенам.*

А.П.ЕЩЕНКО, Москва: *В любимой книге всех редакторов, «Русском орфографическом словаре» (М.: 2005), Интернет пишется с большой буквы (кроме тех случаев, когда это часть составного слова, как, например, «интернет-версия»); будем считать, что этот вопрос решен.*

А.И.Ф., Алма-Ата: *Если вы посылаете статью «уже не в первый раз» и в прошлые разы этот материал был отклонен, очевидно, что он и теперь не будет опубликован.*

НЕИЗВЕСТНЫМ СПАМЕРАМ: *Мы очень рады, что продлевающая жизнь природная вода из артезианского источника, которой вы торгуете, не содержит синтезированных элементов, хотя и теряется в догадках: что же вы все-таки имели в виду, ведь не ядерный синтез, в самом деле...*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Сергей Комаров, герой романа Мишеля Жуже (см. январский номер «Химии и жизни»), не имеет никакого отношения к нашему обозревателю С.М.Комарову: у Сережи и специализация в науке другая, и политические убеждения совсем не такие.*



Чайка идет

Главное в чайках — их любовь к воде, и как продукт эволюции они возникли у моря, а именно на просторах древнего океана Тетис. Длинные заостренные крылья — обязательное условие виртуозного полета — дают им свободу при любых ветрах, перепончатые лапки — маневренность плавания, стройное тело — ловкость при передвижении на суше. Удлиненный, сплюснутый с боков клюв, который можно очень широко раскрыть, — идеальное орудие для лова и заглатывания рыбы целиком. В поведении чаек и людей обнаружилось множество параллелей. Об одной из них мне рассказал мой однофамилец доктор биологических наук Ю.В.Краснов. Чайки — единственная разновидность птиц, у которых



на контакт

есть «профессии» (на языке науки их называют «стратегиями добычи пищи»); только у них существуют целые группы птиц, которые специализируются на чем-то одном и другого не делают.

Некоторые большую часть времени рыщут над водой в поисках рыбы. Если рыбы много, то энергия, затраченная на полет, легко окупается, если же «не сезон», то приходится улетать каждый раз все дальше в море. Чайки с такой экстенсивной стратегией — что-то вроде пахарей в

зоне неустойчивого земледелия: дело в меру рискованное, но и выгодное лишь в меру.

Неизмеримо бóльшую выгоду получают чайки, которые проявляют смекалку или отвагу. К примеру, есть возле моря участки, где шторма регулярно выбрасывают на берег донных животных, с точки зрения птиц — вкусных и питательных. Чтобы разведать такое место и оценить регулярность появления пищи, нужны немалые умственные способности, и те чайки, у которых

Чтобы присоединиться к учету чаек, нужно связаться с Союзом охраны птиц России по телефону (495)176-10-63, по почте: 111234 Москва, Шоссе Энтузиастов, д. 6, корп.1, СОПР (с пометкой «Год чайки»), или по электронной почте: rbcu@rbcu.ru, получить анкету и инструкции.

ИЗ ЖИЗНИ ПТИЦ

они есть, становятся сезонными рабочими. Другие ступают на тропу хищничества и патрулируют птичьи базары: оставленное без присмотра гнездо, упавший с террасы птенец — все становится добычей. Третьи превращаются в профессиональных грабителей и собирают дань с птиц-ныряльщиков. А есть и такие, кто решаются на контакт с людьми и день за днем выключивают рыбу-требуху и мелкую рыбешку у рыболовов-любителей: это — профессиональные попрошайки. Или санитары: они сменили морские просторы на сытую жизнь возле свалок и городских помоек.

Отнюдь не все виды чаек склонны к освоению профессий: многие предпочитают жить общиной. Однако именно индивидуалисты переселяются ближе к человеку и приживаются в городе. Весьма подходящими для жилья оказались широкие заводские крыши: только в Московской области ученые обнаружили две таких чайчьих колонии и еще одну в самой Москве. Вслед за первопроходцами-индивидуалистами здесь поселились несколько строго колониальных видов чаек, в том числе редких и охраняемых.

Чтобы вплотную заняться чайчьими проблемами (а они есть: чайками недовольны жители приморских поселков, им мешают крики, а городским властям приходится смывать потеки гуано с памятников архитектуры), орнитологи объявили наступивший год Годом чайки. Одна из задач — провести всероссийский учет гнездовых колоний чаек по всей стране. Двадцать лет назад такой учет был сделан в Советском Союзе. Зная, что и как изменилось за это время, можно подумать, как уладить отношения между людьми и птицами. Кстати, поскольку родовое название чайки *Larus*, все Ларисы с полным правом могут считать этот год своим.

Кандидат биологических наук
Е. Н. Краснова

International Symposium Advanced Science in Organic Chemistry

International Organizing & Scientific Committee

I. P. Beletskaya (Chairman)
S. A. Altshteyn
S. A. Andronati
V. Ya. Chirva
M. N. Preobrazhenskaya

Plenary Speakers

Y. N. Bubnov	V. P. Kukhar'
V. N. Charushin	F. A. Lahvich
V. P. Chernykh	M. O. Lozinsky
O. N. Chupakhin	B. A. Trofimov
U. M. Dzhemilev	P. F. Vlad
M. P. Egorov	M. S. Yunusov
A. I. Konovalov	

Media Sponsors

Chemistry of Heterocyclic Compounds
Mendeleev Communications
Russian Chemical Bulletin
Russian Chemical Reviews
Russian Journal of Organic Chemistry



www.asoc.ru
asoc@chembridge.ru
+7 495 775 06 54

