



Ж

10
2009

НЗЖ И ВИШИХ





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,

Л.А.Ашкинази,

В.В.Благутина,

Ю.И.Зварич,

С.М.Комаров,

Н.Л.Резник,

О.В.Рындина

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 7.10.2009

Адрес редакции:

125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1

Телефон для справок:

8 (499) 978-87-63

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.

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —

картина Элен Лундберг «Двойной
портрет художника во времени».

О кратковременной и долговременной
памяти читайте в статье

В.Благутиной «Вспомнить все».

Действительность
не хрен собачий,
она сложнее и богаче

Валентин Берестов

Содержание

Роснаука

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: ПРЕДСКАЗАТЬ И ПРЕДОТВРАТИТЬ	2
КУДА ДЕВАТЬ ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ?	2
ВОДОРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	2
НАНОУГЛЕРОД ЛОВИТ ПЫЛЬ	3
НАНОТРУБКИ И Фуллерены ПРОДОЛЖАЮТ РАДОВАТЬ	3
ЛЕКАРСТВО ПРОТИВ ТРОМБОЗА	3
ТРАНСГЕННОЕ СЕРДЦЕ	3
БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА МОЖНО ОСТАНОВИТЬ?	3

Проблемы и методы науки

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА: ПЕРВЫЕ ШАГИ. С.Г.Инге-Вечтомов	4
ГЕНЫ, СРЕДА, ОТНОШЕНИЯ. М.Б.Литвинов	7
КОГДА Б ВЫ ЗНАЛИ, ИЗ КАКОГО СОРА. М.А.Шкроб	8
КОММУНИКАЦИЯ ЖИВОТНЫХ: ОТ СТИМУЛА К СИМВОЛУ. В.С.Фридман	12
ВСПОМНИТЬ ВСЁ. В.В.Благутина	18

Технологии

НАНОЩЕТИНИСТАЯ ЛАПКА. Г.Е.Кричевский	26
--	----

Технологии и природа

МУСОРНАЯ ВОРОНКА В ОКЕАНЕ. С.Анофелес	28
---	----

Технологии

ГЛИНА+ПОЛИМЕР=ЧИСТОТА. Е.М.Антипов	30
--	----

Здоровье

СИЛИКАТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. С.М.Комаров	34
--	----

Ноу-хау

ПРОБЛЕМА НАВОЗОУДАЛЕНИЯ. В.Т.Каравосов	36
--	----

Технологии и природа

БАКТЕРИИ, АНТИБИОТИКИ И МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ. А.Трчунян	38
--	----

Вещи и вещества

ТРЕТИЙ ГАЗ. Н.Л.Резник	40
------------------------------	----

Наша книжная полка

БИБЛИЯ СОВЕТСКИХ ГУРМАНОВ. ПРАВИЛА ЖИЗНИ В ЭПОХУ КРИЗИСА. Е.Лясота	44
---	----

Расследование

И ЧТОБЫ БЛЕСТЕЛО, КАК... Л.Намер	46
--	----

Событие

ШКОЛА РАЗНЫХ СТРАН. М.Б.Литвинов	48
--	----

Портреты

МЕНДЕЛЕЕВИЯ. Е.В.Бабаев	50
-------------------------------	----

Фантастика

ВРЕМЯ ОДУВАНЧИКОВ. Юрий Нестеренко	54
--	----

Непростые ответы на простые вопросы

РЯБИНА. Н.Ручкина	60
-------------------------	----

Материалы нашего мира

ПЛАСТМАССОВАЯ ПЕНА. М.Демина	64
------------------------------------	----

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	24	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	35	ПИШУТ, ЧТО...	62
ИНФОРМАЦИЯ	43	ПЕРЕПИСКА	64



Мы продолжаем знакомить вас с научными исследованиями и разработками, выполняемыми российскими учеными при поддержке правительственного агентства «Роснаука». Все исследования, представленные в новой рубрике, получили государственное финансирование в рамках контрактов федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (www.fcpir.ru).

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: ПРЕДСКАЗАТЬ И ПРЕДОТВРАТИТЬ

Над созданием уникальной системы электромагнитного мониторинга, позволяющего следить за процессами в земной коре в сейсмоактивных зонах, работают специалисты Научной станции РАН в городе Бишкеке (контракт 02.515.11.5014).

Чтобы предсказать землетрясения и другие сейсмические катастрофы, необходимо располагать достоверными данными о распределении поля напряжений на обширной территории с глубиной анализа до 30 км. При этом методы должны быть чувствительными к изменению физических свойств горных пород при изменении их напряженного состояния. Этим требованиям в полной мере удовлетворяют глубинные электромагнитные методы изучения земной коры на базе мощных источников тока.

Система, разработанная российскими физиками, включает силовую электроимпульсную установку и сеть приемных измерительных станций, в том числе передвижных. Исследователи разработали рекомендации, как наилучшим образом располагать приемные станции, предложили схемы согласованной фильтрации и обработки сигналов электромагнитного поля, наблюдаемых на станциях. Разработчики изготовили и испытали в полевых условиях десять макетных образцов таких станций.

Интересно, что эту систему можно использовать не только для мониторинга, но и для активного воздействия электромагнитными полями на сейсмогенерирующие структуры в земной коре. При этом избыточные тектонические напряжения искусственно разряжаются. Можно сказать, что едино-

моментное сильное землетрясение разбивается на множество слабых сейсмических событий, распределенных во времени.

КУДА ДЕВАТЬ ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ?

Оригинальную технологию промышленной утилизации попутных нефтяных газов придумали специалисты Московского физико-технического института. Проблема заключается в том, что выделяющийся при нефтедобыче метан трудно и невыгодно собирать и транспортировать, поэтому его зачастую просто сжигают. Физтеховцы предложили превращать его прямо на месте в ценный и легко транспортируемый продукт — метанол (контракт 02.515.11.5040).

Исследователи создали малогабаритную установку, в которой метан сначала превращается в так называемый синтез-газ — смесь оксида углерода и водорода. А уже из синтез-газа на отечественном катализаторе получают метанол. Важно, что установка может работать в автономном режиме. Она сама производит всю необходимую для ее функционирования энергию, сжигая часть промышленного газа.

Не менее важно и то, что объемная производительность установки в сотни раз больше, чем у заводских сооружений для получения синтез-газа, соответственно ее размеры и масса при той же производительности на порядки меньше заводских реакторов. Это впечатляющее достижение стало возможным благодаря тому, что физтеховцы уловили аналогию в работе генератора синтез-газа и жидкостных ракетных двигателей и взяли на вооружение передовые технологические решения в этой области.

ВОДОРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Водород все активнее пытаются использовать в различных областях народного хозяйства и техники, в первую очередь в энергетике. Однако у водорода есть недостатки, главный из которых — взрывоопасность. Систематические комплексные работы по обеспечению водородной безопасности проводят в Объединенном институте высоких температур РАН (контракт 02.516.11.6029). Это неудивительно, ведь ОИВТ — один из лидеров в области водородной энергетики.

Чтобы обеспечить защиту, первым делом надо обнаружить угрозу. Специалисты ОИВТ разработали датчик водорода, который можно использовать, в частности, для контроля концентрации водорода внутри оболочки энергоблока АЭС при повышенных температурах и давлениях, в том числе и при тяжелой аварии. А что делать, если при аварии концентрация водорода быстро увеличивается? На этот случай исследователи разработали усовершенствованную модель так называемого рекомбинатора водорода, в котором он окисляется без пламени. Предел воспламенения водорода в рекомбинаторе составляет 19 объемных процентов — мировой рекорд для устройств подобного типа.

Горению водородно-воздушных смесей специалисты ОИВТ уделили особое внимание, ведь на нем основано одно из главных применений водорода в энергетике — он служит топливом в паротурбинных электрогенераторах. Проблема в том, что горение водорода может переходить во взрыв со всеми вытекающими последствиями. Чтобы этого не случилось, исследователи создали специальные химические ингибиторы.



Эта разработка нашла еще одно неожиданное применение. Ведь если водород с ингибитором невзрывоопасен, то его можно использовать в качестве наполнителя дирижаблей вместо дорогого гелия.

НАНОУГЛЕРОД ЛОВИТ ПЫЛЬ

Новые фильтрующие и сорбирующие материалы, а также носители для катализаторов на основе наноструктурированного углерода создали специалисты Института проблем переработки углеводородов СО РАН. Эти материалы отличает развитая пористая структура и высокая прочность на истирание. Поэтому они хороши для очистки газов и сточных вод предприятий от твердых частиц и органических соединений, а также для очистки продуктов химического производства от неизрасходованных реагентов. Испытания показали, что концентрация твердых частиц в газах снижается в тысячу раз, до концентрации 50 мг/м³. Используя опытную партию материала, исследователи построили установку фильтрации аэрозолей с производительностью 13 000–14 000 м³/час (контракт 02.523.12.3005).

Углеродный сорбент для очистки жидких растворов исследователи испытывали на гидрометаллургическом предприятии «Балтийская мануфактура». И вот результаты: концентрация органических веществ в сточных водах уменьшилась на 95,6–96,8%. Новый каталитический материал тоже не подвел. Его испытания на «Нижекамскнефтехиме» показали, что он очищает продукты переработки нефти от ацетиленовых соединений на 99,9% и дожигает легкие органические соединения до углекислого газа на 99,5–99,9%. Степень очистки хлорметана от четыреххлористого углерода составляет 98,3%. Предлагаемые технологии целиком базируются на отечественной технологической и сырьевой базе.

НАНОТРУБКИ И ФУЛЛЕРЕНЫ ПРОДОЛЖАЮТ РАДОВАТЬ

Углеродные наноструктуры — фуллерены и нанотрубки, а также их производные — перспективный класс соединений, который найдет применение в самых разных отраслях, от медицины до энергетики. Поэтому во многих лабораториях изучают их свойства и пытаются разработать технологические способы получения этих веществ.

Специалисты из Курчатковского института создали несколько установок

для получения и очистки углеродных нанотрубок и фуллеренов. А затем они экспериментировали с полученными веществами, в результате чего разработали методы синтеза химических производных фуллеренов, включая гидроксид-, нитро-, амино-, сульфогруппы, фтор-, хлор- и бромсодержащие фуллерены C₆₀ и C₇₀, а также галогенсодержащие углеродные нанотрубки. Исследователи получили образцы этих соединений (от 100 мг) и тщательно исследовали их. Например, они выяснили, что большинство синтезированных водорастворимых соединений этого класса биосовместимо. А это означает, что можно разрабатывать новые типы лекарств, где в качестве носителя активного вещества выступают эти соединения. Кроме того, испытания нанотрубок показали, что они способны накапливать до 1,3 масс. % водорода. Это служит неплохой основой для создания материала для устройств хранения этого газа (контракт 02.513.11.3211).

ЛЕКАРСТВО ПРОТИВ ТРОМБОЗА

Тромбоз — образование сгустков крови в просветах сосудов или полостях сердца — очень опасен: результатом может стать закупорка вен, попадание сгустка в легкое (эмболия), инфаркт или инсульт. Чтобы предупредить тромбозы, используют антикоагулянты — лекарства, угнетающие свертываемость крови. Одно из таких лекарств разрабатывают в московском НИИ физико-химической медицины.

В качестве антикоагулянта, точнее, антиагреганта — вещества, препятствующего объединению тромбоцитов, — исследователи испытали производное аминоксанта сульфоновой кислоты, то есть производное таурина, известного как биодобавка. Опыты на мышах, страдающих тромбозом, показали, что новое лекарство работает (контракт 02.512.11.2191).

Новый препарат может быть полезным в хирургии, особенно кардиологии, неврологии, при лечении обширных ожогов — во всех случаях, когда желательно предупредить свертывание крови. По результатам работы подана заявка на патент.

ТРАНСГЕННОЕ СЕРДЦЕ

Ишемия — нарушение кровоснабжения органа, приводящее к серьезным заболеваниям, из которых наиболее известна ишемическая болезнь сердца. Сотрудники Российского кардио-

логического научно-производственного комплекса в Москве (Кардиоцентра) предлагают лечить это заболевание воздействием на причину.

Давно ведутся исследования терапии инфаркта стволовыми клетками и другими клетками с большим потенциалом деления. Если использовать для этого трансгенные клетки, в которые введены гены белков — факторов роста сосудов, то кровоснабжение сердечной мышцы восстановится быстрее. Московские ученые успешно внедрили трансген в клетки человека и мыши и убедились, что синтез нужных белков идет хорошо (контракт 02.512.11.2203).

Теперь необходимо проверить, будет ли инъекция таких клеток способствовать росту сосудов (для начала — у мышей). Есть и другой вариант: трансген можно поместить непосредственно в мышечные клетки сердца, чтобы они сами синтезировали фактор роста сосудов.

БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА МОЖНО ОСТАНОВИТЬ?

Болезнь Альцгеймера — самая распространенная смертельная нейродегенеративная патология в развитых странах. В России от этого заболевания страдает около полутора миллионов человек. Длится оно от 5 до 15 лет, причем на средних и финальных стадиях больному требуется постоянный медицинский уход. На ранних же стадиях больной в состоянии вести социальную жизнь, и важно отметить, что лекарственные препараты, способные затормозить развитие болезни в ее начале, уже известны. Значит, необходимы дешевые и общедоступные диагностические системы. Такую систему разрабатывают в Институте молекулярной биологии РАН (контракт 02.512.11.2197).

Она основана на мониторинге в крови фрагмента бета-амилоидного белка, того самого, который образует амилоидные бляшки в мозгу. Метод использует хроматографию и масс-спектрометрию высокого разрешения и определяет наномолярные количества целевого белка. Его можно применять не только для диагностики, но и для мониторинга эффективности лекарств и терапии в целом.



Экологическая генетика: первые шаги

Академик РАН

С.Г.Инге-Вечтомов

Понятие «экологическая генетика» предложил английский ученый Эдмунд Форд (1901–1988), ученик Джулиана Хаксли (в традиционном написании Гексли) — одного из главных соратников и последователей Дарвина. Работы Форда о генетических процессах в природных популяциях животных начали появляться в 1920-х годах, а главный труд, посвященный этой науке, вышел в 1964 году. Сегодня экологическая генетика делает первые шаги.

Предыстория

Предысторию экологической генетики можно связать с синтетической теорией эволюции (СТЭ), которая родилась из первоначального противостояния менделизма и дарвинизма, закончившегося их объединением. Большую роль в развитии СТЭ сыграли становление генетики количественных признаков, общий прогресс молекулярной генетики, успехи генетики популяций. Важный этап ознаменовала работа С.С.Четверикова «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» (1926), указавшая на значение мутаций в создании и поддержании полиморфизма природных популяций. Тем самым была заложена основа представлений о популяции как внутривидовой единице эволюции. Возникло понимание того, что факторы генетической динамики популяций играют решающую роль, как в микро-, так и в макроэволюции.

Оба эти понятия в 1927 году ввел Ю.А.Филиппенко для обозначения эволюционных преобразований в популяциях и на надвидовом уровне. В качестве альтернативы представлениям о сводимости макроэволюции к микроэволюции Рихард (Ричард) Гольдшмидт в книге «Материальные основы эволюции» (1940) предложил представление о системных мутациях, или макромутациях, которые могли бы лежать в основе процессов макроэволюции. Эта идея не получила в дальнейшем серьезного развития и подтверждения. (Сегодня ее развивает доктор биологических наук В.Н.Стегний, заведующий кафедрой цитологии и генетики Томского государственного университета, заведующий лабораторией эволюционной цитогенетики НИИ биологии и биофизики в Томске.) Сомнения в том, что процессы макроэволюции сводятся к микроэволюции, высказывались много раз. В нашей

стране большое внимание этому направлению уделяет А.А.Жученко, организовавший первый в СССР Институт экологической генетики.

Что понимают под экологической генетикой

В настоящее время экологическая генетика сформировалась как синтетическое научное направление, вобравшее в себя закономерности и постулаты двух базовых дисциплин — экологии и генетики. Однако общепринятого представления о ее содержании до сих пор нет, и дискуссии продолжают. Это направление актуально для нового эволюционного синтеза, а именно объединения СТЭ и экологии. Очевидно, что эволюционируют не отдельные виды и их популяции, а биосфера как целое. Микроэволюционные процессы протекают в экосистемах, вовлекая в преобразования популяции взаимодействующих видов. Поэтому такие выражения, как «эволюция глаза», «эволюция конечностей» и т. п., — не более чем фигура речи, вызывающая ассоциации скорее с творчеством Сальвадора Дали, чем с реальным процессом эволюции.

Область, охватываемую экологической генетикой, можно определить как взаимодействие экологических отношений и генетических процессов и представить в первом приближении в виде таблицы, основанной на главных составляющих экологии (аутэкологии и синэкологии) и генетики (наследственности и изменчивости). Напомним, что аутэ-

кология изучает взаимодействие организмов и популяций с неживой природой, а синэкология — межвидовые взаимодействия и структуру экосистем.

Тогда мы получим следующие подразделы экологической генетики: 1) изучение межвидовых взаимодействий путем построения элементарных эколого-генетических моделей; 2) исследование биологических факторов изменчивости; 3) изучение устойчивости организмов к абиотическим факторам окружающей среды; 4) генетическая токсикология, нацеленная на выявление генетически активных факторов среды и предотвращение их влияния прежде всего на усугубление генетического груза человека.

В этой статье будет говориться о двух первых областях, как наиболее существенных с точки зрения теории эволюции (примеры связей между аутэкологией и генетикой см. в подверстке).

Эколого-генетические модели

Методов генетического анализа недостаточно для построения элементарных эколого-генетических моделей, поскольку эти методы применимы только тогда, когда у организмов (как правило, одного вида) можно выделить наследуемые элементарные признаки, точнее — элементарные различия, наследуемые по моногибридной схеме. Однако применить такой подход к анализу экологических, тем более синэкологических отношений трудно, потому что признак в экологических системах формируется как результат взаимодействия организмов разных видов. Хорошие примеры таких экологических систем — симбиоз почвенных бактерий-азотфиксаторов и бобовых растений (см. подверстку) или образование микоризы (рис. 1–4). Не менее сложно разложить на элементарные признаки взаимодействия в экосистемах между высшими

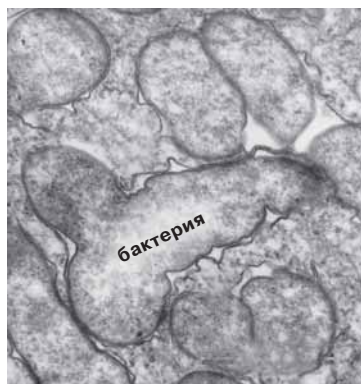
Общая структура экологической генетики

Генетические подходы	Типы экологических отношений	
	Синэкология	Аутэкология
Генетический контроль признаков (наследственность)	Эколого-генетические модели	Генетика устойчивости к факторам среды
Влияние различных факторов на генетические процессы (изменчивость)	Биологические факторы изменчивости (мутагенеза)	Генетическая токсикология

1
Клубеньки на корнях бобового растения



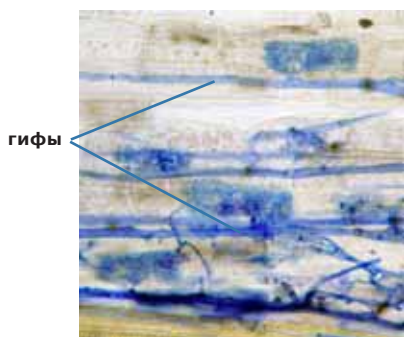
2
Электронная фотография азотфиксирующих бактерий в клубеньке



3
Микориза — взаимодействие корня растения и гриба



4
Гифы гриба иногда проникают в клетки растения. Такая микориза называется арбускулярной



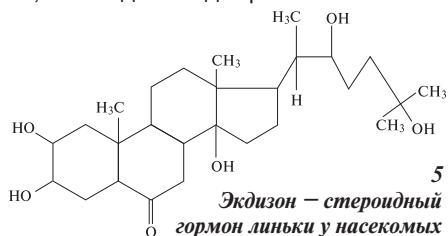
эукариотами, например грибов и высших растений с насекомыми.

Эту кажущуюся сложность можно преодолеть, если последовательно применять методологию двух составляющих экологической генетики. Во-первых, «мутационный анализ» позволяет блокировать гены, отвечающие за протекание нормальных процессов, и таким образом разложить признак взаимодействия видов-симбионтов на элементарные признаки. Для этого получают мутанты

каждого из взаимодействующих видов и смотрят, какие процессы блокируются. Во-вторых, организмы в природе образуют пищевые сети, в некоторых случаях упрощаемые до цепей, где организмы связаны как продуцент и потребитель конкретных химических соединений.

В последнем случае отдельные этапы общего пути метаболизма в экосистеме можно сопоставить с отдельными видами. Тогда изучение общего генетического контроля того или иного метаболического пути позволяет, получая мутантов у видов-симбионтов (в широком смысле слова), не только выяснять механизмы взаимодействия видов в экосистеме, но и управлять этими взаимодействиями в практических целях.

В качестве примера элементарной эколого-генетической системы приведем взаимодействие дрожжей и дрозофилы. Дрожжи в питательной для дрозофилы среде (например, гниющих плодах) кроме прочих соединений вырабатывают эргостерин. Насекомое нуждается в нем для синтеза стероидного гормона экдизона (рис. 5) — гормона линьки, необходимого для развития личинки.



У дрожжей мутанты с блоком заключительных этапов синтеза стероидов, незаменимых для дрозофилы, легко получить как мутанты, устойчивые к антибиотику нистатину. Самки дрозофилы становятся стерильными (рис. 6) при питании на таких мутантах дрожжей-сахаромицетов, а отложенные яйца не развиваются, поскольку вылупившиеся личинки погибают при первой линьке. Такие отношения между насекомыми и грибами объясняют, почему лисички не червивеют: у них в норме отсутствуют стерины, необходимые для развития личинок насекомых. А самки клопов и комаров кусают человека, главным образом, в поисках эргостерина, без которого развитие насекомых прекращается. Профессор кафедры генетики и селекции Санкт-Петербургского государственного университета Л.А.Лутова



Фото Л.А.Лутовой

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

показала, как эта элементарная эколого-генетическая модель может быть перенесена на взаимоотношения высших растений с насекомыми-вредителями сельского хозяйства и даже на взаимоотношения растений с некоторыми сапрофитными грибами, утратившими способность к самостоятельному синтезу стероидов, например фитофторой, наносящей большой урон урожаю пасленовых, например картофеля и томатов (см. подверстку).

Идеология симбиогенетики задолго до разработки эколого-генетических моделей направляет наши представления об эволюции, начиная с идеи о симбиогенетическом происхождении эукариотической клетки, впервые высказанной К.С.Мережковским и А.С.Фаминцыным. В наше время эта идея обогатилась представлениями о горизонтальном переносе генетического материала в экосистемах, порой преувеличенными, но тем не менее реально доказанными в ряде случаев. Примером могут служить представления о генетической колонизации крестоцветных растений почвенными бактериями *Agrobacterium tumefaciens* (рис. 7). «Подглядев» эти взаимоотношения в природе, современная биотехнология построила на них всю методологию генетической инженерии растений. Известны примеры горизонтального переноса генов и между высшими растениями, одно из которых — паразит, а другое — хозяин, то есть между эукариотами (см. статью Mower, Stefanovic, Young, Palmer, 2004).

Все большее внимание привлекают бактерии рода *Wolbachia* и другие близкие к ней виды — внутриклеточные симбионты или паразиты членистоногих, в

6
Без экдизона у самки дрозофилы яичники не развиваются, и она остается стерильной: слева — нормальные яичники; справа — недоразвитые



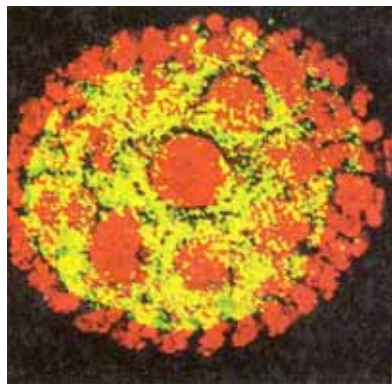


7

Генетическая колонизация растений агробактериями. Бактерия вводит в клетку растения плазмиду с Т-фрагментом ДНК. Этот фрагмент встраивается в хромосому растения и заставляет клетки делиться, образуя опухоль — корончатый галл

частности насекомых и некоторых нематод (рис. 8). Этой бактерией заражены от 20 до 70% видов насекомых, а у *Drosophila melanogaster* в зависимости от географического распределения — от 15 до 100% популяций. При этом бактерия в зависимости от собственного генотипа предпочитает дрозид с определенными митохондриальными генотипами. Чаще всего такое сожительство вызывает партеногенез, феминизацию мух с генотипом самца, гибель самцов-потомков и стерильность в скрещивании с неинфицированными насекомыми. Подобные явления принято относить к инфекционной наследственности, хотя, может быть, учитывая распространенность этого явления, правильнее было бы говорить о модификационной изменчивости. Присутствие *Wolbachia* может как увеличивать, так и уменьшать плодовитость и выживаемость дрозиды и комаров рода *Aedes*.

У паразитической осы *Asobara tabida* без *Wolbachia* нарушается оогенез. «Вылеченные», то есть обработанные антибиотиками, осы не способны продуцировать зрелые ооциты. Молекулярные механизмы этого явления неизвестны. Они как-то зависят от генов, поскольку ана-



8

Внутриклеточный паразит или симбионт насекомых и нематод — бактерия вольбахия (светлые включения) в развивающемся яйце дрозиды

логичный эффект — подавление женской стерильности благодаря инфекции *Wolbachia* — обнаружен у дрозиды (*D.melanogaster*), мутантной по гену *Slx* — *Sex-lethal* (структурный ген, кодирующий некий белок с неизвестной функцией). Несмотря на множество публикаций по взаимоотношениям *Wolbachia* и членистоногих, простые эколого-генетические модели для них еще не разработаны.

Биотические факторы влияют на наследственность

В задачи экологической генетики входит также изучение влияния среды на генетические характеристики и процессы организмов. Хорошо известно мутагенное действие некоторых абиотических факторов среды: ионизирующей радиации и химических веществ. Менее известно, что стабильность генома может зависеть от биотических факторов.

Это не только вирусы, способные переносить гены. Если в корме, которым питались личинки дрозиды, присутствуют дрожжи, вырабатывающие достаточно много холестерина, то хромосомы личинок более устойчивы к облучению рентгеновскими лучами. У них реже происходит обмен участкам и хромосом, приводящий к возникновению новых комбинаций генетического материала.

Р.И.Цапыгина и Е.В.Даев установили, что феромоны, выделяемые альфа-самцами мышей, вызывают сильный стресс у молодых самцов. При этом увеличивается частота хромосомных перестроек не только в соматических клетках, но и в клетках, проходящих процесс сперматогенеза. П.М.Бородин и его коллеги доказали, что стресс у мелких грызунов влияет и на частоту кроссинговера — обмена участками хромосом при образовании гамет. Возможно, эти явления приводят к увеличению изменчивости, хотя со временем животные способны адаптироваться к стрессовому воздействию.

Заключение

Все это представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Используя подходы экологической генетики, мы можем подавлять рост попу-

ляций насекомых и некоторых грибов — вредителей сельского хозяйства, не прибегая к химии. Тем самым мы минимизируем, в идеале исключаем, риск появления пестицидов, инсектицидов и прочих химикатов на нашем обеденном столе. Тогда защита сельскохозяйственных растений превращается из тотальной химической борьбы с видами вредителей (достаточно субъективное восприятие естественного биоразнообразия) в прицельный контроль отдельных популяций на территории, где мы возделываем соответствующую мутантную форму растительной культуры. В то же время поле соседа, который книжек не читает, позволит сохранить это самое биоразнообразие.

Кроме того, человек в результате технического прогресса стал мощным фактором эволюции биосферы, частью которой он является сам. Мы легко переселяем виды растений и животных в новые для них географические ареалы, нарушая их экологические отношения. Такие перемещаемые человеком виды-вселенцы лишаются своих привычных врагов, встраиваются в новые для них пищевые цепи и меняют направление собственной эволюции в составе новых для себя экосистем. Все это может иметь и уже имеет не только биологические, но и экономические последствия. Например, в США тратят сотни миллионов долларов на очистку Великих озер от вселившегося туда из Атлантики чужеродного моллюска — дрейссены, одного из наиболее активных компонентов обрастания судов, выпускных коллекторов и других техногенных объектов. Дрейссена обнаружена и возле ЛАЭС в Финском заливе. Рачок *Circopagis* из Черного и Каспийского моря забивает сети в Лужской губе Финского залива, нанося большой ущерб рыболовству. Методы, которые разрабатывает экологическая генетика, могут помочь в решении этих проблем, как мы это показывали на примере модельной системы «дрожжи-дрозиды» с последующим перенесением подхода на отношения: пасленовые растения — фитофтора.

Что еще можно прочитать об экологической генетике

Захаров И.А. Экологическая генетика и проблемы биосферы. Л.: Знание, 1984.

Инге-Вечтомов С.Г. Экологическая генетика. Что это такое? «Соросовский образовательный журнал». 1998. № 2. с.59—65.

Инге-Вечтомов С.Г., Лучникова Е.М. Почему лисички не червивеют, или Некоторые проблемы экологической генетики. «Природа». 1992. № 1. с. 26—32.

Публикация подготовлена по материалам доклада, прочитанного на V съезде ВОГиС в июне 2009 г.

Гены, среда, отношения



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Гены и устойчивость к среде

В аутоэкологии, наверное, проще всего найти примеры того, как мутации в определенных генах дают организмам возможность адаптироваться к окружающей среде. Например, гемоглобины с повышенным сродством к кислороду помогают освоить гипоксические среды. Такие белки есть в гемолимфе у красных личинок комаров-звонцов из семейства Chironomidae, известных рыболовам под названием «мотыль». Они, в отличие от неокрашенных форм из того же семейства, могут жить в воде, загрязненной органическими веществами и бедной кислородом, причем большое количество таких личинок при малом видовом разнообразии служит индикатором органического загрязнения. Возможно, здесь для приспособления к среде было достаточно изменения одного лишь гемоглобина.

Множество организмов живет в экстремальных условиях среды, например при высокой температуре или большом гидростатическом давлении. В этих случаях к работе в необычных условиях должны быть приспособлены их мембраны и белки, в том числе и все ферменты. Таковы термофильные археи – прокариотические организмы, которых иногда традиционно относят к царству бактерий, но в последнее время чаще выделяют в отдельное царство живой природы. Возможно, они сразу возникли при высокой температуре и им не пришлось к ней приспособливаться. Однако для глубоководных организмов подобное предположение уже не сделаешь: известно, что многие из них происходят от мелководных форм. Для того чтобы научиться жить в глубинах океана, им пришлось путем мутаций выработать белки, не денатурирующие при высоком гидростатическом давлении.

Многие растения смогли адаптироваться к засоленной почве, научившись накапливать вещества-осмопротекторы, удерживающие воду в клетках. Для этого должны были измениться их ферменты или транспортные белки. Еще один хорошо известный пример адаптации животных и растений – к температурам ниже нуля, с помощью белков-антифризов.

Важное значение может иметь изучение такого явления, как модификационная изменчивость. Этим понятием обозначают изменчивость, связанную с воздействием среды. У организмов с одина-

ковым генотипом, выросших в различных условиях, она проявляется как различия в признаках между индивидами.

Наверное, самое неожиданное проявление модификационной изменчивости – это формирование пола в зависимости от условий существования. Так, у миссисипского аллигатора пол будущего потомства определяет температура, при которой развиваются их яйца. Если она выше 34 градусов, то из них вылупляются самцы, если ниже 30 – самки, а при промежуточных температурах – и те и другие.

От условий среды могут зависеть и такие признаки, как цвет тела. Например, окраску гималайских кроликов определяет температура: при 20°C мордочка, лапы и уши у них окрашены в коричневый цвет, а все остальное тело белое. При 30°C темных участков нет. Для особей, генетически не способных вырабатывать меланин, температура не имеет значения: они белые в любом случае.

К модификационной изменчивости относится также увеличение массы и размера тела, например, при усиленном питании. Пределы, в которых изменяется значение признака, называются нормой реакции и зависят от генотипа. Это явление известно давно (укрепление мышц при тренировке было отлично знакомо древним), но его молекулярные и генетические механизмы до сих пор изучены недостаточно. При этом современное сельское хозяйство опирается именно на модификационную изменчивость сельскохозяйственных животных и растений, когда создает им благоприятные условия жизни, использует удобрения, кормовые добавки, разнообразные приемы агротехники и зоотехнии. Используется оно и в медицине, когда изучается реакция больных людей на медикаменты.

Симбиоз бобовых и клубеньковых

У бактерий и растений с помощью мутационного анализа удалось определить несколько десятков генов, необходимых для образования клубеньков, и расшифровать сложную сеть взаимодействий между ними. (В России этой проблемой занимаются во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН под руководством академика РАСХН И.А.Тихоновича.)

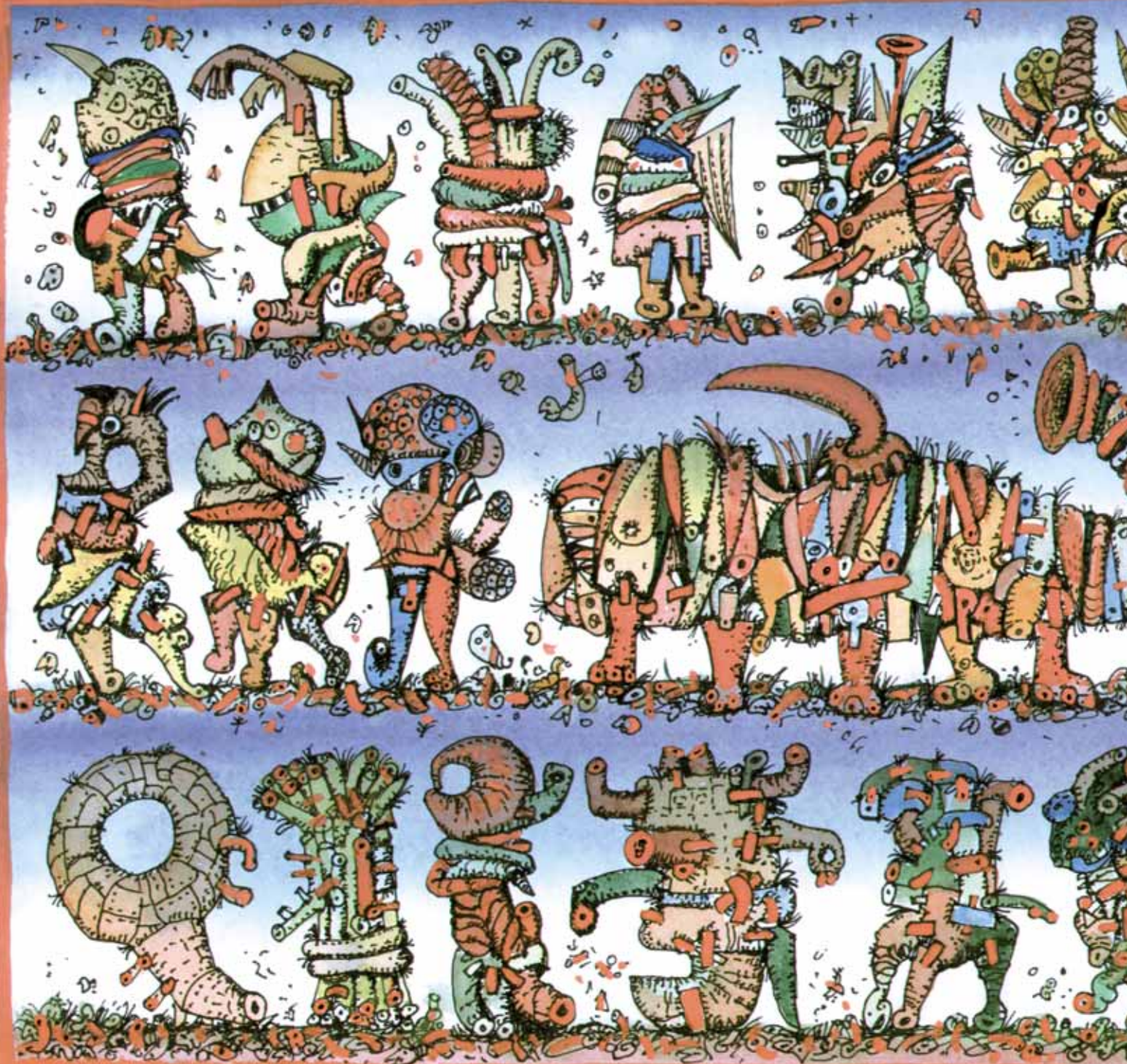
Бобовые растения выделяют в почву флавоноиды, сигнализирующие о возможности вступить в симбиоз. Белок нодД, расположенный на мембране клубеньковых бактерий, служит рецептором: он связывает эти вещества и запускает работу генов, ответственных за взаимодействие с растением. У микроба начинается синтезироваться олигосахарид нод-фактор (от английского nodule – узелок) – эффективный стимулятор деления клеток растения. Клетки корня делятся, и формируется клубенек, в котором поселяются бактерии.

Приведенная схема описывает взаимодействие очень упрощенно. У разных видов растений и бактерий флавоноиды и нод-факторы различаются, обеспечивая их узнавание друг другом. При этом центральная часть нод-фактора одинакова у всех бактерий, и соответствующие гены называются общими нод-генами. Различия между ними обусловлены дополнительными группами: сульфатными, ацетатными, карбамоильными и другими. Гены ферментов, изменяющих олигосахарид, получили название генов хозяйской специфичности.

Защита пасленовых от фитофторы

Л.А.Лутова и ее сотрудники предложили и запатентовали метод получения томатов и картофеля, устойчивых к фитофторе, у которых изменен метаболизм стерина. Для этого культуры неидентифицированных клеток растений (каллы) облучали ультрафиолетовым светом и получили коллекцию мутантов. Затем их помещали на среды с ингибиторами синтеза стерина: фенпропиморфом, фунгицидом байтаном и другими. Некоторые из мутировавших клеток выжили и дали колонии. У части этих колоний изменялся метаболизм стерина. Если на них выращивали личинок дрозофилы, то их развитие нарушалось, в отличие от колоний нормальных клеток. И самое главное, некоторые растения, полученные из отобранных таким образом культур, действительно оказались более устойчивыми к фитофторе. Так эколого-генетическая модель помогает не только расшифровывать механизмы взаимодействия между особями разных видов, но и управлять ими.

М.Б.Литвинов



Когда б вы знали, из какого сора...

Кандидат биологических наук
М.А.Шкроб

Бывает, станет любопытно, что и как в живом мире устроено. Прочтешь статью, залезешь в энциклопедию — и чаще всего поразишься изысканству, с которым Природа решает разные задачи. Воистину, будто невидимая рука управляла созданием живых организмов. Что ж, если вы проявите интерес к устройству человеческого генома, то привычной простоты не найдете. Гены, казалось бы, самый важный элемент передающейся по наследству информации, ютятся на жалких двух процентах человеческой ДНК, в то время как большая часть генома представляет собой так называемый мусор. Соотношение впечатляет!

«Мусорные последовательности», junk sequences — ненаучное, но очень распространенное название тех участков ДНК,



Художник Н. Крашнин



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

участок не представлял никакой ценности, то изменения были бы куда заметней. Раз фрагмент оказался устойчивым в эволюции, значит, он зачем-то нужен. Но зачем? Чтобы разобраться в этом, ученые решили полностью удалить интересовавший их участок из мышиной ДНК и посмотреть, что же изменится. Результат оказался абсолютно неожиданным: не изменилось ничего! Мыши, полученные в ходе такого эксперимента, ничем не отличались от контрольных собратьев. Животные прошли полную диспансеризацию, были исследованы вдоль и поперек, за ними велось тщательнейшее наблюдение, но ничего существенного, что отличало бы их от обычных мышей, обнаружено не было. Это поразительно: мало того что был удален достаточно большой фрагмент ДНК, так еще и по всем косвенным признакам, которыми руководствуются ученые при планировании эксперимента, этот фрагмент должен был иметь важную функцию! А мыши и без него прекрасно себя чувствовали и давали плодотворное потомство.

Конечно, можно предположить, что важность этого участка удастся оценить только в условиях дикой природы, где мышам никто не предоставит крова и пропитания, но все же, согласиться, есть повод задуматься.

Нет: Почему же в геноме остались ненужные участки? Неужели за миллионы лет действия естественного отбора нельзя, в конце концов, выкинуть «мусор»? Ведь копирование ДНК — энергозатратный процесс, так что копировать лишнее должно быть накладно.

Присутствие такого количества последовательностей без четкой функции можно объяснить по-разному. Во-первых, накопление «мусора» может происходить быстрее, чем уборка. Во-вторых, возможно, энергетические затраты на копирование «мусора» не столь существенны, тогда сэкономивший не получает заметного преимущества и отбор не действует. А в-третьих, мы могли поторопиться назвать эти последовательности «мусорными». И тогда нам стоит вытряхнуть мусорное ведро и повнимательней покопаться в его содержимом — не выкинули ли мы чего-нибудь важного?

Они среди нас

Взглянем поближе на одну из очень интересных групп последовательностей, относящихся к так называемому мусору. Многие и не подозревают, что в то время как человечество всеми силами пытается избавиться от вирусов, враг уже преспокойно расположился в самом нашем геноме. Причем вирусы имеют в человеческой ДНК весьма солидное представительство — они занимают около 8% всей ДНК, так что, можно сказать, человек произошел не только от обезьяны, но и в какой-то мере от вируса.

Вирусы, содержащиеся в геноме, называются эндогенными, то есть внутренними, ретровирусами (ЭРВ). Они относятся к группе ретровирусов, получившей свое имя за способность поворачивать вспять процесс транскрипции. До того как был изучен жизненный цикл этого типа вирусов, предполагалось, что единственное возможное направление передачи генетической информации — ДНК → РНК → бе-

которые не несут генов и чья функция еще неизвестна или установлена не полностью. Но разве может так получиться в мудрой Природе: большая часть генома — отбросы? И да, и нет.

Да: В сентябре 2004 года в журнале «Nature» была опубликована удивительная работа научных групп из Объединенного института генома в Уолнат-Крик и Национальной лаборатории имени Лоуренса в Беркли (США). Исследователей привлек некий участок человеческой ДНК: несмотря на то что этот участок не содержит генов, он практически в неизменном виде присутствует в геномах довольно далеких родственников Homo sapiens — мышей и крыс. Пути приматов и грызунов разошлись 80 миллионов лет назад, и если бы этот

лок. Тем не менее ретровирусам удается развернуть первый этап этой схемы в обратном направлении.

В отличие от всех клеточных организмов, у ретровирусов наследственная информация хранится в виде РНК, а не ДНК. При заражении РНК попадает в клетку, где вирусный фермент считывает с нее ДНК-копию генома. Получившийся ДНК-фрагмент затем встраивается в клеточную ДНК, после чего вирус становится полноправной ее частью (такая вирусная последовательность, встроенная в клеточную ДНК, называется провирусом). Теперь если клетка поделится, то каждый ее потомок будет содержать копию провируса.

Помимо эндогенных, в группу ретровирусов входят также экзогенные вирусы, из которых наиболее известен вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), ассоциированный с синдромом приобретенного иммунодефицита (СПИД).

Эндо- и экзогенные ретровирусы имеют разные стратегии распространения. Экзогенные ретровирусы инфицируют соматические (неполовые) клетки зараженных особей. В этом случае провирус передается потомству клетки, в которой он оказался, но не потомкам организма. ЭРВ, напротив, некогда удалось заразить именно половые клетки, в результате чего они прочно закрепились в геноме. За многие миллионы лет, прошедшие с момента внедрения в геном человека ЭРВ, большинство из них полностью утратило активность. Многие ослабли в результате мутаций, многие потеряли фрагменты генов или даже все гены. Только характерные для ретровирусов мотивы ДНК напоминают о воинственном прошлом прародителей ЭРВ.

Нам довелось стать свидетелями распространения ВИЧ в XX веке. Но это далеко не первая ретровирусная эпидемия в истории нашего вида. Многочисленные вкрапления вирусных генов в человеческой ДНК говорят о том, что вторжение ЭРВ началось десятки миллионов лет назад. Самый молодой из обнаруженных ЭРВ — вирус HERV-K113. Он был выявлен у 29% населения Земли, в основном у жителей Африки, Азии и Полинезии. География распространения HERV-K113 говорит о том, что этот вирус проник в популяцию позднее последней массовой миграции из Африки, произошедшей менее 200 000 лет назад. Этого времени оказалось недостаточно для полного угасания вирусной функции — HERV-K113 в небольшой степени сохраняет способность к горизонтальной передаче.

В здравии...

Итак, теперь мы знаем, что на 8% состоим из вирусов, ну и что нам с того? Хорошо это или плохо?

ЭРВ присутствуют в нас с момента зачатия и, как вы увидите, имеют непосредственное отношение к самому факту нашего появления на свет. Забегая вперед, скажу, что ученые нашли множество свидетельств тому, что плацента имеет вирусное происхождение.

Отвлечемся на минуту от вирусов, чтобы совершить небольшой экскурс в физиологию. Плацента представляет собой довольно занятное образование. Клетки плаценты сливаются между собой, образуя как бы одну большую многоядерную клетку, так называемый синцитий (от греч. *syn* — вместе и *cytos* — клетка). Плацента выполняет ряд важных функций, среди которых снабжение питательными веществами и вывод продуктов метаболизма, газообмен и секреция ряда гормонов, необходимых для нормального протекания беременности.

Кроме того, плацента обладает свойством подавлять иммунитет. Что же в этом хорошего? Если посадить занозу и должным образом не обработать рану, начнется воспаление — нормальная реакция на вторжение чужеродного объекта. А теперь представьте себе чужеродный объект, находящийся в организме в течение девяти месяцев и достигающий к концу этого срока размера в среднем более трех килограммов!

Именно плацента разделяет мать и плод, защищая мать от развития воспаления, а плод — от вредоносных агентов материнской крови.

Только плацентарный барьер между организмами матери и ребенка позволяет плоду расти и развиваться в стабильном климате. В материнской утробе всегда постоянная температура, питательные вещества не кончаются, продукты обмена не накапливаются и кислорода всегда хватает — здесь можно и задержаться! Задержаться достаточно, чтобы успел развиваться сложно устроенный головной мозг — признак, типичный для плацентарных животных. Чтобы очень грубо оценить возможности плаценты, сравните рекордный для птиц инкубационный период у альбатросов — 70–80 дней, с беременностью слонихи — 660 дней!

Выделим два главных для нас сейчас пункта: во-первых, плацента состоит из слившихся клеток, а во-вторых, обладает способностью подавлять иммунитет. Такая ситуация удивительным образом напоминает действие одного из ретровирусных белков — *env* (от англ. *envelope* — оболочка). Вирусы, разумеется, используют *env* отнюдь не для сохранения здоровья матери и ребенка. Подавление иммунитета позволяет им долго оставаться безнаказанными, а заставляя клетки сливаться, вирус расширяет свою производственную базу, поскольку может использовать ресурсы всего синцития.

Обнаружение вирусоподобных частиц в плаценте стало научной сенсацией. Оказалось, что ЭРВ можно найти в плаценте самых разных животных. Но что особенно интересно, в экспериментах на мышах было показано, что если подавить активность ЭРВ, то вынашивание невозможно.

Первым активным ЭРВ, выявленным в тканях человеческой плаценты, был вирус ERV-3. В 1996 году группа ученых Упсальского университета в Швеции под руководством Эрика Ларссона выяснила, что в крови каждой третьей беременной женщины имеются антитела к белку оболочки ERV-3, которые после родов исчезают. Это значит, что белок присутствует в организме только в период беременности. Вскоре после этого в культуре была доказана способность вирусного белка вызывать слияние клеток, подобное тому, что происходит при образовании плаценты. Но радость ученых длилась недолго. Уже в 1998 году французские ученые Натали де Парсеваль и Тьерри Хайдманн выяснили, что примерно у одного процента людей европеоидной расы ген *env* у ERV-3 содержит мутацию, препятствующую образованию функционального белка. Все эти люди ни за что не появились бы на свет, если бы наличие белка оболочки ERV-3 было единственным условием возникновения плаценты.

К счастью, в 2000 году одновременно группами Джона Маккоя в США и Франсуа Малле во Франции это противоречие было разрешено. Удалось обнаружить другой ЭРВ, активный в плаценте человека, — его назвали HERV-W. Белку оболочки HERV-W было присвоено имя синцитин, поскольку его функция связана с образованием синцития. Если поломка гена *env* ERV-3 не приносила заметных осложнений, то недостаток синцитина может оказаться опасным: как выяснилось, он наблюдается при некоторых патологиях беременности, например при преэклампсии (это довольно опасное осложнение связано с нарушением функции сосудов, сопровождается отеками и повышением артериального давления). В 2003 году список ЭРВ, вовлеченных в образование плаценты, пополнился еще одним вирусом — HERV-FRD.

Другой пример сотрудничества — ЭРВ борется с себе подобными, тем самым защищая от них хозяина. Если один вирус уже проник в клетку, то он, как правило, старается не допустить повторного заражения, чтобы не пришлось делиться ресурсами. В 1996 году была опубликована работа, доказывающая, что ЭРВ могут защитить клетку от ретровирусной инфекции. Британские ученые обнаружили, что клетки мышей, содержащие ЭРВ ERV-L, устойчивы к заражению вирусом

лейкемии мышей. А уже известный нам вирус HERV-W защищает клетки человека от вируса некроза селезенки.

На этих примерах видно, что за долгие миллионы лет сосуществования вирусного и человеческого генома между ними могут сформироваться партнерские отношения. С одной стороны, вирус сохраняет часть своей активности, с другой стороны, организм учится обращать вред во благо. Полезная функция, привносимая вирусом и дающая организму преимущество, закрепляется и поддерживается в процессе отбора. Поэтому если сравнить, например, ЭРВ различных приматов, вовлеченные в образование плаценты, можно увидеть, что их последовательности похожи друг на друга: в результате отбора они как бы законсервировались. А вот ЭРВ, не нашедшие своей ниши в организме, изменяются со временем куда сильнее. Мутации, накапливающиеся миллионы лет, в конце концов полностью лишают их активности, но это происходит для организма незаметно.

...и в болезни

На радостной картине одомашнивания вирусов и хотелось бы остановиться. Но к сожалению, взаимовыручка и кооперация никогда не были характерными для вирусов признаками. В конце концов, вирусы — враждебная нам форма жизни, и, внедряясь в геном, вирус в наименьшей степени стремится принести пользу человечеству, поэтому результаты его деятельности могут быть самыми разными.

Слияние геномов ретровируса и хозяина происходит в случайном месте. Это означает, что вирус может расположиться посередине какого-нибудь гена. Подобного рода события, несомненно, имели место, и не раз, в процессе образования современного генома человека. К каким последствиям это может привести, известно на примере ближайших собратьев ЭРВ — экзогенных ретровирусов. Внедряясь в гены, регулирующие клеточное деление, такие вирусы могут вызывать не санкционированное размножение клеток и образование опухолей (считается, что около 20% раковых опухолей спровоцированы инфекциями).

Кроме того, появление провируса может оказывать влияние на работу близлежащих генов. В состав провируса входят последовательности, регулирующие активность транскрипции вирусного генома, которые могут распространить свое влияние и на клеточные гены. Самый яркий пример такого события — активация гена амилазы в слюнных железах приматов. Амилаза — это пищеварительный фермент (кстати, первый из открытых ферментов), который расщепляет крахмал. У всех млекопитающих ген амилазы активен только в поджелудочной железе, а вот у приматов, и у человека в том числе, за счет того, что ЭРВ вмешался в регуляторную область гена, амилаза стала выделяться также в слюнных железах — это позволяет начать расщепление крахмала уже в ротовой полости.

Поскольку последовательности ретровирусов схожи, между ними может происходить рекомбинация — процесс, меняющий геном гораздо сильнее, чем точечные мутации. Считается, что многократное заражение ЭРВ сыграло значительную роль в реорганизации генома.

Вызывают ли ЭРВ болезни подобно своим свободноживущим собратьям? Сформулировать подробный и однозначный ответ пока невозможно, но, скорее всего, он окажется положительным. Что же за болезни могут вызвать вирусы, которые всегда с нами? На этот счет есть интересное соображение, связывающее способ заражения с типом заболевания. Может ли вирус, чей способ заражения состоит в передаче по наследству, вызывать быструю гибель хозяина? Нет, потому что хозяин должен успеть повзрослеть и оставить больное потомство. Вызывать молниеносную смерть могут позволить себе только очень заразные возбудители, которым для распространения не требуется



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

мобильность носителя. Так, например, холерный вибрион распространяется через зараженную воду. Вода выполняет все транспортные функции, доставляя бактерию к новой жертве. А вот тем вирусам, которым требуется некая активность со стороны больного, придется держать себя в узде. Вирус гриппа выждет, пока его жертва еще денек сходит на работу, невзирая на небольшой насморк, ВИЧ затаится, пока носитель не передаст его половым путем, а ЭРВ, следуя этой логике, должны скрываться еще дольше, вызывая только медленно развивающиеся болезни, болезни, которые не должны помешать носителю размножаться. Таких относительно поздно появляющихся болезней довольно много, и в данный момент ЭРВ подозреваются в сопричастности, по крайней мере, к десятку из них.

Ученые, занимающиеся теми многофакторными болезнями, которые на данный момент наиболее активно исследуются, рано или поздно натываются на присутствие ЭРВ в тканях больных людей. Следы активации ЭРВ были найдены у страдающих сахарным диабетом, рассеянным склерозом, шизофренией, системной красной волчанкой, различными видами раковых заболеваний. Улики вроде бы есть, но в каждом случае их недостаточно, чтобы доказать, что пробуждение ЭРВ было именно одной из причин, а не следствием болезни.

Интересно отметить, что в случае рассеянного склероза подозреваемым выступает уже известный нам синцитин. Получается, что белок, без которого невозможно появиться на свет, впоследствии может оказаться губительным. Выходит, что выгода от использования синцитина для регуляции образования плаценты перевесила возможные отдаленные негативные проявления — таков своеобразный компромисс между человеком и ЭРВ. Этот пример показывает, как в результате совместной эволюции система «организм — паразит» приходит в равновесие. Однако не надо забывать, что всегда есть опасность нового заражения. Так, например, бурно развивающееся направление в хирургии — пересадка пациентам органов животных (ксенотрансплантология) — может привести к передаче человеку чужих ЭРВ, которые, смешавшись с человеческими, в один прекрасный момент образуют новые вирусы с новой симптоматикой и спектром хозяев.

Итак, мы начали с того, что ЭРВ — один из типов последовательностей, относящихся к «мусорной» ДНК. На первый взгляд таковой они и кажутся, но, согласитесь, в свете всего вышесказанного называть ЭРВ мусором совсем несправедливо. Да, роль ЭРВ в эволюции и их функции пока не изучены в полной мере (что верно и для других подтипов «мусорных» последовательностей, которые здесь не рассматривались), но можно сказать наверняка, что нам еще многое предстоит узнать об этой группе вирусов, ставшей одним целым с геномом. Отношения между человеком и ЭРВ можно назвать запутанными, но речь здесь не о результате, а о процессе. Эволюция человеческого генома продолжается, и ЭРВ вносят в нее тот элемент случайности, который может и погубить вид, и вывести его на новый уровень развития.



Коммуникация животных: от стимула к символу

Кандидат биологических наук

В.С. Фридман,

биологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

*Вот розовый куст
Легко написать цветы
Листья труднее*

Сики Масаока

Научное исследование коммуникации животных требует свободы от субъективизма и антропоморфизма в описании и в объяснении поведения. Исследователь не должен гадать, пусть даже убедительно, что именно животное хочет выразить данной демонстрацией, каковы его побуждения и т. д. Поэтому описание поведения, его разделение на элементы, проверку наличия у них сигнальной функции нужно производить с той же объективностью, с какой специалист по сравнительной анатомии выделяет морфоструктуры. Верно и обратное: только выделив устойчивые поведенческие паттерны, можно затем исследовать их возможные функции, в том числе и сигнальные. Прежде чем перейти к примерам, напомним основные понятия.

«Сигнальность» и «знаковость» демонстраций: история идеи

История исследования сигналов и механизмов коммуникации животных тесно связана с историей сравнительной этологии. В отличие от других поведенческих дисциплин (зоопсихологии, сравнительной психологии, физиологии высшей нервной деятельности), сравнительная этология, во-первых, анализирует именно видоспецифическое поведение, то есть самые жесткие, стереотипные, четко дифференцированные элементы последнего, во-вторых, кладет «морфологический» подход к поведению в основу своего метода.

Первыми здесь были учителя Конрада Лоренца — немецкий орнитолог, создатель этологического метода Оскар Хейнрот и английский биолог-эволюционист Джулиан Хаксли (Лоренц стажировался у него в 1920-е годы). Они попытались выделить в изменчивом поведении возбужденного животного (во время сексуальных или агрессивных взаимодействий) элементы, которые были бы столь же четки, дискретны и характерны для вида, как морфоструктуры. Лоренц легко вос-

принял эти идеи; недаром его первым научным руководителем был Фердинанд Хохштеттер, специалист по сравнительной и систематической морфологии, а также сравнительной эмбриологии позвоночных.

Оскар Хейнрот ввел представление о значимых элементах поведения — демонстрациях и ритуалах как специфических структурах, выделяемых в потоке деятельности животных, существенных для участников взаимодействия и допускающих «морфологическое» либо функциональное описание в той же степени, что и «обычные» морфоструктуры. Это был полный разрыв этологии с традиционным пониманием поведения животных как внешнего проявления «привычек», «инстинктов», «душевной деятельности» и иных эвфемизмов для обозначения психического. Он позволил этологам изучать сигнальные системы разных видов животных так же объективно, как лингвисты изучают языки. От традиционного же «психологического» понимания поведения (которое сохранили сравнительная психология, зоопсихология и физиология высшей нервной деятельности), этологи стремились всячески отмежевываться.

В 1911 году Хейнрот определил этологию как изучение «языка и ритуалов» животных, объединенных им в понятии «система коммуникации». Затем Джулиан Хаксли ввел понятие ритуализации, показав, что социальное поведение животных координируется с помощью сигналов, символизирующих определенную форму поведения, которая должна последовать за данной демонстрацией. Иначе говоря, демонстрация побуждений и намерений животного превращается в знак, указывающий на возможности развития поведения обоих участников.

Для Хаксли, Хейнрота и их общего ученика Лоренца это означало «презумпцию сигнальности» демонстраций. Всякое выразительное движение животного (то есть «демонстрация» в обычном смысле слова) этологи рассматривали как потенциальный сигнал. Дальше следует естественное предположение, что «сигнальность» прямо пропорциональна стереотипности, фиксированности и демонстративности действий. Иначе зачем животному так коверкать и вычурно исполнять движения гнездостроения, агрессии, кормления, бегства и т. п., как не для того, чтобы подать сигнал партнеру? (Закрепление «коверканого», «вычурного», слишком шаблонного исполнения действий, происходящих из сферы повседневной активности, их необычное комбинирование друг с другом в комплексы как раз и составляет суть процесса ритуализации, превращающего действие в демонстрацию. Дальше мы рассмотрим примеры таких комплексов движений.)

Когда требуется не сигнал, а реакция — нападение или бегство, спаривание или оборона, прямые действия много эффективнее демонстраций. Последние из-за своей «неестественности» могут показывать только готовность к определенному поведению, тем самым побуждая партнера сделать свой «ход» — выбрать из репертуара брачных или агрессивных демонстра-

1
Демонстрации ухаживания «dip-shaking» и «bob-shaking» у водоплавающей птицы западной поганки очень сходны, но имеют отличия в ключевых моментах, в начале и конце. Этого достаточно, чтобы их визуальные образы четко различались. (Из: Nuechterlein C., Storer R., «Condor», 1982, т. 84. □ 4)

Dip-shaking



Bob-shaking





ватные и неспецифические ответы ведут к остановке и срыву взаимодействия.

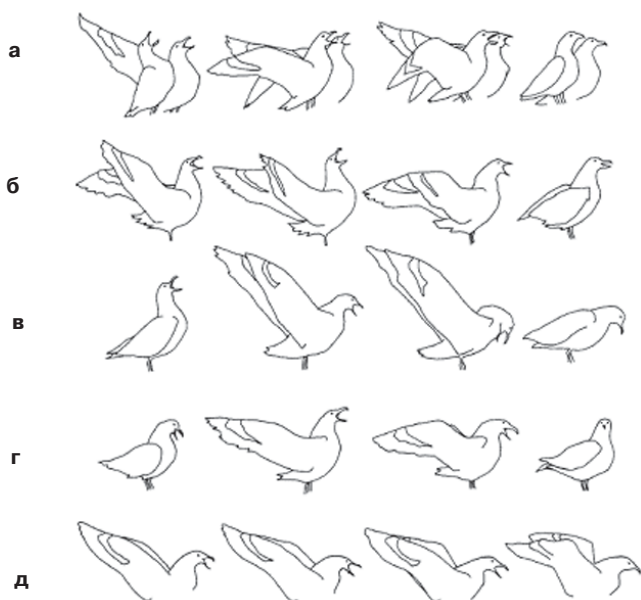
В чем заключалась сущность этологического подхода к выделению элементов поведения, обладающих потенциальной сигнальностью? Представим себе человека, на которого оказывают давление, требуя согласиться с чем-то неприятным: он нервно барабанит пальцами по столу, а затем, приняв решение, складывает из пальцев символическую фигуру, обозначающую отказ. Предполагалось, что в поведении животных можно точно так же выделить непрерывную последовательность реакций, обозначающих только возбуждение (аналог постукивания пальцами) и особые дискретные комплексы движений — демонстрации, которые, будучи продуктом ритуализации, по Хаксли, символизируют намерения участников «диалога». Их реакция на эти «символы» увеличивает предсказуемость поведения каждого и взаимно координирует поведение обоих. А это и есть цель коммуникации.

Важную роль в развитии этого направления сыграла работа Хейнрота, посвященная демонстрациям у разных видов утиных: выяснилось, что они строго видоспецифичны и имеют столь четко определенные формы, что наблюдатель (а значит, и другая птица того же вида) узнает каждую из них столь же безошибочно, как анатом — морфоструктуры. Затем Лоренц в посвященной Хейнроту работе 1941 года «Сравнительное исследование демонстраций утиных» показал, что сходство форм демонстраций отражает филогенетическую близость видов, и наоборот, чем более родственны виды друг другу, тем больше в их видовых репертуарах гомологичных демонстраций, различающихся лишь отдельными «оттенками» исполнения. Далее, у близких видов подавляющее большинство демонстраций с одним и тем же «смыслом» гомологичны или вообще тождественны по форме. Это позволяет говорить о том, что дивергенция (расхождение) близких видов одного рода или семейства сопровождается дивергенцией «словарей» видовых демонстраций. У неродственных видов репертуары демонстраций представлены в основном негомологичными сигналами.

Однако незначительные (с точки зрения наблюдателя!) различия между демонстрациями остаются устойчивыми, независимыми от колебаний состояния животного, если они важны для правильного восприятия другим животным. Это относится и к разным демонстрациям одного вида, и к гомологичным демонстрациям у разных видов.

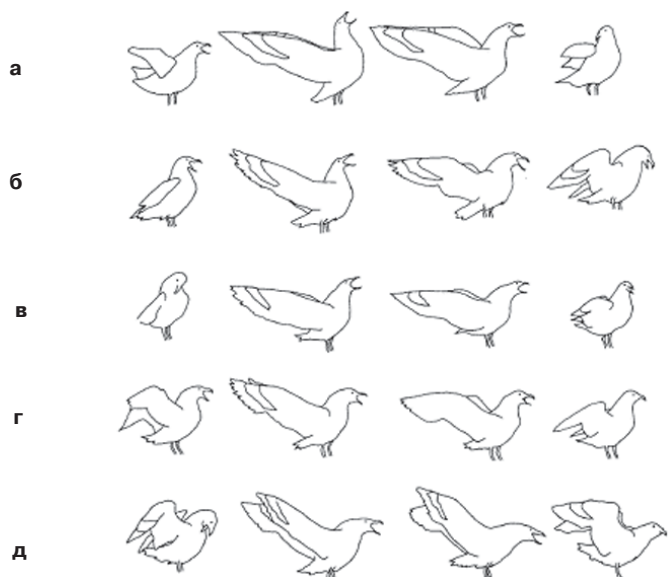
Такие характерные отличия можно наблюдать у западной поганки *Aechmophorus occidentalis* (рис. 1). Демонстрации «dip-shaking» и «bob-shaking» обе используются во время ухаживания, их выразительные движения весьма сходны. Отличаются только порядок элементов и некоторые движения в ключевых моментах — в начале и конце демонстрации. «Dip-shaking» включает плескание водой в начале и позу с низкой шеей в конце, «bob-shaking» — нет. Это и делает их семантически различными сигналами: они обозначают разные степени преодоления взаимной агрессивности партнеров (а она неизменно присутствует в начале ухаживания, так же как и стремление к бегству) и разные возможности сближения.

Отметим, что птицы могут исполнять обе эти демонстрации также вне контекста образования пары — при агрессии и в дру-



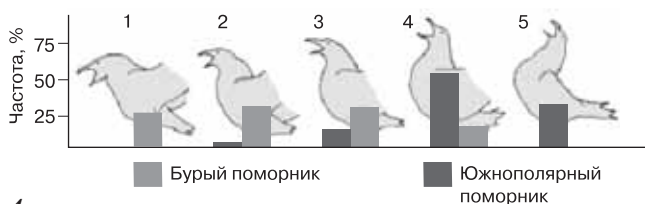
2

Долгий крик у видов-двойников антарктических поморников: южнополярного...



3

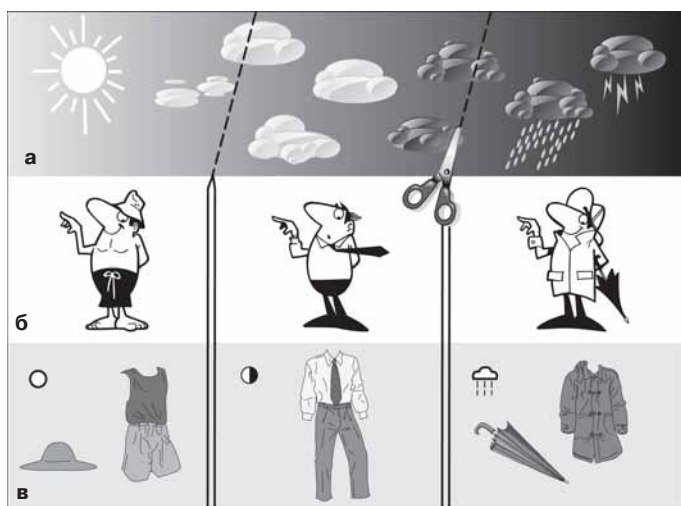
...и бурого поморника (а–д — разные птицы, прорисовки по кадрам фильма). Индивидуальная изменчивость не уничтожает общевидового облика демонстрации



4

Между «долгими криками» двух видов поморников сохраняются устойчивые различия: 1–5 — последовательные фазы долгого крика, столбики внизу — частота встречаемости у того и другого вида. (По: Pietz P., «Condor», 1985, т.81)

ций «ответную». Первый партнер, в свою очередь, ответит на этот ход своим, и таким образом взаимодействие будет продвигаться к определенному исходу — победе одной особи и поражению другой, успешной копуляции и т. п. (Важно, что демонстрации не могут понудить партнера к чему-либо напрямую, как понуждает удар, клевок или иное прямое действие.) Неадек-



5
«Расчленение мира» для задач коммуникации. Погода изменяется плавно и непрерывно (а). Концептуализация — расчленение этого континуума на элементы: выделены значимые стадии изменений погоды, которые требуют по-разному одеваться (б). Именованье (в) — обозначение элементов средствами семиотической системы (пиктограммами)

гих обстоятельствах, связанных с ростом возбуждения. Но тогда все «молекулы поведения» намного менее устойчивы. По мере подъема возбуждения особи видна сеть переходов между действиями повседневной активности и вычурными, экстравагантными движениями демонстраций, при спаде возбуждения — обратные переходы. Когда же демонстрации используются в специфическом контексте ухаживания, то есть как коммуникативные сигналы, — переходы не видны совсем. Стереотипное исполнение каждой демонстрации организовано таким образом, что одна сменяет другую скачком, как кадры слайд-фильма, и переходов не наблюдается, оно «подчеркивает» границы, отделяющие формы демонстраций друг от друга и от «фона» — несигнальной активности.

Межвидовые различия демонстраций показаны у двух видов-двойников антарктических поморников — южнополярного поморника *Catharacta maccormicki* и бурого поморника *C. lohnbergi* (рис. 2, 3, 4) — на примере «долгого крика». Эта демонстрация многофункциональна, как, например, песня у воробьиных птиц. Для особей своего пола, с которыми конкурируют за партнера, она означает угрозу и стремление доминировать, для потенциального партнера — готовность поухаживать, для «нейтральных» особей — это сигнал, сплывающий чаек в «клубах» и других группах. «Долгие крики» у обоих видов сходны, но между ними есть и четкие, устойчивые различия, как в целом, так и на каждом из пяти этапов: южнополярный поморник отклоняет корпус гораздо дальше назад и (или) вверх. Межиндивидуальная изменчивость «долгих криков» у обоих видов достаточно велика, но никогда не затрагивает видоспецифичных признаков. С другой стороны, стереотипность исполнения не ликвидирует и даже не уменьшает индивидуальную и ситуативную изменчивость — такое просто невозможно. Главное, что не изменяются дифференцирующие характеристики сигналов — те особенности, по которым различаются сигналы близких видов, как в примере с поморниками, или формы разных демонстраций ряда, как у поганок на рис. 1.

Дискретно и дифференцированно

В примере со складыванием кукиша наличие переходов между элементами сигнального ряда не препятствует выделению отдельных демонстраций. Точно так же непрерывность мотивационных состояний не только не препятствует дискретности элементов демонстраций, но даже требует ее, если те функционируют как сигналы. В примерах, рассмотренных в предыду-

щей главе, половое возбуждение у демонстрирующей птицы нарастает плавно, однако демонстрации дискретны.

Вообще для коммуникации, то есть обмена сообщениями, несущими информацию, необходимо расчленение внешнего мира средствами некоторой семиотической системы (см., например: А.Н.Барулин, «Основы семиотики», 2002). Так, погода меняется непрерывно и плавно, но мы выделяем в этих изменениях значимые стадии и подбираем для них обозначения — «ясно», «переменная облачность», «дождь», будь то слова или пиктограммы в прогнозе погоды, изображающие солнце, тучку и т. п. (рис. 5). На основании такого сигнала другой человек может принять решение о том, как ему одеться перед выходом из дома. (Очевидно, что семиотическая система должна быть обшей для приемников и передатчиков сигнала.)

Если вернуться к коммуникации животных, то плавно меняющиеся мотивации можно сравнить с плавным изменением погоды, а демонстрации — с введением «обозначений», информирующих о состоянии животного. Континуум поведенческих характеристик животного или значимых деталей ситуации (предмет общения) дробится на конечное число дискретных уровней (означаемое), каждый из которых выражен собственным сигналом. Поведение особи-демонстратора должно разделиться на дискретные структуры — «сгустки» непрерывного потока активности, они же фиксированные комплексы действий, с дальнейшей ритуализацией каждого из них.

Так, у озерных чаек, которых исследовал Нико Тинберген, есть диагональная и распластанная позы угрозы, между которыми присутствуют всевозможные переходы. Киносъемка чаек показала, что в большинстве ситуаций нападения и бегства, во-первых, сами позы встречаются чаще, чем переходные движения, во-вторых, обе позы и переходы между ними — намного чаще, чем незавершенные попытки демонстрации поз. А главное, даже при наличии переходов позы отличаются вероятностями атаки и бегства оппонента после их предъявления — вторая влечет атаку с большей вероятностью. Иначе говоря, существуют два уровня реагирования оппонента, соответствующие первой и второй позе.

Другой пример: суслик Белдинга *Spermophilus beldingi* реагирует на потенциальную опасность тремя типами звуков — трелями, чириканьем и свистами. Трели, серии коротких, быстро следующих друг за другом звуков, суслик чаще всего издает в ответ на появление наземных хищников (в экспериментах — человека, собаки, чучел длиннохвостой ласки и американской норки). Одиночные чириканья и свисты чаще сопровождают появление пернатых хищников. Однако более детальный анализ показывает, что свистом обозначается всякое резкое движение, сильно пугающее животное, трелью — то, что пугает не очень сильно, неподвижная или, во всяком случае, контролируемая опасность. Чириканье же — переходный сигнал (1984, работы Д. Легера и соавторов).

Крайне существенно, что эти три типа сигналов, маркирующие три разные уровня беспокойства животного (о которых суслики «считают нужным сообщить» другим особям в группировке), устойчиво отделены друг от друга только тогда, когда они предупреждают об опасности. Однако тот же самый трелевой сигнал издают самцы сусликов после копуляции. Непосредственная причина этого — обычный для ухаживания конфликт между сексуальностью, страхом перед самкой и агрессией по отношению к ней, когда непосредственно перед копуляцией и во время нее уровень страха максимален. Но трели после копуляции употребляются с совершенно иным «синтаксисом» — они статистически достоверно отличаются от тех, что сигнализируют об опасности, меньшим числом элементов и большей длительностью каждого элемента, причем между двумя типами сигналов практически нет переходов. Кроме того, трели неспецифически маркируют высокое возбуждение животных — но в этом случае изменчивость сигнала настолько широка, что перекрывает оба «чистых» типа трелевого крика, и предупреждающий, и посткопуляторный, причем преобладают переходные формы.

Таким образом, мы убедились, что эффективная коммуникация требует специфических элементов поведения. Даже если в исходном поведении животного соответствующие поведенческие паттерны не разделены, то в контексте общения их приходится разделять.

Примеров, подтверждающих это заключение, сегодня известно гораздо больше, чем можно перечислить в популярной статье. Исследование демонстраций в рамках заложенной Хаксли идеи «сигнальности» и «знаковости» демонстраций оказалось весьма плодотворным (как писал продолживший их традиции Лоренц в «Оборотной стороне зеркала»). С одной стороны, были показаны дискретность и дифференцированность демонстраций — животное устойчиво воспроизводит определенные формы, как будто огоньком сигареты чертит фигуры в темноте, и эти «фигуры» демонстраций четко выделяются на фоне континуума несигнальных движений. Так, демонстрации угрозы у десятков исследованных видов птиц оказались дискретными и дифференцированными — градуальных сигналов не обнаружено. (Это было показано в обзоре П.Харда и М.Энгвиста по демонстрациям ритуализированной угрозы у птиц в Canadian J. Zool. (2001).) С другой стороны, установлено, что формы демонстраций, которые животное воспроизводит устойчиво и стереотипно, в самом деле имеют коммуникативное значение — именно на них ориентируется другое животное, корректируя свое поведение, а не, допустим, на изменения дистанции между особями, взаимной ориентации, интенсивности проявлений неритуализованной агрессии и т. п.

Рассказать подробно о каждом из этих исследований нет возможности, отметим лишь один важный момент. Коммуникация считалась доказанной, если реципиент изменял свое поведение под воздействием сигналов партнера при конкуренции за ресурс малой ценности. Например, в работах Энгвиста и соавторов приведены результаты наблюдений за глупышами *Fulmarus glacialis*, оспаривающими потроха пинагора у мест, где выбрасывают рыбные отходы. Если ресурс не слишком важен, у животного есть выбор: продолжать борьбу или отказаться. Таким образом, этот ресурс делается пробным камнем, позволяющим выявить социально обусловленную разноразличность особей. Это показывает, что истинная ценность коммуникации — не в ресурсе как таковом, а в выстраивании оптимальных отношений с компаньонами.

Знак и стимул в коммуникации животных

Возникает естественный вопрос: а как передается коммуникативный эффект? И тут есть две возможности. Первая — передача через обмен воздействиями. В этом случае сигналы будут стимулами, которые в классической этологии называют специфическими или знаковыми. Действуя на реципиента, они «принуждают» его к той ответной реакции, которая необходима на следующем этапе, реакция, в свою очередь, побуждает первого партнера к повышению стимуляции и т. д. — в результате действия партнеров становятся скоординированными. Подобное использование стимулов описывается в диалоговой модели коммуникации классических этологов, получившей название «модели ключа и замка». Стимул в этой модели называется релизером — калька немецкого *Auslösung*: «высвобождение, срабатывание». Действие релизера высвобождает адекватный и специфический двигательный ответ реципиента, который тот выдает произвольно, автоматически, даже если он в это время занят чем-то другим, скажем, предъясвляет свою демонстрацию. В другом варианте релизер может высвобождать несколько разных (альтернативных) ответов, каждый со своей вероятностью. Например, уже упоминавшиеся демонстрации озерных чаек — позы горизонтальная и распластанная, — обе вызывают как атаку, так и бегство партнера, но атака в ответ на вторую встречается чаще. Так или иначе, свобода выбора реагирования у обоих особей, и демонстрирующей, и воспринимающей, предельно ограничена, они



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

могут или специфически отвечать на релизер, или «сопротивляться» ему, нарушая соответствие между стимулом и реакцией.

Если же набор демонстраций ухаживания, угрозы, предупреждения об опасности и т. п. — это система знаков, а дифференцированные сигналы соответствуют набору ситуаций взаимодействия, то они действуют исключительно информацией. И эта информация позволяет выбрать ответный сигнал таким образом, чтобы события развивались в направлении, более выгодном для данной особи, чем для ее оппонента. В этом случае свобода выбора у особи максимальна. С одной стороны, реципиент использует полученную информацию для корректировки собственной модели поведения там и тогда, где это необходимо именно для него (не обязательно сейчас). С другой стороны, сигнал не зависит от состояния обеих особей — передающей и принимающей, и поэтому воспринимается независимо от уровней испуга, агрессии и т.п.

Когда сигнальный эффект воздействия демонстраций передается стимулами, он информирует об уровне мотивации реципиента. Поэтому такие сигналы в англоязычной литературе получили название *motivational signals* (сигналы намерений и состояния животного). Когда же сигнальный эффект передается знаками, используется название *referential signals*. Эти сигналы имеют внешнего референта (адресата) и передают информацию о важных ситуациях взаимодействия или объектах внешнего мира (виды корма, типы опасностей). Информация закодирована в дискретных, дифференцированных, специфических формах сигналов, значение которых не зависит от контекста (один и тот же сигнал всегда означает одно и то же). Это было продемонстрировано в исследованиях 90-х годов (P.Marler, Ch.S.Evans, J.Macedonia, D.Blumstein), благодаря которым у самых разных видов позвоночных были обнаружены функционально референтные сигналы (*referential signals*), они же категориальные сигналы, они же сигналы-символы в нашей классификации. Они как раз и представляют собой знаки (и символы), передающие информацию идеального характера.

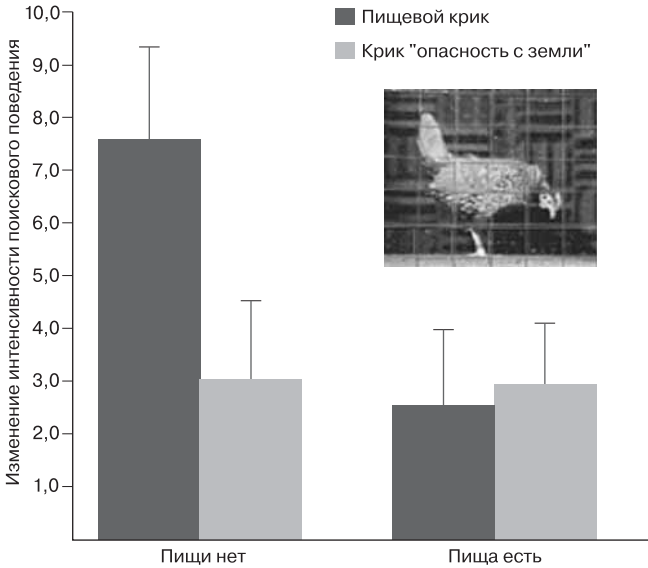
В изящных экспериментах Кристофера Эванса с коллегами, выполненных в 1990-е годы, было показано, что подобный сигнал информирует именно о категориях внешней опасности (о типе пищи, о форме угрозы и т. д.), а не о субъективном уровне возбуждения особи. У домашних кур описаны три сигнала — «опасность с земли», «опасность с воздуха» и пищевой крик. Сигналы четко дифференцированы, «промежуточные» звуки не отмечаются даже у сильно возбужденных птиц. Это позволяет предположить, что все они передают информацию об определенных ситуациях внешнего мира, которую адекватно воспринимают другие куры. Чтобы подтвердить или опровергнуть это предположение, нужно было проверить реакцию особей, которые сами не могут видеть опасность или корм — то есть им приходится полагаться именно и только на сигналы.

Для этого были поставлены две серии опытов, в которых курам проигрывали записи изучаемых криков. В контрольной серии (половина всех повторностей, выбранная случайным образом) проигрывание пищевого крика или крика «опасность с земли» предваряли выдачей зерна, причем птице давали возможность кормиться. В экспериментальной серии те же крики про-

игрывали в том же порядке, но им не предшествовала выдача зерна, то есть птицы ничем не были мотивированы «правильно» реагировать на тот и другой крик. Реакцию на сигнал оценивали по среднему времени поискового поведения в секундах (вертикальная ось на рисунке), при котором птица характерным образом меняет позу, опуская голову к земле (рис. 6). Понятно, что возможность высматривать хищника и реагировать на его появление при этом ограничена. Поисковое поведение после сигналов сравнивали с таким же поведением в период до сигналов и оценивали приращение либо уменьшение.

Некоторый уровень пищевой активности у курицы есть всегда. Однако пищевой крик усиливает ее у голодной особи — птица «доверяет» пищевому сигналу, что надо тщательней искать именно здесь, хотя это может быть опасно из-за потери бдительности. Сытые птицы не так охотно реагируют на пищевой крик (то есть здесь нет «автоматической» реакции, подобной той, что вызывают релизеры). Тревожные сигналы не влияли на пищевое поведение ни у сытых, ни у голодных кур. Таким образом, пищевой сигнал действительно передает конкретную информацию: «здесь может быть еда, ищите лучше». А чтобы исследовать реакцию птиц на сигналы тревоги, нужны другие параметры — интенсивность осматривания, затаивания и т. п.

Предшествующие исследования тех же авторов показали то же самое и в отношении обоих «тревожных криков». Так, у цыплят домашней курицы специфическую реакцию затаивания и бегства вызывает не только крик «опасности с воздуха», но и стилизованное изображение ястреба — силуэт с широкими крыльями, короткой шеей и длинным хвостом, который двигают над цыплятами. Реакция на такой стимул была исследована еще в классических экспериментах Лоренца — Тинбергена. Эванс и соавторы повторили ее (1993), используя компьютерную анимацию движения «хищника» с разной скоростью и на разной высоте. В обоих случаях оборонительная реакция имела место, когда модель напоминала ястреба, и отсутствовала, когда ее двигали в противоположную сторону (тогда она напоминает утку — длинный «хвост» может быть интерпретирован как «шея»). Для нас сейчас существенно, что цыплята не только бежали при предъявлении «ястреба», но также издавали крик «опасность с воздуха» (именно и только этот), и лишь в том случае, когда находились в группе — но не в одиночку. Следовательно, с помощью этого крика они не выражали собственные побуждения, а использовали сигнал именно для информирования других членов сообщества, позволяя им выбирать соб-



6
Сигналы-символы в действии: информирование о ситуации у домашних кур (из работы К.Эванса с соавт., 2007). Черные столбики — изменения интенсивности поискового поведения после проигрывания пищевого крика, белые — после крика «опасность с земли». На фото — поза поиска, которую принимает курица в ответ на пищевой крик именно при отсутствии подкрепления (то есть когда ничто не побуждает искать корм, кроме этого крика)

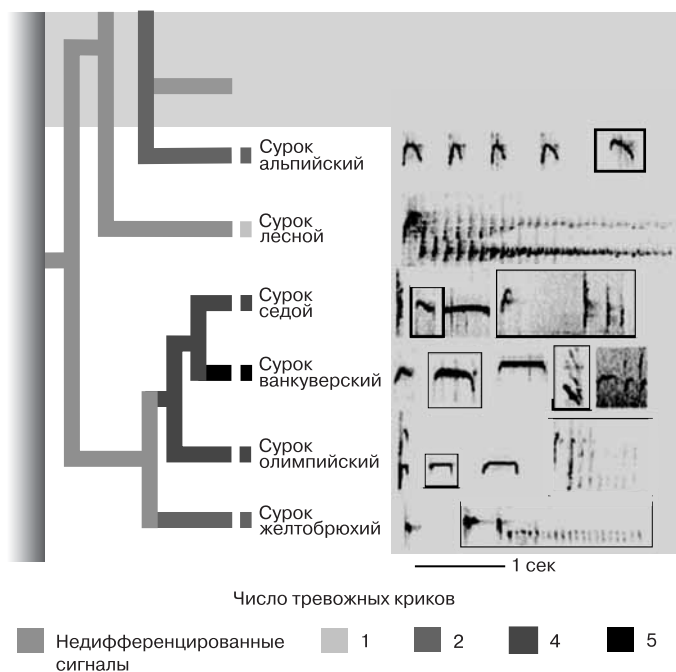
ственную стратегию поведения, которая будет зависеть от их личных «обстоятельств». Например, нехватка корма заставляет особь больше рисковать — она отреагирует на сигнал не так поспешно. Аналогичные результаты были получены и для приматов, в исследовании сигналов предупреждения об опасности у кольцехвостых, или кошачьих лемуров *Lemur catta*.

В других экспериментах у цыплят вырабатывали условную связь между нейтральным стимулом (красный свет) и появлением корма. После выработки условного рефлекса красный свет вызывал пищевой сигнал, свет иной длины волны — нет. Другой пример: у цыплят «система левого глаза» и «система правого глаза» выполняют различные функции. Первая отвечает в основном за пространственную локализацию удаленных объектов, вторая — за категоризацию объектов, например распознавание корма. Когда цыплятам проигрывали крик «опас-

Сигналы-символы и сигналы-стимулы

Параметры для сравнения	Сигналы-символы (referential signals)	Сигналы-стимулы (motivational signals)
Тип сигнальной системы	Дифференцированная: формы разных сигналов ряда противопоставлены друг другу	Недифференцированная: разные элементы сигнального ряда связаны переходами
Независимость от контекста (наличие свободного значения сигнала)	Высокая или полная	Отсутствует или низкая
Означающее сигнала	Сигналы дифференцированных ситуаций взаимодействия, требующих разрешения через выбор «наилучшего» из возможных ответов	Сигналы состояния или намерений животного
Специфичность ¹ в продуцировании сигналов	Высокая или полная	Низкая или отсутствует
Специфичность восприятия разных классов ситуаций ²	Высокая или полная	Низкая или отсутствует
Содержание сигнальных сообщений (что передается)	Информация идеального характера, о возможностях развития процесса и о разном уровне эффективности/риска при реализации этих возможностей, то есть об оптимальной корректировке прежней модели поведения	Информация о материальных событиях следующего «шага процесса», будь то состояние животного или демонстрации, отражающие состояние, то есть о мощности поведения в следующий момент при условии продолжения прежней модели
Биологический смысл	Позволяют прогнозировать изменения поведения оппонента и/или течения процесса в целом, которые пока не ощущаются непосредственно	Дают возможность лишь опережающего реагирования на непосредственно ощущаемые изменения ситуации

¹Сигнал издается только на появление тех элементов мира, которые должны быть им «обозначены», и ни на что иное.
²Система дифференцированных сигналов животного соответствует дифференцированным ситуациям, и это соответствие не нарушается, даже если меняются уровни общего возбуждения участников.



7
Система сигналов, предупреждающих о различных опасностях, возникла у сурков в ходе эволюции. Филогенетическое древо рода *Marmota* построено по поведенческим (молекулярным) признакам. Для каждого вида показан репертуар сигналов. Прямоугольники — различные типы сигналов: видно увеличение их числа при переходе от более древних видов к молодым

ность с воздуха», они пытались рассмотреть объект именно в верхней части поля зрения и именно при помощи левого глаза.

Существует множество доказательств тому, что сигналы-символы не зависят от контекста и соотносятся только с определенными категориями значимых событий внешнего мира животного. В книге Д.Чини и Р.Сифарта (Cheney D.L., Seyfarth R.M., «How monkeys see the world: Inside the mind of another species», 1990) рассмотрен пример с мартышками верветками, чей «язык» сейчас активно исследуется. Вербетки издают один и тот же «крик орла» и когда воздушный хищник так далеко, что может интерпретироваться лишь как «тревожный», но не «опасный» объект, и на самых последних стадиях его атаки, когда кричащие особи почти не имеют шансов спастись. Если бы крик маркировал определенный уровень опасности (связанный с появлением того, а не иного хищника), сигналы были бы резко различными.

Упомянутые выше кольцехвостые лемуры устойчиво реагируют криком «опасность с воздуха» на любое появление пернатых хищников и криком «наземная опасность» на появление хищных млекопитающих. Те и другие «обозначаются» своим специфическим сигналом независимо от того, где относительно опасности находится сам лемур — на земле или на ветках, и от того, как меняется скорость приближения хищника. Наконец, характер тревожного крика у цыплят зависит скорее от признаков потенциально опасного объекта, нежели от дистанции до этого объекта и, следовательно, от того, как данная особь оценивает опасность для себя.

То же самое показали знаменитые опыты Р.Сифарта и Д.Чини с зелеными мартышками *Cercopithecus aethiops*. Адекватность и точность реагирования мартышек на сигнал об опасности определенного рода («орел», «змея», «леопард») полностью определяется тем, насколько соответствует акустическая структура данного крика некоторому «идеальному типу», который все особи этого вида распознают как сигнал с соответствующим «значением», а не просто «шум».

Именно сигналы-символы оказываются самым специализированным видом коммуникативных сигналов, вершиной эволюции сигнальных систем в конкретных филогенетических ветвях.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Так, у более примитивных, ранее сформировавшихся видов сурков (более длинные «ветви» филогенетического древа) есть единственный тревожный крик, который информирует лишь о том, что кричащая особь испытывает беспокойство, тогда как у более молодых видов появляются дифференцированные типы сигналов (рис. 7).

Еще раз подчеркнем, что по содержанию сообщений сигналы-символы противопоставляются сигналам-стимулам: первые информируют о ситуации извне, в которую втянуты особи, вторые о субъективной оценке напряженности ситуации самой особью. Сигналы-символы информируют партнера, а не воздействуют на него «здесь и сейчас». Сигналы-стимулы только воздействуют на реципиента, а не информируют его; причем сила и специфичность воздействия связана с уровнем мотивации и специфичностью мотивационного состояния особи, как и предполагают классические этологи (таблица 3). Наконец, действие первой категории сигналов связано с механизмом информирования, специфическим именно для сигналов, а второй — с механизмом стимуляции подобного подобным, которому подчиняются любые действия, обладающие некой выразительностью, а совсем не одни демонстрации.

Подходящего русского аналога названий *referential signals* и *motivational signals* пока не существует. Ж.И.Резникова в своей книге («Интеллект и язык животных и человека: Основы когнитивной этологии», 2005) использует дословный перевод «категориальный сигнал». Нам кажется более подходящим по смыслу термин «сигналы-символы». В этом случае сохраняется то противопоставление сигналам-стимулам, которое существенно в любом исследовании роли сигналов как специализированных посредников в информационных обменах внутри сообщества.

К настоящему времени известно множество примеров коммуникативных взаимодействий, о которых можно уверенно сказать, что мы имеем дело с сигналами-символами, а не стимулами. Но это тема для отдельной статьи.

(Продолжение в следующем номере)

Что еще можно почитать о коммуникации животных

Сайт Кристофера Эванса (C.S.Evans), где можно найти описания его работ по коммуникативным сигналам птиц: <http://galliform.psy.mq.edu.au/>.

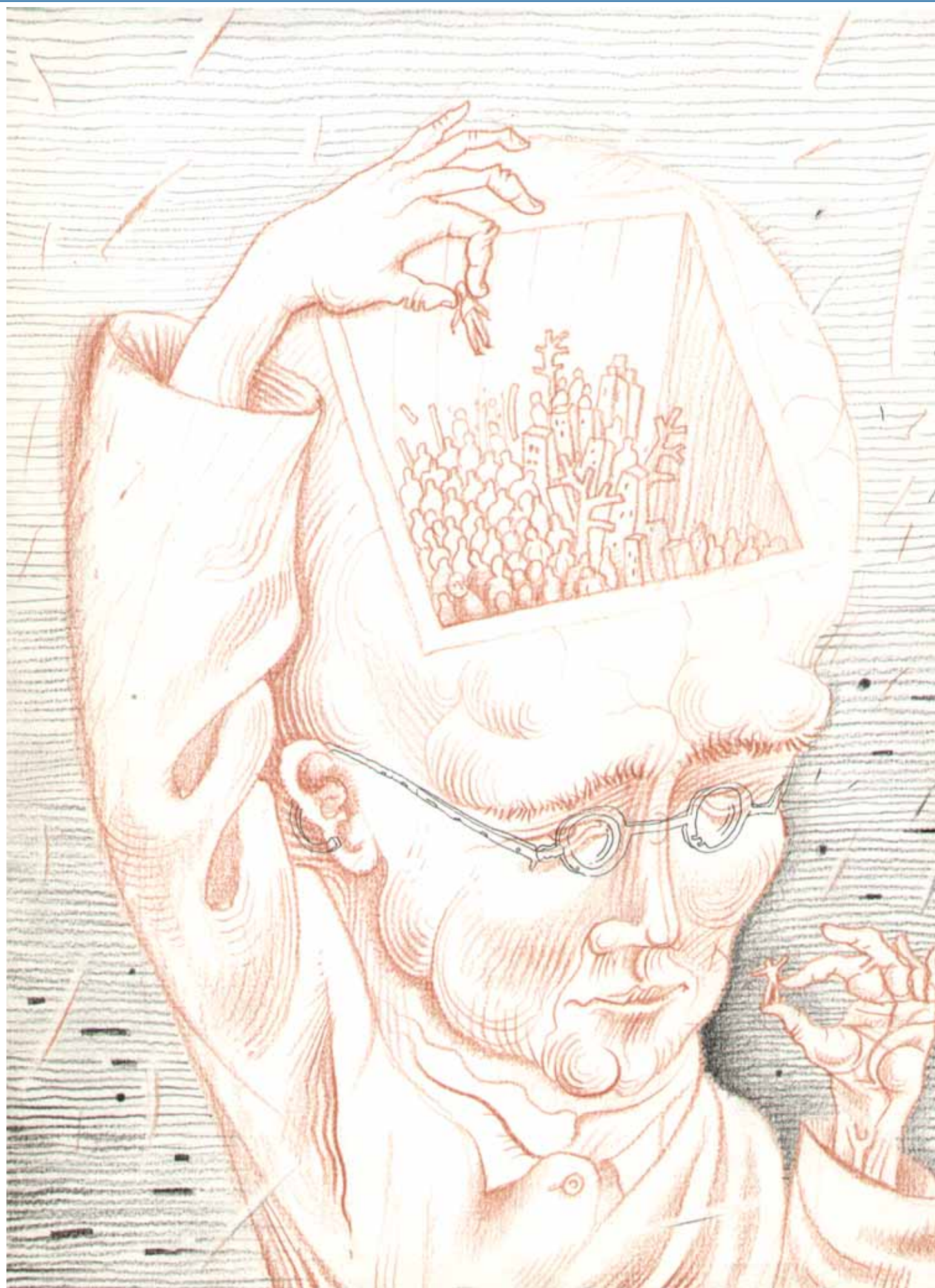
The Animal Communication Project (<http://acp.eugraph.com/>).

З.А.Зорина, И.И.Полетаева, Ж.И.Резникова. Основы этологии и генетики поведения. М.: изд.-во МГУ, Высшая школа, 2002 (<http://groh.ru/gro/zorina/zorina.html>).

Е.А.Гороховская. Этология: рождение научной дисциплины (<http://www.ethology.ru/lib/goro/?p=2.3>).

В.С.Фридман. Хронологическая таблица «История идей сравнительной этологии» (<http://www.ethology.ru/library/?id=312>).

Marc D. Hauser. The Evolution of Communication. The MIT Press, 1997.



Вспомнить всё

Кандидат химических наук

В.В. Благутина

Сегодня признано, что у нас несколько видов памяти, отвечающих за разные виды информации.

Даже, казалось бы, неделимые автобиографические события, составляющие нашу индивидуальность, задействуют для хранения несколько систем памяти, сложно взаимодействующих друг с другом.

Сейчас исследованием этой области занимаются нейропсихологи и нейрофизиологи, которые с помощью магнитно-резонансной томографии получают послойные снимки головного мозга и сочетают эти данные со сложным тестированием испытуемых. Нашу память пытаются не только разложить по полочкам и типам, но и понять, какую роль в процессе запоминания играют различные участки мозга. Впрочем, еще пятьдесят лет назад это была довольно скучная область науки.

Виды памяти

В середине 50-х годов XX века никто и не думал делать память предметом исследования. Обучение понимали как приобретение и углубление ассоциации между «стимулом» и «ответом». Если человек что-то забыл, то это значило, что ассоциации ослабли.

Потом в когнитивных науках* произошла революция, которая изменила очень многое. В том числе оказалось, что память может быть сознательной и бессознательной. В свое время еще Зигмунд Фрейд говорил о бессознательной памяти, но это не имело отношения к физиологии мозга. Бессознательная память — это память о событиях, которые влияют на то, что мы знаем и делаем сегодня, но этого не осознаем. Например, когда вы слушаете кого-то или что-то читаете, то опираетесь на те знания, которые получили в прошлом о языке, смысле слов, грамматических конструкциях, правилах, позволяющих сформулировать или понять отрицательные и вопросительные фразы и т. д. Память помогает понимать речь собеседника, но разве мы отдаем себе в этом отчет? Когда мы вспоминаем нежные слова, которые кто-то шептал нам на ухо много лет назад, то делаем это сознательно, но когда эти же слова мы слышим в первый раз, то задействуем свою память автоматически. Ту память, которую сегодня называют бессознательной, или неявной.

Разделение памяти на сознательную и бессознательную важно потому, что только после этого ученые смогли обнаружить, что существуют разные системы памяти. В 60-х годах XX века Эндель Тулвинг (университет Торонто) обнаружил, что, если испытуемого попросить вспомнить слова, связанные с событиями прошлого, у него это получается хуже, чем если он автоматически вспоминает слова на эту тему. В 1970 году Тулвинг высказал идею, что существуют две системы долговременной памяти: семантическая (все наши познания об окружающем мире) и эпи-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

зодическая (включает факты, пережитые лично). Последняя — единственная, которая позволяет нам сознательно вспомнить прошлый опыт и «путешествовать во времени». Кстати, сегодня доказано, что за эпизодические воспоминания и за планирование будущего отвечают одни и те же участки мозга. Эпизодическая память есть только у человека.

Сегодня теория эпизодической памяти признана всеми, а Тулвинг считается ее отцом-основателем, но когда-то вокруг нее было много споров. Правда, психологи довольно быстро приняли термин «эпизодическая», но только как описание определенной информации. А идея, что может существовать отдельная система памяти, ответственная за ее хранение, вызвала активный протест. Даже когда в конце 80-х годов Э.Тулвинг привлек нейропсихологические методы и получил снимки мозга, все равно скептиков оставалось предостаточно.

Дело в том, что открытие новой формы памяти нельзя сравнить с открытием нового элемента или сорта орхидеи, поскольку память не существует в чистом виде. Это как иммунная система, которую можно определить только по отдельным внешним параметрам. После многих экспериментов, в том числе и с людьми, потерявшими память, неопровержимые доказательства новой теории были все-таки получены. Например, был пациент К.С., случай которого вошел в учебники по медицине: после травмы мозга при автомобильной аварии он полностью потерял эпизодическую память. Тем не менее у него остались хорошие общие знания, хранящиеся в его семантической памяти. Этот пациент блестяще иллюстрировал новую теорию, которая постепенно стала общепризнанной.

Надо подчеркнуть, что речь идет именно о системах памяти. Ведь это сложно организованные ансамбли взаимодействующих участков мозга и нейронных связей между ними. В течение долгого времени ученые думали, что единственное место в мозгу, где размещается память, — гиппокамп. Об этом свидетельствовали исследования нейропсихолога Бренды Милнер и ее коллег из Монреальского университета в 1950-х годах. Сегодня мы знаем, что гиппокамп совершенно необходим для некоторых типов памяти, но не для всех. Например, если бы гиппокамп действительно отвечал за всю память, то дети с ранним поражением этой зоны не могли бы ничему научиться и ничего вспомнить. У них действительно фиксируют нарушение эпизодической памяти, но в школу они ходят, как все остальные дети, учатся читать, писать и считать. Получается, что для семантической памяти гиппокамп не так важен.

Недавние исследования подтвердили, что предлобный участок коры головного мозга и его теменная часть участвуют в семантической и эпизодической памяти, но каждая по-своему. Пока невозможно уточнить их роль в этом процессе, известно только, что какие-то части этих областей задействованы в обеих системах памяти. Описаны случаи, когда пациенты потеряли память после поражения именно этих зон, а не гиппокампа.

*Когнитивная наука — совокупность наук о познании — приобретении, хранении, преобразовании и использовании знания.



1
Организация памяти

Очевидно, что не существует единой памяти и единой сети памяти. Есть многие сети, которые обслуживают разные типы памяти (эпизодическую, семантическую), различные задачи (распознавание, вспоминание), процессы (кодирование, поиск) и разные типы информации (слова, лица). Теменная и предлобная области — составляющие этой сети. Это действительно сложно, как и сама память, механизм действия которой ученые еще не до конца понимают.

Впрочем, сегодня память разделяют даже не на два типа, о которых до сих пор шла речь, а на пять (схема 1). Чаще всего память классифицируют по длительности хранения информации — на кратковременную и долговременную. Кратковременная память хранит информацию очень недолго. Если информация важна, то она проходит некоторые фильтры и переходит в долговременную память. (Механизм этого процесса — отдельная сложная тема, которой мы даже не будем касаться. Скажем только, что помимо разных областей головного мозга, в фильтрации и переводе полученных данных на длительное хранение участвуют нейромедиаторы и гормоны дофамин и норадреналин. Кстати, именно поэтому эмоционально окрашенная информация запоминается лучше.)

Долговременную память делят на семантическую, эпизодическую, процедурную и перцептивную. О первых двух мы уже поговорили и еще вернемся к ним. Процедурная память — это наши «умения» в самых разных сферах, хранилище инструкций, согласно которым мы совершаем то или иное действие: завязываем шнурки, играем в теннис, водим машину. Она как-то связана с эпизодической памятью, поэтому если в результате травмы повреждаются соответствующие участки мозга и у пострадавшего пропадают эпизодические воспоминания, то и научиться его что-то делать гораздо труднее. Но уж если человек чему-то научился и это отложилось в процедурной памяти, то он обычно не забывает полученных навыков. Словами объяснить этот вид знаний очень непросто. Перцептивная память напоминает нам об увиденном, о звуках, запахах, прикосновениях — обо всем, что к нам пришло через органы чувств.

Может быть, самое интересное сегодня — это понять, как же взаимодействуют между собой разные системы памяти. Возможно, что эпизодическая произошла от семантической в процессе эволюции. Ведь эпизодическую память ученые частично наблюдают, например, у соек, которые припрятывают пищу и точно помнят, куда что спрятали. Возможно, когда-нибудь ученые скажут, что именно эпизодическая память когда-то стала поворотной

точкой в эволюции. Ведь только человек может четко вспомнить прошлое и планировать будущее.

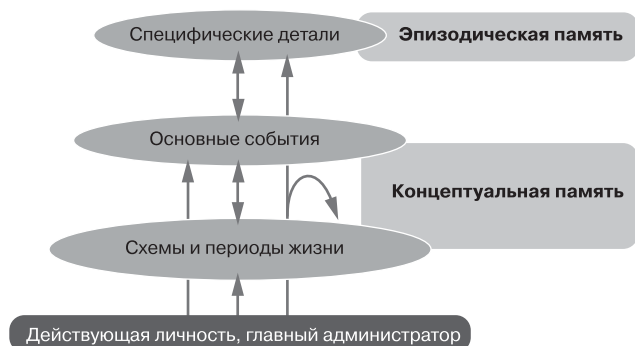
Автобиографические воспоминания – суть нашей личности

Как наша память формирует нашу личность? Философы и психологи давно обсуждают этот вопрос. Например, в 1890 году американский философ и психолог Уильям Джеймс одним из первых определил личность как взаимодействие памяти с собственным прошлым: нет личности без возможности вернуться в прошлое. Сегодня принято считать, что личность — это автобиографическая память (персональный опыт и знания, полученные в течение жизни), то есть то, кем мы были, кто мы есть сегодня и кем мы можем стать. Эта автобиографическая память также присуща только человеку.

Когда мы вспоминаем что-то из своей биографии, то активизируется целая сеть, расположенная в коре головного мозга. Поэтому любое нарушение в этой сети (например, при травме) вызывает нарушения наших личных воспоминаний вплоть до полного их исчезновения и потери личности. Сегодня, после 30 лет исследований в этой области, известно уже довольно много.

Сначала надо сказать, что автобиографическая память неточна. Исследования показывают, что она может быть почти точной, частичной или вообще неправильной. Она всегда фрагментарна и, конечно, не имеет ничего общего с фотографией, видео и прочими точными изображениями. В 1981 году американский психолог Ульрих Найссер провел эксперимент, ставший хрестоматийным. Он

2
Автобиографическая память



сравнил воспоминания Джона Дина (пресс-атташе президента Ричарда Никсона, который был известен феноменальной памятью) с записью их разговоров в Белом доме. Оказалось, что Джон Дин правильно передавал общий смысл разговоров, но вовсе не их точное содержание. Затем многие другие исследования также подтвердили, что человеческая память предназначена для того, чтобы запомнить и потом извлечь общий смысл, а не детали.

В 1990-х годах, исходя из клинических случаев и результатов экспериментальной психологии, британский профессор Мартин Конвей предложил новую концепцию автобиографической памяти, которая сильно отличалась от предыдущих представлений. Уже было известно, что автобиографическая память ба-

зируется на двух составляющих — на эпизодической памяти (события) и семантической памяти (знание мира). Новая концепция предполагала, что автобиографические воспоминания — это сложная умственная реконструкция, управляемая двумя взаимодополняющими принципами: соответствия и когерентности. Когда мы восстанавливаем воспоминание, оно должно как можно лучше отражать наш реальный опыт — это принцип соответствия. С другой стороны, по принципу когерентности оно должно быть в согласии с нами, то есть с остальными воспоминаниями и с нашим видением самих себя.

С точки зрения этой теории каждое воспоминание — результат баланса между соответствием и когерентностью. Слишком точное соответствие вызовет чрезмерно детализированные и живые воспоминания, которые отвлекут наше внимание, познавательные и эмоциональные ресурсы. В крайних таких случаях, например в состоянии посттравматического стресса, нежелательные детали всплывают в сознании и заставляют человека снова бурно переживать ужасное событие. Наоборот, слишком когерентные воспоминания могут привести к построению фантастического прошлого и к созданию личности, не базирующейся на пережитом опыте, вплоть до ложной личности. Например, пациенты, страдающие шизофренией, одновременно вспоминают нечто подтверждающее их психоз (принцип когерентности) и что-то другое, противоречащее их представлениям (принцип соответствия). В норме автобиографические воспоминания хорошо сбалансированы и вносят свой вклад в наше комфортное самоощущение, позволяя возвращаться в прошлое и планировать будущее.

Идея о том, что автобиографические воспоминания не просто сложены в памяти, а представляют собой умственные построения, стала довольно популярной. Получается, что воспоминания формируются при каждом обращении из разного типа информации, управляемой разными отделами мозга. Из этой конструкции выныривает осознанное чувство повторного переживания прошлого.

Вернемся немного назад. В 1988 году «основоположник» эпизодической памяти Тулвинг обнаружил, что автобиографическая память обращается к двум типам информации: к эпизодическим воспоминаниям и концептуальным знаниям. Эпизодические воспоминания воссоздают специфические моменты жизни, например день свадьбы. В них всегда присутствуют детали чувственного

Забывать о калориях – сохранить память

Согласно работам немецких неврологов, менее калорийная пища способствует лучшей памяти. Ученые исследовали пятьдесят здоровых добровольцев в возрасте около 60 лет. Одна их часть должна была уменьшить потребляемые калории на 30%, другая добавила к рациону 20% ненасыщенных жирных кислот, которые так часто рекомендуют для хорошей работы мозга (растительное масло, рыба), а третья продолжала жить как раньше, не меняя своих привычек. Через три месяца все испытуемые прошли тест на память: надо было запомнить максимум слов из 15 и повторить их через полчаса. Тесты показали, что результат первой группы был в среднем на 20% лучше, чем у двух других. Это наглядно свидетельствует о том, что главное — умеренность во всем.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

восприятия, например визуальные впечатления. Эпизодические воспоминания всегда воспринимаются с определенной точки зрения: мы или наблюдаем, то есть видим себя со стороны, или участвуем в воспоминании как актеры (я вижу папу, который сердится и грозит меня наказать).

В 2000 годах нейропсихологи

доказали, что концептуальные знания, напротив, состоят из схем и обезличенных воспоминаний. Самые абстрактные — схемы, это общие представления о себе: я настоящий, люблю поесть и т. д. Обезличенные представления касаются долгих конкретных периодов с началом и концом (когда я учился в университете, жил в Санкт-Петербурге, работал в таком-то институте и т. д.). Они связаны тематически, а не выстроены во временном порядке. Мы их называем «периоды жизни». Они ассоциированы с другим типом персонального концептуального знания — «главные события». Это специфические воспоминания, которые случились один раз (мои каникулы в Крыму) или повторялись (выходные, когда я был подростком) и утратили яркость каждого отдельного события. Для экономии память оставляет только схематическое представление о них.

Получается, что когда мы переживаем сходный опыт, то это откладывается не в эпизодической, а в концептуальной памяти, а отдельное событие больше не записывается как таковое. Происходит процесс «семантизации» знания — «вспоминаю» переходит в «знаю», и точка зрения актера меняется на точку зрения наблюдателя. Однако несмотря на эту тенденцию к схематизации эпизодических воспоминаний, некоторые из них, особо важные для нас, все-таки сохраняют свою эпизодическую природу.

Что происходит, когда мы вспоминаем автобиографические события? Как они выстраиваются из разных типов эпизодической и концептуальной информации? В каком-то контексте мы можем вспомнить что-то невольно и спонтанно. Но в большинстве случаев это направленный процесс — выстраивание, контролируемое администратором (нами), или как это называют психологи «работающей личностью» (схема 2). В зависимости от нашего состояния в данный момент времени мы даем доступ к тому или иному воспоминанию, причем работающая личность определяет, какое воспоминание извлечь. Она может дать доступ к какому-то периоду жизни (когда я преподавал в школе), которые в свою очередь вызовут общие воспоминания (собрания), и они уже могут отсылать к деталям специфических воспоминаний (неприятная встреча).

Роль работающей личности особенно хорошо видна у людей, страдающих депрессией. Они одинаково плохо могут вспомнить и позитивные, и негативные эпизоды, а кроме того, дистанцируются от положительных эпизодов и видят их как зрители, а не как участники. У таких больных автобиографическая память чаще «отказывает в дос-

тупе» к эпизодической памяти, чем к концептуальным знаниям. Что это означает? А то, что две составляющие автобиографической памяти, даже если они тесно связаны между собой, могут быть разделены и существовать отдельно.

Что же происходит на уровне головного мозга? Чтобы узнать, какие участки там активируются, пока человек вспоминает свою автобиографию, было проведено много исследований. Людей просили вспомнить факты из прошлого с помощью ключевых слов, фраз или фотографий. Оказалось, что автобиографическая память задействует обширную сеть участков головного мозга. С характерной асимметрией слева (левое полушарие активируется больше) она затрагивает лобную долю, височную, гиппокамп и задние области. Эта сеть вовлекает и средние структуры головного мозга. Чем ярче воспоминания, тем симметричнее активируются доли обоих полушарий.

Оказалось, что не все воспоминания одинаковы. Период ранней юности, который чрезвычайно важен для построения и поддержания личности, возбуждает области, скорее связанные с концептуальными знаниями (внутренняя поверхность височной доли, с асимметрией слева). В общем, сегодня можно утверждать, что гиппокамп в большей степени активируется при эпизодических воспоминаниях, а височные доли — скорее отвечают за воспоминание общих событий, то есть концептуальных. С помощью специальных приемов можно проследить даже последовательность активации различных областей. Сначала, во время воссоздания воспоминаний (стратегический процесс и доступ к концептуальным знаниям), задействуется предлобная область и височные, потом, через 10–20 секунд, наступает очередь гиппокампа и задних областей.

Все описанные исследования проводили на здоровых людях. Но есть еще один способ ответить на интересующие нейropsychологов вопросы — исследовать пациентов с разными нарушениями мозговых функций. Они подтвердили, что поражение лобной или височных долей, задних областей или связей между ними нарушает автобиографическую память вплоть до ее полной потери. Свой вклад внесли исследования пациентов с болезнью Альцгеймера (она затрагивает среднюю часть височной доли, гиппокамп и задние части) и болезнью Пика (при ней разрушаются преимущественно лобные доли головного мозга). И те и другие плохо вспоминают эпизоды, но сохраняют концептуальные знания о себе. В первом случае трудности с эпизодическими воспоминаниями были вызваны нарушениями в гиппокампе, а во втором случае — нарушениями в лобной области. Эти пациенты еще могут ответить на вопрос «кто я?», но не могут вспомнить прошлое и мысленно пережить его. Более того, они не способны представить себя в будущем. Иначе говоря, они теряют свою личность.

Все исследования подчеркивают одно: прошлое и будущее в основном строятся на автобиографических концептуальных знаниях, а не на эпизодических воспоминаниях. Эпизодические воспоминания составляют очень небольшую часть информации, хранящейся в памяти. Большинство их довольно быстро стирается (по данным психологов, человек мало что может вспомнить уже через неделю после того, как с ним что-то случилось), если они не окрашены яркими эмоциями. И все же они, хоть и редко, очень важны, ведь именно они

позволяют нам почувствовать, кем мы были, кто мы есть, кем мы будем и могли бы быть.

Старость без склероза

Для пожилых людей, которые играют в бридж (подобные клубы очень распространены в Европе), его сложные правила не представляют никакой проблемы. Зато игроки легко забывают, что делали на прошлой неделе, как зовут случайного знакомого или что они собирались купить в магазине.

Когда мы стареем, не все наши воспоминания стираются одинаково. Мы всю жизнь помним, как кататься на велосипеде — эти знания сложены в бессознательной памяти, которая не требует вспомнить точно период обучения, чтобы восстановить автоматические навыки. А вот эпизодическая память, которая складывает информацию, касающуюся личных пережитых воспоминаний, ослабляется с возрастом. Ведь ей надо извлечь кодированную информацию, хранящуюся у нас в голове. Только поняв, почему эта

память работает менее эффективно у пожилых людей, ученые смогут помочь им не забывать важные вещи.

Большинство исследователей считает, что ухудшение эпизодической памяти могло бы быть следствием функциональных изменений, которые затрагивают не хранение, а кодирование и извлечение информации. Одним из первых, кто обратил внимание на слабость кодирования, был Фергюс Крейк из университета Торонто. Многими экспериментами он доказал, что пожилые люди испытывают затруднения при «спроектированном кодировании» — том, которое учитывает связи между запоминаемой информацией и привязанными к ней контекстными деталями. Эта гипотеза вошла в модель, описанную в 1972 году Робертом Локартом (тоже из университета Торонто): существует иерархия в уровнях обработки информации. Самый поверхностный уровень — это анализ физических признаков стимула, а более глубокий — анализ семантического аспекта слов, то есть их смысла. Стойкость воспоминания будет зависеть от глубины анализа. Чем глубже анализ, тем прочнее, сильнее и дольше мы помним факт.

Пожилые люди не только с трудом запоминают, но и медленнее, чем молодые, вспоминают информацию, которую они выучили ранее. Опять же по Фергюсу Крейгу, им трудно запустить эту операцию в мозгу. Это показывают самые разные методы. Ответы всегда лучше, когда их просят распознать информацию, представленную ранее среди прочей, чем если их просят вспомнить о чем-то с подсказкой (хотя она тоже работает, если по смыслу связана с запоминаемым словом). Хуже всего ответы без всяких подсказок. В общем, сегодня все данные говорят о том, что пожилые люди, вспоминая что-то, скорее обращаются к автоматическому процессу извлечения и контекстуальной информации. Их ответы базируются на схожести информации, что менее эффективно, чем сознательно обращаться к эпизодической памяти.

Ученые придумали много моделей, пытаясь объяснить трудности кодирования и извлечения информации в процессе старения. В 1986 году Фергюс Крейк предположил, что причина — уменьшение внимания, а его действительно надо немало для кодирования и восстановления информации. Десять лет спустя появилась следующая теория,

согласно которой замедляется обработка информации. Это замедление имеет два разных механизма. Первый — механизм ограниченного времени: познание сильно замедляется, поэтому мозг просто не успевает полностью реализовать все операции, необходимые для того, чтобы хорошо вспомнить информацию. Время, потраченное на первые операции запоминания, слишком велико, поэтому последние выполняются плохо или вообще не выполняются. Согласно второму (механизм одновременности), из-за того, что новое обрабатывается медленно, уменьшается количество информации, которое может быть глубоко обработано одновременно. Как следствие, на последние этапы познавательного процесса не только останется меньше времени, но они уже будут манипулировать информацией заведомо плохого качества, а значит, потом она окажется малодоступной.

Последняя гипотеза Роберта Веста (университет штата Айова): с возрастом уменьшается эффективность исполнительных функций, которые участвуют в иницировании, планировании, реализации и контроле моторной и познавательной деятельности.

Поскольку эти модели в общем не противоречат друг другу, в 2000 году Николь Андерсон и Фергюс Крейк разрабо-

тали обобщенный каскадный сценарий возрастного ухудшения памяти. При старении значительно меняется предлобная часть коры головного мозга: уменьшается объем, метаболизм, нейротрансмиссия, кровообращение и количество дофамина в лобной коре. Из-за этого не хватает ресурсов для обработки информации, внимания, ухудшаются кодирование и восстановления из эпизодической памяти. К этой нейропсихологической модели ученые обращаются все чаще, поскольку она позволяет многое объяснить в затухании познавательных функций.

Несмотря на то что деградация памяти — совершенно нормальный процесс, она очень тревожит пожилых людей и мешает им в повседневной жизни. Сегодня многие исследователи предлагают программы тренировок, которые после нескольких сеансов улучшают память или внимание. Направлены они обычно на воображение или лучшую организацию познавательного процесса. Все техники довольно полезны и примерно одинаково эффективны, но поскольку каждая из них имеет свою направленность, есть смысл использовать их вместе.

Методики улучшения памяти

Техники мысленного изображения

Суть всех этих методик в том, чтобы улучшить кодирование информации — мозг должен лучше обрабатывать то, что надо запомнить.

Интерактивное изображение

Надо придумывать воображаемые картины, объединяющие две и больше информационных единицы, которые предстоит запомнить. Чем абсурднее картинки, тем они ярче, а значит, их легче вспомнить. Исследователи из Стокгольмского Каролинского университета обучали таким образом группу пожилых людей. Их просили вообразить картинки, содержащие слова, которые предстояло запомнить. Например, чтобы запомнить слова «трубка» и «рыба», можно представить себе рыбу, курящую трубку. После курса обучения все участники лучше запоминали список конкретных и абстрактных слов, в том числе серии цифр. Последнее очень важно, учитывая, какое количество кодов (от входной двери, банковских, номера телефонов) каждому из них приходится помнить.

Ассоциация имени — лица

Эту методику разработал в 1980 году Давид Мак-Карти из университета штата Орегон (США). Характерные черты лица мысленно ассоциируют со словом. Например, надо запомнить фамилию Садовничий. Надо превратить фамилию в слово «сад», потом опреде-

лить часть лица, которая будет ассоциироваться с придуманным словом. Пусть это будет борода, которая примет вид сада. В тот момент, когда это будет нужно, человек вспомнит бороду и то, что она похожа на сад, и это станет подсказкой для фамилии. Методика эффективна, но в обычной жизни не очень проста, поскольку требует больших познавательных усилий.

Методика мест

Ее придумал грек Симонид с Кеоса в V веке до н.э. Античные ораторы широко ею пользовались, чтобы вспомнить фразы из речи в правильной последовательности. Слова, которые необходимо запомнить, надо ассоциировать с хорошо знакомым местом. Представляем, например, свою квартиру, и точно определяем пункты в ней, по которым мы будем перемещаться. Потом связываем каждый пункт (комнаты, кухня) со списком слов в правильном порядке.

Это абсурдное использование ассоциации между местом и нужным словом позволяет провести семантическую или эмоциональную обработку информации и таким образом лучше разместить ее в памяти. Многочисленные авторы исследований подтвердили, что методика места улучшает запоминание слов и у пожилых, и у молодых людей.

Стратегии организации запоминания

Они состоят в том, чтобы сгруппировать слова, которые надо запомнить, по семантическому смыслу или создать эпизодические связи между ними. В

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

момент воспоминания часть информации запускает извлечение остальных выученных слов.

Семантическая организация

Как уже сказано, слова группируют по их принадлежности к одинаковым семантическим категориям. Например, пожилым людям предлагают список слов, состоящий из названий рыб, одежды, овощей, фруктов. Сначала они должны вспомнить всех рыб, потом предметы одежды, названия овощей... Впрочем, этот прием многие используют и в повседневной жизни, чтобы запомнить, что надо купить.

Иерархическая организация

Предметы организуются по принципу: от самых общих до специфических. Если опять взять пример с покупками, то, используя эту технику, сначала надо сгруппировать средства для ухода за домом, куда будут входить: мыло, стиральный порошок, губки...

Придумывание историй

Эта методика используется часто и спонтанно. Придумывается история со словами, которые надо запомнить. Происходящие в ней события — это указатели на закодированные слова. Метод довольно эффективен, поскольку рассказ, безусловно, запоминается лучше, чем набор слов. Более того, когда придумывается рассказ, то кодирование слов в памяти получается более глубоким и продуманным.

По материалам журнала «La Recherche», 2009, № 7–8



**ГУБКА
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
АЦЕТИЛЕНА**

Создан твердый материал, который способен удерживать в себе много ацетилена.

«Journal of the American Chemical Society», 2009, т. 131 (34), с. 12415.

Ацетилен — это не только топливо для сварочного аппарата, но и химическое сырье. Однако из-за взрывоопасности этот газ требует весьма бережного отношения. Соответственно возрастают затраты на перевозку. Вот если бы его упаковывать не в баллоны высокого давления, а растворять в каком-нибудь веществе, желательном твердом...

Исследователи из Национального института стандартов и технологий (США) придумали вещество, которое способно поглотить много ацетилена. Это соединение принадлежит к классу так называемых металлорганических каркасных структур, состоит из диоксида меди и бензола и обладает весьма высокой пористостью. Как показало исследование, проведенное Лю Юном из Центра нейтронографических исследований института, атомы меди оказываются на поверхности пор, и молекулы ацетилена связываются с ними за счет сил Ван-дер-Ваальса. В одном грамме нового соединения при нормальном давлении удается накопить 201 кубический сантиметр ацетилена, что сравнимо с емкостью баллонов высокого давления.

**ПИВО
НА ЦЕОЛИТЕ**

Сделать пивоварение на 20% менее энергоемким с помощью цеолита хотят немецкие исследователи.

Winfried Russ,
winfried.russ@wzw.tum.de

Если хочешь сварить пиво, не обойтись тебе без чайника, говорят баварские пивовары. А нужен чайник для того, чтобы получить перегретый пар, иначе никак не нагреть пивное сусло до тех самых 110–160°C, что обеспечивают оптимальное качество продукта. И на этот нагрев с последующим охлаждением тратится почти половина всей энергии, которая идет на пивное производство, делая его одним из самых энергоемких пищевых производств. Как бы эту энергию сэкономить?

Ученые из Технического университета Мюнхена во главе с доктором Винфридом Руссом предлагают использовать цеолит. Если нагреть этот пористый материал, он избавляется от воды и таким образом «заряжается». При последующем соприкосновении с водой он возвращает запасенное тепло, причем может разогреваться до 250°C. Из расчета следует, что если тепло от охлаждения сусла не рассеивать в атмосфере, а высушивать им цеолит и потом употреблять его на нагрев нового сусла, то экономия энергии на малых пивоварнях может составить до 20%. Промышленную технологию, работающую на этом принципе, немецкие инженеры планируют получить к 2011 году.

**ШЕЛКОВАЯ НИТЬ
ПРОВОДИТ СВЕТ**

Как показали ученые из США, шелк — подходящий материал для световодов.

Fiorenzo G. Omenetto,
fiorenzo.omenetto@tufts.edu

Медики не устают придумывать новые приборы, которыми можно оснастить человеческий организм, а материаловеды ищут материалы, с помощью которых удастся управлять этими приборами и получать от них информацию. В частности, для этого нужны биосовместимые световоды — они позволяют, например, общаться с датчиками, которые меряют содержание глюкозы в крови или следят за появлением в теле пациента опасных вирусов.

Ученые из университета Тафтса и Иллинойского университета решили сделать биосовместимый световод из шелка. Для этого они растворили коконы шелкопряда и получили довольно густую жидкость. Эту жидкость, как крем на пирог, нанесли на кремневую пластинку и после высыхания растворителя получили прямолинейные и изогнутые шелковые волокна. Если в жидкость для их изготовления добавить вещества, усиливающие свет, такое волокно окажется неплохим световодом, в чем и убедились исследователи, опубликовавшие статью в журнале «Advanced Materials», 2009, т. 21, с. 2411.

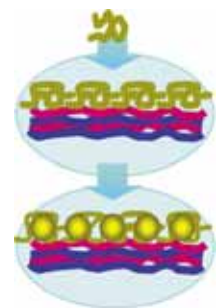
**НАНОЧАСТИЦЫ
В ШЕЛКЕ**

Инкрустировать шелк наночастицами серебра научились химики из США.

Vladimir Tsukruk,
vladimir@mse.gatech.edu

Ионы драгоценных металлов обладают способностью осаждаться из раствора на биологических волокнах и восстанавливаться до чистого металла, образуя связанные с этими волокнами наночастицы. При этом удастся решить две задачи: предохранить наночастицы от слипания и равномерно распределить их по объему или поверхности материала.

Именно этой их способностью воспользовались ученые из Технологического института Джорджии во главе с профессором Владимиром Цукрюком. Они растворяли коконы шелкопряда и полученный раствор в виде тонкой пленки наносили на кремневую подложку. Затем на ней методом нанолитографии рисовали узор-шаблон и помещали в раствор, содержащий ионы серебра. Через несколько дней, а то и неделю на шелке осаждались наночастицы, и получалась гибкая упругая пленка композита толщиной всего 100 нм. Очевидное ее применение — бактерицидный перевязочный материал, содержащий хоть и ничтожное количество серебра, но от этого не теряющий эффективности. Однако авторы считают, что из нее можно делать гибкие зеркала, отражающие свет с определенной длиной волны, а также самоочищающиеся покрытия, катализаторы и, возможно, гибкие батарейки. «Если мы смешаем белки, которые способны соединяться и с золотом, и с серебром, то можно будет получать композит из наночастиц двух металлов. Поскольку их свойства различаются, это будет очень интересный материал», — говорит участница работы Евгения Харлампиева.

**КЛОСТРИДИЯ
ДЛЯ БУТАНОЛА**

Очень выносливую бактерию для получения спирта вывели американские биотехнологи.

Shang-Tian Yang,
Yang.15@osu.edu

Биобутанол — отличный заменитель бензина, тем более что его, в отличие от этанола, удобно гнать не из съедобного зерна, а из дерева (см. «Химию и жизнь», 2009, № 5). Однако этот спирт весьма ядовит для той самой бактерии, которая его вырабатывает: смертельная доза составляет 15 мг на литр. Ученые из Огайского университета вывели мутантную форму бактерии *Clostridium beijerinckii*, способную в реакторе из волокон полиэфира выдерживать концентрацию 30 мг бутанола на литр.

«Сейчас очистка бутанола составляет 40% его цены, которая равна трем долларам за литр — немного больше, чем у бензина. Увеличив в два раза концентрацию бутанола, мы рассчитываем существенно сократить расходы на его очистку», — говорит автор идеи Ян Шантянь, который запатентовал мутантную клостридию.

ШТИФТ РАССОСЕТСЯ САМ

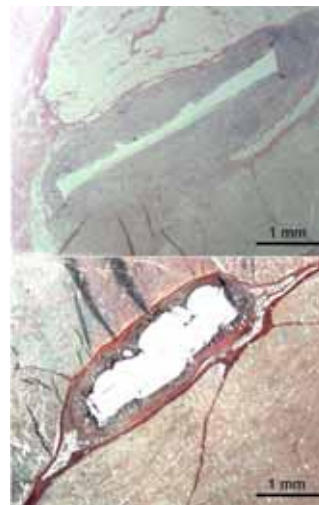
Способный рассасываться металлический штифт для лечения переломов сделали швейцарские материалы.

«Nature Materials online», 27 сентября 2009, doi: 10.1038/NMAT2542

Если человек получил серьезный перелом, ему придется по крайней мере дважды пережить операцию: во время первой фрагменты кости ему скрепят металлическими штифтами, а во время второй эти штифты удалят. Именно второй операции позволяют избежать саморассасывающиеся штифты, делать которые можно из магния. К сожалению, в месте растворения магния образуются пузырьки водорода, которые в организме совсем не нужны. Предотвратить их появление позволяет добавка цинка, но вот беда — больше 2,4% этого металла в магнии растворить нельзя: цинк начинает выделяться из сплава, и свойства материала резко ухудшаются.

Аспирант Бруно Цберг цюрихского Федерального технологического института сумел удержать в магнии 35% цинка. Этого он добился, добавив 5% кальция и очень быстро охладив слиток. В результате атомы металлов как были случайным образом перемешаны в жидкости, так и сохранили свое хаотическое расположение в твердом состоянии — получилось металлическое стекло. Клинические испытания доказали: водород при его растворении в организме не появляется. Этим методом можно делать аморфные проволоки до 5 мм в диаметре, что вполне достаточно для хирургов.

На фото: в результате разложения в организме аморфный штифт превратился в тонкую полоску (наверху) и врос в ткань, а кристаллический (внизу) остался инородным телом.



МАСЛО ДЛЯ СЪЕДОБНОЙ УПАКОВКИ

Масла пряных растений помогут бороться с бактериями и в XXI веке.

«Journal of Food Science», 2009, т. 74, № 7

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

Тысячи лет пряности помогали человеку дольше сохранять еду. Однако пищевая технология развивается, появляются новые продукты, и нужно придумывать, как защитить их, сколько и каких пряностей добывать. В частности, пора решать этот вопрос для пищевых пленок, своего рода съедобной упаковки. Эти пленки делают, например, из помидоров и яблок, а применяют для упаковки самой разнообразной еды.

Ученые из Западного регионального исследовательского центра Министерства сельского хозяйства США во главе с Роберто Авена-Бустилосом изучали, как влияют масла различных пряных растений на антимикробные свойства таких пленок. Оказалось, что в яблочную пленку лучше всего добавить 3% масла корицы, а в помидорную — столько же масла душицы: после этого на пленках сильно замедляется рост листерии, кишечной палочки и сальмонеллы. Правда, пленки от масла несколько темнеют и становятся менее прочными, однако овощи и фрукты, даже потеряв во внешнем виде, выиграют в защите и будут храниться гораздо дольше.

НАЙДЕН ГЕН ТУЧНОСТИ

Отключив всего один ген, американские ученые сумели спасти мышь от ожирения.

Alan Saltiel, saltiel@umich.edu
«Cell», 2009, т. 138, с. 1, 4 сентября

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

Ученые из Мичиганского университета создали мышь-мутанта, у которой отсутствовал ген IKKE. Он кодирует одноименную протеинкиназу — фермент, который изменяет активность белков, прямо или опосредованно регулирующих работу некоторые важные для обмена веществ гены. Эту мышь, а также нормальную, начиная с восьмой недели жизни, кормили фактически чистым салом. Спустя восемь недель нормальная мышь растолстела, а уровень протеинкиназы IKKE у нее сильно повысился. Вес мышь-мутанта остался нормальным — ее обмен веществ ускорился, и все излишние калории утилизировались, а не откладывались в виде жировых прослоек. Кроме того, у нее не появилось признаков болезней, связанных с тучностью, вроде диабета второго типа, ожирения печени или хронического воспаления.

«Мы давно изучаем гены, связанные с ожирением, но впервые удалось найти такой ген, удаление которого предохранило животное от излишнего веса, — говорит руководитель работы Алан Сальтиель. — Полученный результат подсказывает, что малые молекулы — ингибиторы активности протеинкиназы IKKE могут оказаться хорошими кандидатами на роль лекарства от ожирения».

МИКРОТРУБКИ ДЛЯ ЗАБЫВЧИВОГО НЕЙРОНА

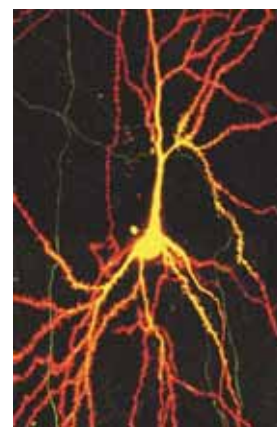
Микротрубочки в отростке нейрона могут способствовать утрате информации, считают швейцарские ученые.

Thomas G. Oertner, thomas.oertner@fmi.ch

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

Полвека назад аспирант Лондонского университетского колледжа Эдвард Джордж Грей, который одним из первых применил электронный микроскоп для изучения нервных тканей, обнаружил, что внутри дендритных отростков нейронов бывает расположен эндоплазматический ретикулум — нечто вроде каркаса из гофрированных мембран и трубочек. Ответ на вопрос, зачем он там нужен, лишь недавно нашли швейцарские ученые из группы доктора Томаса Ортнера, Институт биомедицинских исследований имени Фридриха Мейшера в Базеле.

С помощью метода двухфотонной микроскопии, разработанного доктором Ортнером, они научились различать отростки с ретикулумом и без них (на фото соответственно менее и более темные). Затем обнаружили, что при раздражении нейрона в отростках первого типа выделяется много кальция и каркас ослабляется. В результате может произойти переключение связанного с этим дендритом синапса на другой нейрон. Если же каркаса нет, то связь между нейронами оказывается гораздо более надежной. Так нейрон, регулируя жесткость своего микротрубочного скелета, может обеспечивать сочетание гибкости и надежности в хранении информации.



Нанощетинистая лапка

Миллионы лет назад природа придумала нанотехнологии. Собственно, вся живая природа основана на бионанотехнологии, доведенной до такой целесообразности, функциональности, чрезвычайной сложности и одновременно простоты, что человеку пока не удастся ее превзойти.

Одна из таких феноменальных разработок принадлежит маленькой ящерице из семейства гекконовых, представители которого населяют Землю уже 50 млн. лет. Гекконы поражают своей способностью быстро (1 м/с) и ловко передвигаться по вертикальным поверхностям и даже по потолку. При такой маневренности и скорости большинству врагов геккон недоступен. Надо отметить, что эти ящерки умеют бегать по любым поверхностям — и шероховатым, и гладким. Недаром второе название семейства — цепкопалые. Ученые нашли этому объяснение и теперь, разгадав механизм суперприлипаемости гекконовых лапок, строят планы по созданию предметов специального назначения — обуви, перчаток для лазания и многого другого. Например, такие материалы могли бы удерживать на вертикальных и потолочных плоскостях значительные грузы — как маленький геккон, который сам весит 50 г, а может удерживать 2 кг (в 40 раз больше собственного веса).

Над загадкой геккона задумывался еще Аристотель (IV век до н. э.). Первоначально многие ученые считали, что он выпускает из лапок специальный клей, с помощью которого и прилипает к поверхности. Если коснуться лапок геккона, то ощущение липкости действительно возникает, но ее природа совершенно иная. В свое время еще великий немецкий естествоиспытатель Брем (рис. 1) опроверг эту теорию, не обнаружив на лапках ящерицы никакого клея.

Систематически это явление начали изучать в конце прошлого века. Ученые предлагали множество объяснений суперлипкости геккона: механический захват, проявление капиллярных сил, вакуумная присоска, электростатическое взаимодействие, универсальные вандерваальсовские силы. В начале XXI века биологи и химики из нескольких лабораторий университетов США однозначно показали с помощью микроскопии высокого разрешения и доказали математически, что причина сверхлипкости пальца геккона — в известных каждому хими-

ку и физику вандерваальсовских сил межмолекулярного взаимодействия.

Все дело в уникальном устройстве лапок и пальцев геккона. На подушечках пальцев этой ящерицы расположено множество щетинок, и каждая из них заканчивается частоклом гибких ворсинок диаметром около 100 нм — настоящая бионанотехнология! Вершинки волосков имеют форму треугольной лопаточки (как присоски детских стрел), они-то и прикрепляются мгновенно к любой поверхности (рис. 2). Волоски-присоски очень эластичны, поэтому могут изгибаться, приспосабливаясь к рельефу поверхности.

С помощью электронного микроскопа ученые обнаружили, что щетинки на пальцах геккона имеют длину около 0,1 мм и размещены как плотный частоклол — до 14 400 щетинок на 1 мм² (рис. 3). Каждая щетинка на конце расходится на 400–1000 ответвлений — те самые ворсинки с лопаточками шириной 0,2 мкм. Получается, что каждый квадратный сантиметр лапки геккона касается поверхности примерно двумя миллиардами окончаний. Поэтому слабое межмолекулярное вандерваальсовское взаимодействие, умноженное на миллиарды, обеспечивает «мертвое» прилипание — с природой действительно трудно соревноваться.

Геккон не только прилипает, но и легко отлипает от любой поверхности. Это происходит потому, что он может изменять угол между ворсинками и поверхностью, а от угла сцепления зависит его сила. Лапа отлипает от поверхности так же быстро (примерно 15 раз в секунду), как и прицепляется, именно поэтому ящерица может бегать с такой скоростью.



У пальцев, щетинок и волосков-присосок есть еще одна особенность — они способны самоочищаться. Это свойство весьма распространено в природе, и эталоном чистоты здесь служит лист лотоса, который отталкивает от своей поверхности любые жидкости, а от грязи избавляется во время дождя. В основе этого свойства самоочистки — супергидрофобная и наношероховатая поверхность листа, перьев или волосков.

Сегодня доказано, что вандерваальсовские силы межмолекулярного сцепления работают не только у гекконов, но и у многих насекомых и паукообразных. У них на лапках тоже обнаружили нановорсинки, и они оказались еще меньшего (до 1 нм) диаметра, чем у геккона. В результате сила сцепления паука с вертикальными стенками очень велика — он может удерживать груз, в 170 раз превышающий его собственный вес. Если бы такой способностью обладал человек весом 80 кг, то он смог бы держать груз в 13,5 тонн.

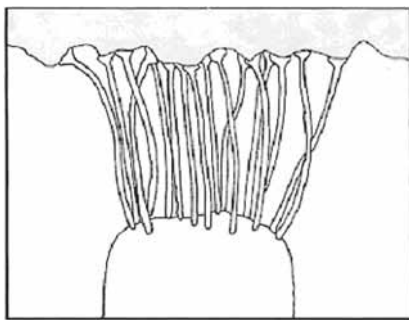
Известно, что вандерваальсовские силы относятся к слабым (~3–4 кДж/моль). Они слабее водородных, ионных, ковалентных, координационных, донорно-акцепторных. Но зато они универсальны (то есть возникают между любыми молекулами) и проявляются на очень малых, нанометровых расстояниях. Складываясь, они дают весьма высокую энергию сцепления. Например, полимерщики знают, что эти же силы лежат в основе взаимодействия макромолекул твердого полимера и определяют его прочность на разрыв. Ученые посчитали, что одна щетинка на лапке геккона сцепляется с поверхностью с силой около 200 мкН. Общее количество щетинок на лапке — $6,5 \times 10^6$, что соответствует работе отрыва 1300 Н. Чтобы удержать ящерицу на вертикальной поверхности, хватит всего 2000 щетинок на одной лапке, то есть меньше 0,04% от того, что есть. Остальные 99,06% — это, видимо, резерв для нестандартных ситуаций.

Как это всегда бывает, ученые, выяснив механизм перемещения гекконовых, принялись создавать устройства, адгезивы и новые полимерные изделия, используя принцип нанощетинистой лапки. Есть интересные результаты, но они еще пока не достигли надежности и универсальности природного образца. Между тем устройства, сделанные по этому принципу — например, обувь для альпинистов, космонавтов, рабочих-высотников, вратарские перчатки, роботы для работы в открытом космосе и др., — наверняка будут очень широко востребованы.

Какие же супернаноадгезивы ученые уже получили?

Андре Тайм из Манчестерского университета (Великобритания) и российские

1
Гекконы из книги А. Э. Брема
«Жизнь животных»



2
Схематическое изображение ворсинок, приспособившихся к неровностям поверхности. Наверху — потолок, к которому прикрепляются наноприсоски, расположенные на кончиках ворсинок

ученые из Института микроэлектронной технологии (Черноголовка) изготовили по принципу лапки геккона самоочищающуюся полиамидную ленту, которая, прилепившись к стеклу площадью $0,5 \text{ см}^2$, выдерживает груз в 100 г. С помощью литографии на 1 см^2 этого материала (он называется «каптон») разместили 100 миллионов волосков. Получилась лента из полиамидной пленки толщиной в 5 мкм, на поверхности которой прикреплены волокна длиной 2 мкм и диаметром 500 нм. Прилипает она хорошо, но только один-два раза, после чего липкость падает. Хотя для начала и это неплохо.

Ученые из университета Калифорнии (Беркли) также разработали липкий адгезивный материал, способный выдерживать значительный вес. Это полипропиленовый полимер, один квадратный сантиметр которого содержит 42 миллиона волокон длиной 15–20 мкм и диаметром 600 нм. Механизм прилипания такого материала совершенно иной, чем у обычного скотча. Он приклеивается не под давлением, а при попытке скольжения вдоль поверхности. Волокна изгибаются, увеличивается площадь контакта адгезивного материала с поверхностью — соответственно возрастает прочность связи. Если такой «скотч» прикрепить к поверхности без нагрузки, то сила сцепления будет незначительной, но чем больше нагрузка, тем больше сила сцепления. Сегодня 2 см^2 такого адгезива могут удерживать 400 г веса.

Биоинженеры из Северо-Западного университета США объединили в новом материале принцип липкости лапок геккона и способность мидий выделять белковый клей, работающий под водой. Они назвали материал «геккель» (geskel = geskon + mussel, то есть геккон + мидия). Для начала создали липкий клей — полимер, аналогичный тому, что используют мидии. Это белок, в котором к аланину прикреплена молекула гидрофильного 3,4-дигидрокси-п-фениланилина (именно он обладает уникальной липкостью в воде). Потом была изготовлена матрица из кремниевых шипов толщиной 400 нм и высотой 600 нм, которые покры-

ли слоем клея-белка. Таким образом соединились достижения геккона (физический принцип) и мидии (химический принцип). Этот материал прочно и по многу раз прилипает к поверхностям на воздухе и в воде. Его можно было бы использовать для обуви альпинистов (в том числе и для промышленных, моющих окна в небоскребах), как заменитель шовного водостойчивого хирургического материала, для крепления постеров на конференциях. Правда, пока этот материал может работать только на гладких и чистых поверхностях, то есть опять-таки уступает лапке геккона.

Ученые фирмы «NanoSys» (Пало-Альто, США) разработали технологию получения еще одного материала, на поверхности которого расположены нановолокна. Материал обладал даже более высокой адгезией, чем пальцы геккона. Изобретением заинтересовался Пентагон, но из-за дороговизны технологии материал пока не нашел практического применения.

Конечно, для создания суперлипких наноадгезивов пытаются использовать углеродные нанотрубки самого различного вида. Ведь они по геометрии близки к ворсинкам гекконовых лапок. В частности, работу с углеродными трубками провела в 2004–2005 годах группа ученых под руководством профессора П.Аджаньяна (университет Акрон в штате Огайо). Они получили материал в виде

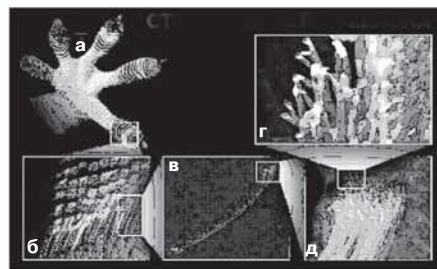


Фото Kellar Autumn, <http://www.lclark.edu/~autumn>

3
Электронные снимки строения лапки геккона:

а — лапка, б — щетинки, в — одна щетинка, г — каждая щетинка разветвляется на конце на 400–1000 ворсинок, д — ворсинки с лопаточками

«щетки» — над поверхностью торчал лес углеродных нанотрубочек. Технология очень сложна: на поверхности подложки из кварца или кремния из газовой фазы конденсировали углерод и формировали многослойные нанотрубки длиной 50–100 мкм, затем погружали материал в полимерную композицию и избыток полимера аккуратно удаляли. Получилась щетка из углеродных нанощетин. Сила адгезии одной такой щетинки превышает прилипание одной ворсинки геккона.

Теоретически массив многослойных углеродных нанотрубок диаметром 20–30 нм и плотностью около 10^{11} – 10^{12} нанотрубок/см² может обеспечить адгезию



ТЕХНОЛОГИИ

порядка 500 Н/см², то есть значительно выше, чем у лапок геккона. Но это теория, а на практике адгезия готового продукта (а не одной щетинки) пока существенно ниже ожидаемой из расчета на одну ворсинку. Это, видимо, связано с тем, что нанотрубки трудно закрепить на поверхности материала.

Однако работы по созданию суперлипкого адгезива с углеродными нанотрубками понемногу продвигаются. На кремневой подложке каталитическим методом вырастили массивы вертикально ориентированных многослойных нанотрубок, и материал, полученный таким методом, имел отличную адгезию на макроуровне (величина адгезии отрыва составляла около 12 Н/см² при вертикальной нагрузке и около 8 н/см² при сдвиговой деформации). Поскольку прочность сцепления трубок с подложкой не очень высока, материал с нанотрубками обеспечивает только несколько циклов прилипания-отлипания. Из него сшили игрушечного мишку весом 2 кг, который смог сделать пять шагов по вертикали. Кстати, если создать материал с силой адгезии около 4 Н/см² и сделать из него подошвы для ботинок (примерно 20 см²), то человек весом 70 кг сможет удерживаться на вертикальной поверхности. Но видимо, не все так просто в этих технологиях, а то мы давно бы уже ходили по потолку.

Сегодня исследователям понятно, что сила сцепления зависит от химической природы и гибкости матрицы, длины, диаметра ворсинок и плотности их размещения на поверхности адгезива. Однако сделать синтетический материал, способный отлипать так же хорошо, как и прилипать, да еще и по многу раз, пока не удается.

Если проследить историю развития человеческой цивилизации через технологии (по С.Лему, технологии определяют общий вектор цивилизации), получается, что человек только и делает, что «подсматривает», а затем имитирует природу с различной степенью успеха. Он и дальше будет продолжать это делать, создавая нановолокна, наноодежду, нанообувь с новыми или улучшенными свойствами.

Доктор технических наук
Г.Е.Кричевский

Мусорная воронка в океане

Стоило, понимаешь, ехать на край света, чтобы уткнуться носом в собственное...

В общем, в побочные результаты собственного открытия.

Борис Штерн, «Записки динозавра»

Несколько лет назад мореплаватели заметили посреди Тихого океана, на расстоянии тысячи километров от берегов Калифорнии, скопление пластикового мусора. Произошло это почти случайно, поскольку этот район расположен в стороне от богатых питательными веществами морских течений и, стало быть, не привлекает ни рыб, ни рыболовов. Трансокеанические пути также не проходят через него, поэтому корабли редко заходят в эти воды. Однако с метеорологической точки зрения он очень интересен. Дело в том, что здесь, в районе 35-го градуса северной широты и 140-го градуса западной долготы, господствует область высокого давления. Воздух стремится оттуда уйти, однако сила Кориолиса из-за вращения Земли закручивает его в гигантский вихрь, ветер в котором дует по часовой стрелке. Этот вихрь собирает воду к своему центру, и там уровень океана слегка повышается. Свежая вода поступает в эту область извне и приносит с собой мусор. Он-то и накапливается в центре воздушной воронки.

Сообщения мореплавателей о том, что посреди океана есть большая область, плавать по которой так же приятно, как по ведру помоев, настолько заинтересовала ученых, что Скриппсовский институт океанографии (США) в августе 2009 года организовал специальную экспедицию под руководством дипломницы Мириам Голдштейн для изучения пластикового мусора в этом объекте, который уже получил название «Тихоокеанская мусорная воронка». Она, конечно, не столь грандиозна, как галактическая мусорная воронка, в которую однажды затянуло майора Бел Амора (см. «Химию и жизнь», 1983, 2004), но, по свидетельству очевидцев, производит весьма тягостное зрелище и тянется на несколько дней пути. Во всяком случае, исследовательскому кораблю «Нью-хоризон» потребовалось больше недели, чтобы пересечь ее при движении со скоростью 10 узлов, то есть 1,8 км/ч.

Все это время ученые, а это были главным образом студенты-дипломники с аспирантами, то есть люди молодые и выносливые, круглые сутки забрасывали и вытаскивали всевозможные сети для извлечения пластикового мусора, а также морских обитателей с поверхности и из глубины океана. Не забывали они измерять и параметры воды — температуру, соленость и прочие: все-таки в этот отдаленный район судьба нечасто забрасывает исследователей. Визу-

Ловцы мусора вышли на охоту

Эти нежнейшие медузки привольно чувствуют себя среди частиц пластика



альный подсчет крупного мусора проводили с борта корабля и шлюпок, считали и мелкие, размером в миллиметры и меньше, частицы пластика, плавающие на поверхности. Результаты сейчас готовятся к печати, но предварительный вывод уже сделан.

В районе мусорной воронки нет никакого архипелага из пластиковых бутылок, игрушек, зубных щеток и одноразовых стаканчиков. Все эти и многие другие пластиковые предметы плавают на довольно большом расстоянии друг от друга. Однако куда бы наблюдатель ни бросил взгляд, на безбрежной поверхности открытого океана он всегда увидит мусор в изрядном количестве. Максимальный размер плавучих островов измеряется метрами, и они состоят из остатков разорванных сетей, в которые угодил какой-то другой мусор. Главная же составляющая — вездесущие мелкие частицы, не менее десятка на квадратный метр поверхности. Впрочем, они плавают не только на поверхности: одну частицу сине-зеленого пластика сети притащили с глубины более 200 метров.

Как пишут участники экспедиции в своих блогах, размещенных по адресу: <http://seaplexscience.com/category/science/>, когда они вошли в зону мусора, первоначальный азарт сменился состоянием подавленности. С одной стороны, они нашли то, что искали, и экспедиция оказалась успешной. А с другой — появилось ощущение, что лучше бы они этого не находили. Как отмечает Мириам Голдштейн, оно и понятно: океан до сих пор казался таким огромным безлюдным объектом, что человеку не под силу оставить на нем какие-то заметные следы. А тут — на тебе: за тысячу километров от ближайшего жилья поверхность океана на сотни километров устлана весьма зримыми продуктами человеческой деятельности. Пусть неплотно, пусть по большей части в виде мелких частиц, но не заметить невозможно.



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

Обрастатели охотно колонизируют и бутылки, и буй

К удивлению океанологов, эта в общем-то частная проблема потрясла публику гораздо сильнее, чем по-настоящему серьезные неприятности вроде выцветания кораллов, закисления океана или глобального потепления. Однако открытие мусорной воронки очень наглядно и доходчиво свидетельствует о том, что разрушительная мощь человека уже сравнима с действием природных сил. И требует незамедлительных мер.

А может быть, это чисто инстинктивное отвращение к мусору, к вещи, находящейся не на своем месте, и на самом деле океанический пластиковый мусор особой опасности не представляет? Тут есть две точки зрения.

Согласно первой, мелкие пластиковые частицы вполне могут быть опасными и для морских тварей, и для человека. Ход рассуждений здесь такой. Существует много вредных веществ — ядохимикаты, добавки к топливу, моющие средства и другие, которые рано или поздно так или иначе оказываются в океане. Многие из них гидрофобны и плохо растворяются в воде. Поэтому их молекулы охотно прилипают к гидрофобной же поверхности пластиковых частиц. А затем они могут быть съедены морскими животными. Причем если десять креветок съели по небольшому кусочку пластика, на котором адсорбировался ДДТ, то после поедания этих креветок тунец получит десятикратную креветочную дозу. И съевший тунца человек тоже. Кроме того, не совсем понятно, что происходит с пластиком в желудке китов, а также прочих крупных животных и рыб, которые питаются планктоном: ведь размер частиц основной массы пластикового мусора срав-

ним с размером именно этой пищи. Про мусор вроде обрывков сетей и канатов и говорить не приходится — множество крупных обитателей моря нашли в них свою гибель.

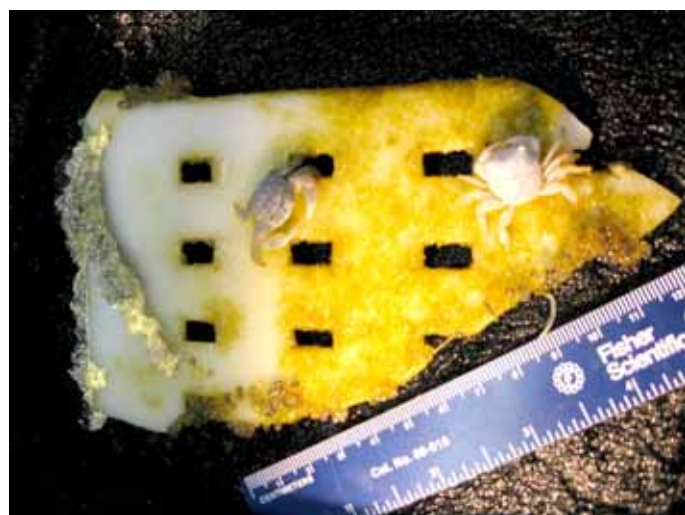
Другая точка зрения гласит, что на самом деле эти частицы пластика формируют вокруг себя своеобразную экосистему. Начинается ее развитие с колонизации кусочка пластика микроорганизмами, которые образуют биопленки. Эти пленки создают условия для присоединения к кусочку всевозможных обрастателей. Далее среди них селятся крабы. Присутствие последних, причем в немалом количестве, весьма изумило участников экспедиции. Все-таки тысяча километров от берега, глубина измеряется километрами, а крабы — не самые лучшие пловцы. Ладно бы они жили лишь среди ракушек, поселившихся на буге, — он большой, не один десяток крабов поместится. Однако весьма увесистого краба, место которому на дне, заметили на утлом куске пластмассы. Как он туда попал, чем питался, почему не свалился на дно?.. Видимо, в ходе обработки данных удастся найти ответ на эти вопросы. Встречаются на пластиковом мусоре и кладки икры, и личинки летучих рыб. Правда, использование плавучих объектов, отнюдь не новый прием для рыб: их кладки находили и на упавших в воду птичьих перьях. Правда, пластиковых кусочков в этом пустынном районе океана гораздо больше, чем упавших перьев. Как бы то ни было, и обрывки сетей, и бутылки, и буй, и куски пластика становятся родным домом для многих морских обитателей. Причем, видимо, отнюдь не обитателей глубин, а прибрежных областей. Как они, попав в открытый океан, впишутся в существующую экосистему — непонятно. Однако заносные виды обычно ведут себя весьма агрессивно и могут быстро очистить свою экологическую нишу от коренного населения.

Рыбы и другие морские животные тоже не обходят вниманием крупные куски мусора — они предпочитают собираться около них. То ли дело в том, что развивающаяся на мусоре жизнь служит источником корма, то ли, прячась в тени, они маскируются — непонятно. Это еще одна загадка мусорной воронки. Видимо, ответы будет искать следующая экспедиция, которая, судя по общественному интересу, обязательно состоится.

Как вернуть океану былую чистоту? С тем мусором, что уже есть, справиться вряд ли удастся: ведь надо отфильтровывать твердый пластик от нежнейших существ такого же размера, составляющих планктон. А вот развитие процесса можно и приостановить. Для этого весь пластик надо сделать биоразлагаемым. Тогда не придется просить людей не кидать мусор где попало; очищение произойдет само собой. Правда, при этом исчезнет и новая экологическая ниша, которая начала формироваться в районе мусорной воронки: не будет пластика, и жить ее обитателям станет не на чем. И все же, наверное, это будет не самая большая утрата.

С.Анофелес

И крабы, и икра летучих рыб прижились на пластиковом обломке



Глина + полимер = чистота

В Институте нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН закончилась профинансированная грантом Роснауки работа по созданию нанокompозитов на основе биоразлагаемых полимеров. Она закладывает основу производства материала, долгожданного для всех любителей чистоты, — из него можно будет изготавливать самоуничтожающуюся упаковку. О том, как проходила работа и какие шаги будут приняты для практической реализации ее результатов, нашему корреспонденту **С.М.Комарову** рассказал заместитель директора ИНХС РАН, доктор химических наук, профессор **Е.М.Антипов**.

Евгений Михайлович, разговоры о том, что скоро появится биоразлагаемая упаковка, причем отечественного производства, продолжают уже несколько лет. Например, три года назад «Химия и жизнь» рассказывала о работе красноярских химиков по синтезу таких полимеров. Однако до сих пор упаковка, разлагающаяся сама собой, в магазинах как-то не заметна. Расскажите, с какими полимерами работает ваша группа и какова вообще ситуация с такого рода веществами?

Наши разработки в основном касаются полигидроксиполаноатов (ПГА). Почему? Потому, что их можно использовать так же, как полиэтилен или полипропилен, однако они обладают способностью к биоразложению и вдобавок замечательной биосовместимостью, особыми оптическими, мембранными и пьезоэлектрическими свойствами. Кроме того, бактерии синтезируют ПГА из возобновляемого сырья — они хорошая альтернатива синтетическим полимерам, особенно с учетом нефтяного кризиса. В общем, по нашему мнению, это наиболее перспективные биоразлагаемые полимеры. Самые же большие надежды возлагают на поли-β-гидроксиполаноат (ПГБ), а также на его сополимеры с другими гомологами. В России, например, мне известны три группы, которые занимаются синтезом ПГБ. Это Красноярск, Институт биофизики РАН, где работает профессор Т.Г.Волова. Ее группа делает, на мой взгляд, лучшие в России полимеры бактериального происхождения, с длинными макромолекулами, оптимальными для изготовления волокон. Особенно ценно, что бактерии, синтезирующие полимер, кормят отходами производства сахара из свеклы. Другое возможное сырье для бактериального синтеза — метанол. Эту технологию разрабатывают в Пущино, в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН, под руководством профессора Ю.А.Троценко. У них есть опытный цех, однако полимер получается относительно низкомолекулярным, что не очень хорошо для его последующего использования. По соседству с нами, через здание, в Институте биохимии им. А.Н.Баха РАН, есть группа Г.А.Бондарцевой. Созданная ими технология позволяет изменять молекулярную массу полимера в широких пределах, от нескольких тысяч до миллионов дальтон, причем удается синтезировать относительно большие партии.



Фотограф Виктор Чекрыгин, ИНХС РАН

А сколько это — относительно большая партия?

Надо помнить, что в России нет мало-мальски развитого производства таких полимеров. В лучшем случае делают килограммы, это и есть очень крупная партия. Обычно же речь идет о сотнях граммов. В мире ситуация совсем иная. Несколько компаний пытаются заниматься промышленным синтезом ПГА. Но пожалуй, больше других преуспела американская «Метаболикс Лтд». Она скупает патенты и даже целые компании, которые причастны к производству и разработке ПГА и сейчас синтезирует и продает не только наиболее распространенный гомополимер ПГБ, но и его сополимеры с другими членами этого гомологического ряда — полигидроксиполаноатом, полигидроксиполаноатом и так далее.

Они этими патентами пользуются или «примораживают», чтобы не было конкурентов?

По нашим наблюдениям, они этими патентами, как правило, пока не пользуются, но собираются в подходящий момент громко заявить о себе на рынке. Компания напоминает готовое подняться тесто: они и патенты собирают, и активно проводят исследовательскую работу у себя и на стороне. В частности, они усиленно пытаются решить проблему изготовления волокон из полигидроксиполаноата.



Почему именно волокон и в чем тут загвоздка?

Как известно полимерщикам-технологам, волокна сделать сложнее всего. Это, так сказать, высший пилотаж. Если их производство освоено, получить все остальные виды продукции — хоть пленку, хоть бутылку — не составляет особого труда. ПГБ, как и полиэтилен, и полипропилен, — кристаллическое вещество при комнатной температуре. Его нагревают до состояния расплава и получившуюся жидкую смолу продавливают сквозь отверстие в фильере с последующим одноосным растяжением. Температура плавления ПГБ не особенно велика — 175°C, но, увы, при таком нагреве он начинает активно разлагаться. Технологическая задача в том и состоит, чтобы обойти эту проблему. Нам удалось показать, что волокна и трубчатые изделия из ПГБ в принципе изготовить можно. Сделано это было еще в 2007 году в рамках государственного контракта с Роснаукой. Причем мы придумали даже не один, а два способа получения волокон.

Собственно, здесь не изобретено ничего особенного — всего лишь применены классические правила полимерной науки, которые преподают в университетах, а то и в школах. Полимеры — это растворимые вещества. Если правильно подобрать растворитель и взять его много, то полимер растворится, как сахар. Если же взять немного, считанные проценты растворителя — полимер набухнет, а затем станет гелем. Посмотрев на диаграмму фазового равновесия, легко заметить, что у любого полимера температура плавления быстро падает с ростом концентрации растворителя. Результаты превзошли все ожидания: мы выбрали такой растворитель, который в дозировке до 5% понижает температуру плавления ПГБ на 75°C, тогда как температура термодеструкции остается все такой же высокой, 175°C. Таким образом, 100°C уже безопасны, и при этом остается запас времени для ориентационной вытяжки макромолекул до начала интенсивной кристаллизации. Фактически мы первыми в мире применили метод гель-формования для волокон, трубок и других подобных объектов из ПГБ. Поиск показывает, что эта лабораторная разработка на сегодня патентно чиста и может обеспечить монополию отечественной промышленности в данной области производства на мировом рынке. А это — получение высокой прибыли от продажи лицензий.

Кстати, впервые метод гель-формования был разработан для сверхвысокомолекулярного полиэтилена, то есть применять нашу технологию можно на уже существующем промышленном оборудовании. Конечно, мы сделали все это не в одиночку, а с помощью тверского Института синтетических волокон — у них есть специальное лабораторное оборудование, на котором можно получать волокна гель-формованием.

Второй же способ — использовать не гомополимер, а статистический сополимер ПГБ, в котором в цепь гидроксibuтирата случайным образом введены звенья другого гомолога — валерата или оксаноата. При этом снижаются степень кристалличности, размер кристаллитов

и соответственно температура плавления. Добавка до 10% чужеродных звеньев уже дает хорошо перерабатываемый полимер.

Когда мы использовали статистический сополимер, то выяснилось еще одно интересное обстоятельство. Волокна или трубки из него довольно жесткие, поскольку материал еще не утратил способности кристаллизоваться. Если их немного растянуть, ничего необычного не происходит. А если растянуть сильно, до состояния пластического течения, то материал становится подобным резине — такой эффект называется сверхэластичностью, и в однажды растянутом полимере он сохраняется навсегда. Это ценное свойство искали для многих полимеров, но далеко не всегда удачно. Например, в одной закрытой советской лаборатории из сверхэластичного полипропилена в семидесятые годы прошлого века планировали делать искусственные легкие («жабры») для подводного плавания. У нас же эффект проявился сам собой. Я не знаю, где его можно будет применить на практике, но не исключено, что, например, сверхэластичный протез кровеносного сосуда — а это одна из самых заманчивых областей использования ПГА и их сополимеров — будет лучше, чем такой же из жесткой трубочки. Речь о протезах зашла не случайно. ПГБ признан абсолютно биосовместимым. В организме он под действием кислорода и ферментов разлагается на воду и углекислый газ. Поэтому считается весьма перспективным делать из него протезы сосудов: за два месяца на протезе нарастет нормальная ткань, а сам пластик рассосется и выведется из организма естественным путем.

Саморассасывающиеся протезы — это хорошо, но коль скоро речь идет о биоразлагаемых полимерах, предполагается их использование для изготовления упаковки, которая через некоторое время исчезнет сама собой, не загрязняя окружающую среду. Можно ли применить для этого созданные вами технологии?

Вы абсолютно правы. Если организовать на территории России производства по разработанным нами в лабораторных условиях технологиям волокон, пленки, пластиковых бутылок и другой упаковки из биodeградируемого ПГБ и его сополимеров, то удастся решить серьезнейшую экологическую проблему утилизации полимерных отходов. Выброшенная после использования бутылка под действием естественных условий окружающей среды (микроорганизмы, влага, свет) через 4–6 недель будет попросту «съедена», а точнее, разложена до абсолютно безопасных компонентов — воды и углекислого газа.

Мне казалось, ПГБ стоит довольно дорого и это мешает его использованию.

Да, так было еще несколько лет назад. Но теперь ситуация изменилась: ПГБ можно купить и в США, и в Японии по цене 3–5 долларов за килограмм. В связи с этим, а также из-за колоссальной потребности в подобной продукции экономическая рентабельность производства будет достаточно высока, чтобы этот бизнес стал привлекатель-

ным. Правда, в этом случае сырье (полимер) придется закупать за рубежом. Однако прежде чем делать упаковку, нужно улучшить свойства биodeградируемого полимера, а именно повысить его модуль упругости и так называемые барьерные свойства, в частности снизить диффузию кислорода.

Что это за свойства?

Модуль упругости, или модуль Юнга, характеризует сопротивление полимера деформации. В конечном счете чем больше модуль упругости, тем жестче полимер — тем труднее его разорвать или изменить форму сделанного из него изделия. А барьерные свойства — это основная характеристика упаковки. Ведь мясо или фрукт портится прежде всего от соприкосновения с кислородом воздуха. Полиэтиленовая пленка дает ему защиту, но ненадолго. Чтобы затруднить прохождение кислорода сквозь нее, пленку для упаковки делают из нескольких слоев разных полимеров (и не только полимеров), причем по внешнему виду пленки о столь сложном строении никак нельзя догадаться. А чтобы улучшить сразу оба свойства, мы и решили сделать нанокомпозиционный материал.

То есть смешать наночастицы разных полимеров?

Не совсем так. Идея введения в полимерные матрицы неорганических наполнителей, таких, как мел, тальк, окислы металлов или сажа, существует очень и очень давно. Цель состоит том, чтобы предельно удешевить полимерный материал за счет дешевого наполнителя, вводимого по возможности в максимальных концентрациях (иногда до 70—90%). С другой стороны, при этом нельзя ухудшать свойства и перерабатываемость исходного полимера. Тем не менее ничего хорошего из этих затей не получалось. Материал действительно дешевел, и его механические свойства даже иногда улучшались на 20—30%, однако, к сожалению, он становился хрупким, а главное, терял способность к экструзионной переработке в изделия из-за сильно возраставшей вязкости расплава.

Причина — в термодинамической несовместимости неорганического наполнителя и органического полимера. Крайняя «взаимная нелюбовь» двух компонентов приводит к тому, что они расслаиваются на отдельные фазы. В результате даже мелкие частицы наполнителя собираются в относительно крупные образования, которые становятся макродефектами, и композит разрушается при гораздо меньших силовых воздействиях, чем это было свойственно «чистому» полимеру. Получается, что цену снизили на 30—50%, а свойства ухудшили. Это порочный путь. Иное дело нанокомпозиты со слоистыми силикатами, первый из которых сделали еще в конце прошлого века инженеры компании «Тойота». Они работали с полярным полимером — полиамидом, а мы решили гораздо более сложную задачу для неполярных полимеров: полиэтилена, полипропилена и полигидроксibuтирата.

Слоистые силикаты — это что-то вроде слюды?

Нет, это обычная гончарная глина. А сам минерал называется монтмориллонитом в честь французской деревни, близ которой этот минерал нашли. С химической точки зрения монтмориллонит — гидратированный алюмосиликат щелочного металла, он замечателен своей способностью набухать в воде. При этом вода проникает внутрь частицы глины и раздвигает слои силиката, а во время обжига вода, наоборот, уходит, пластинки схлопываются и частицы соединяются в монолит.

Как выяснилось сравнительно недавно, ситуация с композиционным материалом резко меняется, если в каче-

стве наполнителя использовать частицы слоистого наносиликата. «Нано» он называется потому, что состоит из слоев толщиной в 1 нм, образующих пачки (тактоиды), — это и есть отдельная частица наноглины. Если таких частиц много и каким-то образом удастся их нанизать на длинную полимерную макромолекулу, связав множество отдельных частичек вместе, подобно бусинам, то мы фактически получим систему, в которой отдельные частички глины уже не смогут собраться в большие комки.

Легко посчитать, сколько бусинок окажутся нанизанными на полимерную макромолекулу. Возьмем полиэтилен. Типичная молекулярная масса промышленного полимера — 500 000 Да. При массе одного метиленового звена 14 Да получается, что макромолекула состоит из 36 000 звеньев. Учитывая, что конформация макромолекулы ПЭ — транс-зигзаг с периодичностью 0,254 нм, мы получаем длину выпрямленной цепи полимера около 5000 нм. А размер одной частицы наноглины — меньше 1000 нанометров. То есть с вероятностью, существенно отличающейся от нуля, одна нить пронизывает 5—10 тактоидов нанонаполнителя. В реальности размер абсолютного большинства наночастиц гораздо меньше, и на нити могут оказаться десятки тактоидов слоистого силиката.

Как оказалось на практике, достаточно ввести 3—5 масс.% подобного интеркалированного нанонаполнителя в полимерную систему, чтобы повысить модуль Юнга в два-три раза, а прочность на 30—50%, не потеряв при этом в эластичности и перерабатываемости материала.

Нанизав серию наночастиц не на одну макромолекулу, а на множество полимерных цепей, удастся разложить тактоид наноглины на отдельные нанослои, толщина которых составляет, как уже было сказано, 1 нм, а размеры в двух других измерениях могут достигать одного микрона.

Если такие нанопластины выстраиваются в одной плоскости, а именно это и происходит при формировании полимерной пленки или пластины, то диффузионный путь молекул газов в сотни и тысячи раз удлиняется — ведь та же молекула кислорода не может пройти напрямик, а вынуждена блуждать, огибая одну силикатную пластинку за другой. Отсюда возрастание барьерных свойств нанокомпозита и его негорючесть (механизм горения материала становится принципиально иным). Эксперимент показал, что скорость диффузии кислорода в нанокомпозите падает в несколько раз. Что это значит? А то, что мясо, завернутое в пленку из него, может лежать год и не портиться.

Таким образом, вопрос заключается в том, как «заставить» органическую полимерную цепь связать — да еще многократно! — неорганические многослойные наночастицы, которые она «не любит». Это и есть ключевой вопрос всей проделанной нами работы.

Сейчас мы можем уверенно констатировать, что проблема решена: создана оптимальная технология «правильной» модификации наноглин, в результате которой органофобные наночастицы становятся органофильными. Последнее означает, что частицы модифицированной наноглины как бы спонтанно «засасывают» в себя (точнее, в свои межслоевые пространства) макромолекулы полимера.

Как оказалось, доза модификатора должна быть не слишком мала, чтобы он «засасывал» в межслоевые пространства глины достаточно много цепей, и не слишком велика — иначе он займет все вакантные места, а полимерная цепь в эти галереи войти не сможет. Определив же оптимальную дозу, можно заняться творчеством. Например, если нужен бактерицидный полиэтилен, можно добиться, чтобы в пространство между слоями попали наночастицы серебра. Они будут строго дозированно вы-



ходить оттуда в течение нескольких лет. Если ввести краситель, то полиэтилен приобретет цвет. В общем, появилась возможность претворить в жизнь множество самых разных идей, и мы ею воспользовались. Сначала на полиэтилене, а потом на биоразлагаемых полимерах типа ПГА мы добились и повышения модуля Юнга, и улучшения барьерных свойств. Сейчас мы гарантируем, что в нанокompозите на основе полигидроксibuтирата с добавками всего лишь пяти процентов нанопластин силиката модуль упругости возрастает в 1,8 раза, а скорость диффузии кислорода падает в пять раз. Сделали мы и биоразлагаемый бактерицидный материал с наночастицами серебра и меди. Он сейчас проходит биологические испытания.

А почему такой материал должен быть разлагаемым?

Понятно почему. Ведь перевязочные материалы после использования выбрасывают так же, как и пустую тару или упаковку.

Наверное, упаковке для пищи придется проходить нелегкие испытания? Ведь она начнет разлагаться буквально сразу после изготовления, и наночастицы силиката окажутся и в окружающей среде, и в самой пище.

Как природный минерал, глина совершенно безвредна. Но конечно, материал для упаковки еды или изготовления одноразовой посуды должен пройти сертификацию. К сожалению, мы такие исследования провести не можем, ведь мы всего лишь материаловеды. Наша задача — создать технологию, изготовить несколько килограммов наноматериала и доказать, что он обладает требуемыми свойствами. Теперь дело за промышленностью. Кто-то должен рискнуть, заказать синтез сотни килограммов ПГА, сделать из него образцы изделий — тарелки, стаканы, бутылки — и провести необходимый комплекс биологических испытаний. Мы в исследовательской лаборатории этого сделать не можем — слишком дорогое удовольствие. Пока что такого промышленника нет, хотя, насколько нам известно, некоторых отечественных изготовителей и одноразовой посуды, и упаковки уже серьезно упрекали за то, что их продукция не биоразлагаемая.

Казалось бы, проблема решается одним росчерком пера руководителя государства, ставящим неразлагаемую тару и посуду вне закона.

Да, именно этим путем пошли в ЕС. Есть директива Еврокомиссии, запрещающая через 20–30 лет выпуск любых неразлагаемых пластиков. Поэтому тот, кто сейчас начнет осваивать этот рынок и застолбит место на нем, в будущем получит немалые дивиденды. Биоразлагаемая упаковка — настоящий Клондайк, жаль, что отечественные предприниматели не торопятся его осваивать, а законодатели не создают соответствующего стимула.

И что же, мы опять остаемся в стороне от основного пути прогресса?

Не совсем так. Исследования по созданию технологии нам финансировала Роснаука. Возможно, работа продолжится, и мы сможем провести некоторые биологические испытания, а тем временем создать к 2012 году опытное производство биоразлагаемых нанокompозитов мощностью в сотни килограммов. Скорее всего, это будут материалы медицинского назначения.

У нас же нет производства полигидроксibuтирата такой мощности. Откуда возьмется полимер?

Это очень досадно, что такого отечественного полимера нет. Если бы уже сейчас в России кто-нибудь вложил капитал не только в производство изделий из закупаемого сырья, но и в производство самого полимера, то в перс-

пективе доходы такого предприятия могли бы превзойти самые смелые оценки. Понятно, что подобный проект по силам лишь очень солидной компании, способной пойти на крупное финансирование, связанное со значительным риском. Однако полимер продают на мировом рынке. Если есть деньги, на первых порах можно покупать его у американцев, японцев или китайцев и делать отечественный нанокompозит.

Кроме того, год назад мы подали с одной отечественной компанией заявку в госкорпорацию РОСНАНО на проект, основная идея которого — создание завода по изготовлению нанокompозитов, правда, пока не из разлагаемого полимера, а для начала из массовых крупнотоннажных выпускаемых полимеров — полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата и других.

Предполагается, что этот завод будет делать четыре вида продукции. Во-первых, очищенные природные слоистые наносиликаты — натриевый и кальциевый монтмориллониты. Они нужны не только как добавка в полимеры, но и входят в состав самых разных промышленных продуктов — от антикоррозионных покрытий до косметических и лекарственных препаратов. Кроме того, есть идея применять наночастицы глины в буровых растворах. Во-вторых, будут изготавливаться модифицированные частицы, уже пригодные для нанокompозитов. В-третьих, полуфабрикаты, или, пользуясь калькой с английского, мастербатч для производства полимера. Содержание наполнителя в нем высоко — до 50%. Изготовителю нанокompозита будет достаточно добавить немного гранул этого полуфабриката в полимерную массу, чтобы получить материал с требуемыми 2–5% частиц силиката. Наконец, четвертый вид продукции — собственно полимерсиликатные нанокompозиты на основе как полярных, так и неполярных полимеров широкого спектра применения.

Если все получится удачно — а реализация проекта рассчитана на 1,5 года, — то следующим этапом станет промышленное изготовление биоразлагаемых нанокompозитов.

О крайней актуальности данной проблемы для мегаполиса, подобного Москве, население которой потребляет четыре миллиарда пластиковых пакетов в год, а резервных могильников для захоронения мусора осталось максимум на полтора года, серьезно говорили 24 сентября 2009 года в пресс-центре «Российской газеты» на общественных слушаниях по московской Программе внедрения биоразлагаемой упаковки. Если в этом вопросе у нас наконец перейдут от слов к делу, то вскоре мы получим отечественное производство биоразлагаемой упаковки, и горы пластикового мусора в наших лесах, реках и на обочинах дорог останутся в прошлом.



Силикатная безопасность



ЗДОРОВЬЕ

При словосочетании «слоистый силикат» на память сразу же приходит неприятное слово «силикоз» — хроническое заболевание легких у шахтеров и других рабочих, пребывающих в пыльных помещениях. Очевидно, что при разложении тары из нанокompозита с пластинками монтмориллонита будет образовываться пыль, состоящая из этих пластинок, более-менее плотно обмотанных обрывками молекул полигидроксипропиридата. Вряд ли, рассеявшись по лесу, продукты разложения пластиковой бутылки способны причинить какой-то вред: полимер довольно быстро разложится на воду и углекислый газ, а глина — она и есть глина. Этим предлагаемое учеными из ИХС РАН решение выгодно отличается от альтернативы — смешать при изготовлении пленки разлагаемый и неразлагаемый пластики: первые разложатся, а вторые превратятся в полимерную пыль, и мусор как будто исчезнет, хотя на самом деле он лишь измельчится и долгие годы будет присутствовать в окружающей среде.

Однако биоразлагаемый нанокompозит начинает разлагаться сразу после изготовления, и заметные количества нанопыли будут присутствовать и в местах производства тех же прохладительных напитков, и на складах продукции, и в крупных торговых центрах, не говоря уже про еду в биоразлагаемой тарелке. Сам полигидроксипропиридат абсолютно биосовместим, стало быть, безвреден. А как насчет наночастиц монтмориллонита?

До проведения соответствующих испытаний наверняка сказать ничего нельзя, а общие соображения можно найти в соответствующей статье справочника «Вредные вещества в промышленности», т. 3 (Л: Химия, 1977).

Про сам монтмориллонит в нем ничего не сказано, следовательно, это вещество, издавна применяемое в виде гончарной или сукновальной глины, в своем природном виде безвредно. Более того, адепты глинолечения (есть и такое направление народной медицины) считают, что полезнее всего употреблять внутрь именно монтмориллонитовую глину. Однако в природном виде частицы этого минерала равноосны, а в нанокompозитах используют пластины нанометровой толщины. Это заставляет задуматься: не секрет, что основа нанотехнологии — кардинальное изменение свойств вещества при переходе к наноразмерам. Вполне возможно, что это изменение может быть как полезным, так и вредным. Как себя ведут другие силикаты с неравноосной формой частиц?

Наиболее вредный среди них — асбест. Под этим названием объединена группа силикатов, способных расщепляться на тончайшие волокна. Именно с этой особенностью ученые и связывают способность асбестовой пыли вызывать самую опасную форму силикоза — асбестоз.

Досконально механизм действия асбеста не выявлен. Одно время считалось, что острые волокна повреждают ткани, но эта гипотеза не подтвердилась, поскольку не удалось найти связь между степенью повреждения легких и размером волокон асбеста. Впоследствии возникло мнение, что во всем виновата кристаллическая структура, свойственная наиболее опасному виду асбеста — хризотилу, а также большая площадь поверхности его тонких волокон: прокалывание хризотила, которое переводит его в форстерит, существенно снижает агрессивность этого вещества. Предполагается также, что агрессивность асбеста связана с образованием ненасыщенных ионных связей на поверхности частиц при их расщеплении. Кроме того, обладая большой поверхностью, этот материал хорошо сорбирует вредные примеси, в том числе канцерогенные, например ионы тяжелых металлов (они попадают туда из нержавеющей стали при размоле минерала) или полициклические ароматические углеводороды. Возможно, за канцерогенность асбеста отвечает это обстоятельство, а возможно, и особенности кристаллического строения. Самое неприятное состоит в том, что асбест вызывает болезни не только легких, но и желудочно-кишечного тракта, а его мелкие волокна способны проникать из желудка в кровь и затем отлагаться по всему организму. Крупные же, длиной более пяти микрон, застревают в бронхах.

Нанопластины, а тем более равноосные наночастицы — это не нановолокна, в ткань они проникают гораздо хуже, значит, и вреда от них надо ждать гораздо меньшего. Действительно, все остальные силикаты не так опасны; по крайней мере, они не обладают канцерогенным действием. Отложение их пыли вызывает лишь локальное поражение легких, так называемый фиброз, при этом все они гораздо менее агрессивны, чем чистый диоксид кремния, то есть кварц. Поэтому расскажем подробнее о поведении этого вещества в легких.

В основе его действия лежит способность повреждать макрофаги — клетки иммунной системы, которые должны поглощать и утилизировать чужеродные объекты. Из поврежденного частицей кварца макрофага выделяется специальный фак-

тор, который стимулирует синтез фибробластами соединительной ткани — коллагена. Причем если макрофаг разрушается по какой-то другой причине, этот фактор не образуется. Причина предположительно состоит в том, что на поверхности частицы кварца имеются свободные силанольные группы: они вступают в электронно-обменные взаимодействия с фосфолипидами на поверхности клетки и нарушают проницаемость клеточной мембраны. Возможно, что и сама частица кварца, будучи полупроводником, способна служить катализатором ферментативных процессов на поверхности клетки. Также не исключено, что макрофаг гибнет уже после того, как он проглотил частицу кварца, и эта гибель связана с нарушением окислительно-восстановительных процессов. Как бы то ни было, распад макрофагов стимулирует образование новых клеток этого типа, и в конце концов в местах скопления пыли образуются рубцы. При соблюдении современных методов охраны труда на пыльных производствах силикоз может развиваться десятилетиями, хотя есть и особо чувствительные люди, способные заболеть за пару лет работы. А ПДК по данным на 1977 год составлял 1–4 мг кварцевой пыли в кубическом метре воздуха помещения. Это гораздо больше, чем общее содержание пыли в городском воздухе — менее 0,5 мг/м³.

Полезно эти данные сравнить с информацией по силикатам. Так, оливин вызывает силикоз, причем в не слишком тяжелой форме при длительной работе в помещении с содержанием до 1000 мг на кубический метр. Слюда, состав которой (в виде мусковита и вермикулита) наиболее близок к монтмориллониту, также приводит к заболеванию при длительной, в течение четверти века, работе с ней. Есть закономерность: чем меньше в минерале свободного кварца, тем менее опасным он оказывается.

Из приведенных данных следует, что к проведению испытаний нанопластин монтмориллонита на биобезопасность следует отнестись со всей серьезностью, чтобы, во-первых, в очередной раз не получить вместо торжества науки серьезную проблему: на изготовление упаковки идет 41% общемирового производства полимеров, а значит, и объем образующейся пыли будет измеряться отнюдь не килограммами и не тоннами. А во-вторых, лучше заранее найти ответы на вопросы, которые неизбежно зададут противники прогресса.

Кандидат физико-математических наук
С.М.Комаров



Московский дом книги рекомендует



КНИГИ

Ольгерт Ольгин
Чудеса на выбор. Забавная химия для детей
М., ИД Мещерякова, 2009



Бесцветная жидкость неожиданно краснеет, из растений получаются акварельные краски, сахар светится и превращается в «мед», обычная свечка становится мылом, а на бумаге появляются невидимые ранее надписи — чудеса, да и только!

Интересные опыты по химии можно проводить дома, используя самые обычные и большей частью доступные вещества. Ольгерт Ольгин рассказывает, как это делать. Кроме того, дети и взрослые обнаружат в книге немало полезных советов, которые пригодятся им в повседневной жизни.

Кристиан Жоаким, Лоранс Плевел
Нанонауки. Невидимая революция
М., КоЛибри, 2009



Ученые из ведущих лабораторий мира обещают осчастливить человечество новыми материалами и умелыми нанороботами, а скептики пугают модифицированными организмами и другими химерами нанонаук. Кристиан Жоаким — один из известнейших специалистов по физике твердого тела, директор Центра структурных исследований и разработки новых материалов (CEMES) в Тулузе, ответственный руководитель группы «Nanosciences». Вместе с журналисткой Лоранс Плевел он рассказывает о том, что такое наномир, как выглядят его обитатели, чем отличаются нанонауки от нанотехнологий и что они сулят человечеству в ближайшем будущем.

Л.Титце, Т.Айхер
Препаративная органическая химия
М., Мир, 2009



Практическое руководство по лабораторному органическому синтезу, написанное известными немецкими химиками-органиками. В нем собраны 142 основных синтеза и их варианты, охватывающие практически все классы органических соединений. В книге удачно подобраны наиболее важные реакции и соответствующие им методики. После каждой методики приведены спектральные данные, необходимые для идентификации получаемого продукта.

Дж.Джоуль, К.Миллс
Химия гетероциклических соединений
М., Мир, 2009



В книге известных английских ученых изложены основные теоретические представления о реакционной способности и методах синтеза различных классов гетероциклических соединений и отдельных их представителей. Авторы показали роль гетероциклических соединений в химии твердого тела, биологических процессах, химии полимеров-полупроводников. Особое внимание они уделили последним достижениям в этой важной области органической химии, поскольку они имеют большое значение в медицинской химии, фармакологии и биохимии. По полноте и широте представленного материала книга может служить справочно-энциклопедическим изданием.

С.Г.Дмитриенко, В.В.Апери
Пенополиуретаны. Сорбционные свойства и применение в химическом анализе
М., URSS, 2009



Монография посвящена концентрированию на пенополиуретанах микрокомпонентов и их определению спектроскопическими и другими методами. Книга обобщает результаты собственных исследований авторов, а также литературные данные. Приводятся способы синтеза пенополиуретанов, их физико-химические и аналитические свойства, данные о сорбции на них ионов и комплексных соединений, а также некоторых органических соединений. Даны примеры решения конкретных задач по анализу различных объектов с использованием метода концентрирования на пенополиуретанах.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91
Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru



Проблема навозоудаления

Тридцать лет назад по всему СССР стали строить крупные животноводческие комплексы, в которых скот держат без подстилки, а навоз смывают в отстойники. Например, в Белоруссии около 200 таких комплексов. В них процесс удаления навоза состоит из пяти звеньев. Сначала жидкую фракцию очищают от твердых частиц. Затем ее перекачивают в карантинные отстойники, где жидкость частично осветляется. Далее она попадает в промежуточные накопители и, наконец, в резервуары осветленных стоков. Последний этап — поля орошения. Как нетрудно догадаться, все эти звенья связаны между собой трубопроводами. Они-то и оказываются слабым местом системы: буквально за несколько лет их закупоривают солевые отложения.

Проблему исследовали ученые из нашего университета, а также из Института общей и неорганической химии НАН РБ, но ограничились академическим изложением ее сути: изучили состав катионов и анионов и определили факторы, влияющие на изменения солевого состава навозных стоков. Практического решения проблема пока не получила, и ее острота с каждым днем возрастает: старые трубопроводы заменяют на точно такие же новые. Стоит эта работа дорого, около 20 долларов США за один погонный метр трубопровода, а через несколько лет все начнется сначала.

В своей статье «Определение физико-химических свойств навозных стоков и осадков солей свиноводческих комплексов» один из исследователей проблемы Д.Ф.Кольга поместил очень информативную фотографию дегради-

ровавшего трубопровода. На ней видно, что соли отлагаются отнюдь не под действием силы тяжести, а равномерными кольцами. Из этого следует вывод, который очевиден, но до сих пор никем не сделан: сам материал трубы вступает со стоками животноводческих комплексов в реакцию, а ее продукты и образуют отложения. Речь идет именно о химическом, а не о физическом процессе. Отсюда следует, что замена старых металлических труб на новые металлические же — в принципе неверное решение. Если уж менять трубы, то надо использовать не взаимодействующий с навозными стоками материал — пластмассу, стекло, керамику. Однако эти материалы стоят слишком дорого для животноводов.

В научных кругах обсуждают полимеры, которые могут продлить жизнь старым трубопроводам. Например,



предлагают обрабатывать жидкие навозные стоки на начальных стадиях удаления хлорным алюминием, треххлорным железом или известью. В результате фосфаты и карбонаты выпадут в осадок и интенсивность солевого засорения трубопроводов снизится. Дадут ли такие меры результат?

Проанализируем ситуацию. Как показали исследования НИИ общей и неорганической химии НАН РБ, в навозных стоках животноводческих комплексов из катионов преобладают аммоний, калий, кальций; из анионов — остатки фосфатов и карбонатов. Обработка жидкого навоза хлорным алюминием и треххлорным железом действительно переведет эти соли в осадок. Реагента требуется много, он дорогой, технология высокочрезвычайно затратная, однако отнюдь не это обстоятельство оказывается препятствием на пути ее внедрения. Всем мало-мальски подготовленным агрономам и экологам известно природное явление ретроградации фосфатов. Оно протекает на кислых почвах, где в почвенном поглощающем комплексе присутствуют катионы алюминия и трехвалентного железа. При соединении их с анионом ортофосфорной кислоты образуется осадок, который нерастворим не только в воде, но и в кислотах. Даже растения с выраженной кислой реакцией корневых выделений (например, люпины, гречиха) не в состоянии потреблять из них фосфор, не говоря об остальных сельскохозяйственных культурах. Поэтому данная реакция выводит фосфор из биологического круговорота, и обработанные стоки уже не смогут служить полноценными удобрениями. Неудивительно, что подобные предложения вносят лишь академические химики и представители технических наук, незнакомые с агрономией.

Гашеная и негашеная известь тоже небыстречны: подщелачивание известью жидкого навоза приведет к массовому образованию гидроксида аммония, которая немедленно разлагается на воду и аммиак. Таким образом, значительное количество необходимого сельскохозяйственным

культурам азота будет безвозвратно улетучиваться с аммиаком.

А нельзя ли эти отложения смыть?

В 2000 году автор данной статьи совместно с коллегами из Белорусского национального технического университета А.В.Каравосовым и А.Д.Пашиным изучал солевые отложения в сернокислотных свинцовых аккумуляторах. По результатам этой работы в 2004 году был получен патент на изобретение № 6247 «Способ очистки металлической поверхности от солевых отложений». Тогда мы не знали об аналогичной проблеме на животноводческих комплексах и не пытались расширить сферу применения своего изобретения. Теперь становится очевидным, что оно вполне способно решить и эту проблему.

Для очистки пластин аккумуляторов от сульфата свинца используется двухстадийная обработка. Сначала, чтобы уменьшить адгезию и увеличить пористость слоя сульфата, пластины обрабатывают 35–43%-м раствором едкого натра, а затем растворителем солевых отложений — насыщенным раствором химически чистого нитрата аммония. Сульфат свинца вступает в реакцию с нитратом аммония, и образуются две водорастворимые соли — нитрат свинца и сульфат аммония.

Если этот метод применять на животноводческих комплексах, то от первой стадии обработки придется отказаться: она вызовет большие потери азота, поскольку едкий натр действует как известь. С другой стороны, основу рассматриваемых отложений составляют фосфаты и карбонаты кальция и железа. Осадки этих солей более пористы, чем сульфат свинца, а их кристаллы крупнее, так что, видимо, эффективность процесса от этого не снизится. Преобладание в отложениях карбоната кальция и карбоната железа установлено сотрудниками НАН РБ, которые работали вместе с Д.Ф.Кольгой. Они же констатируют, что реакция жидкого навоза слабощелочная, и это вполне логично с точки зрения химии: если бы навозная жижа была кислой, то она не выделяла бы амми-

ак. А так на всех фермах пахнет нашатырным спиртом. Откуда берутся кальций и железо? Первый — из выделений животных, второе — из материала трубопровода.

Упрощается задача и на второй стадии обработки. В аккумуляторе ионы любых посторонних металлов могут вывести из строя гальваническую пару, поэтому мы использовали только химически чистый нитрат аммония. Для очистки трубопроводов животноводческих комплексов целесообразно применять самый дешевый нитрат аммония — удобрение аммиачную селитру. В результате соли отложения превратятся в водорастворимые нитрат кальция и нитрат железа. Попутно получится карбонат аммония. Стоит напомнить, что в выделениях животных и человека ничтожно мало нитратов: азот в них представлен в основном уратами, которые преобразуются в аммиак ферментативным путем (уробактериями) и химически — гидролизом.

Технология получается предельно простой: нужно на некоторое время заполнять трубопровод раствором аммиачной селитры, а потом этот раствор использовать как удобрение. Отложения постепенно растворятся. Остается только экспериментально определить время выдержки, кратность обработок и промывок водой системы трубопроводов навозных стоков. Агрономы же сельхозпредприятий на нашем способе очистки солевых отложений в трубопроводах животноводческих комплексов только сэкономят. Весной не надо будет посылать разбрасыватели минеральных удобрений на подкормку озимых зерновых культур, многолетних трав — необходимое количество азота будет внесено с жидкими органическими удобрениями.

Кандидат сельскохозяйственных наук

В.Т.Каравосов,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Бактерии, антибиотики и миллиметровые волны

О бактериях мы знаем очень давно, об антибиотиках, убивающих бактерии, — с начала XX века. В 1928 году Флеминг открыл пенициллин и был удостоен за это Нобелевской премии. Правда, первое вещество из этого класса — пиоцианин — было открыто раньше, но производство и использование началось с открытия пенициллина.

Производство антибиотиков непрерывно растет. За последние 50 лет оно только в США увеличилось в 25 раз, и теперь превышает 25 тысяч тонн ежегодно. Сейчас мировое производство этих веществ за год возрастает в среднем на 20%. Антибиотиками лечат пациентов, страдающих дифтерией, холерой, сальмонеллезом, бруцеллезом, туберкулезом, сибирской язвой, менингитом, сифилисом и другими бактериальными заболеваниями. Применяют их и в животноводстве. Появляются все новые и новые антибиотики: квантамыцин, ванкомицин, цефалоспорины, вентурицидин, фосфомицин, осамицин, платенсимицин, дорипенем, авопарсин — трудно даже упомянуть. Их не только находят в природе, но и синтезируют химическим способом.

В школьных и вузовских учебниках, в научно-популярных книгах и журналах, в специальной литературе о бактериях и антибиотиках написано столько, что нам порою кажется, мы знаем о них практически все, и больше читать об этом неинтересно. Однако нам еще рано праздновать победу над бактериальными болезнями: от них продолжают умирать люди. Не помогают даже новые антибиотики. Недавно в медицинском журнале был описан редкий случай смерти от стафилококковой инфекции, когда не помог ванкомицин — обычно этот антибиотик хорошо ее подавляет. Или другой случай: энтерококк проник в клапаны сердца и другие органы, вызвав очень сложное заболевание, — с ним не справился цефалос-

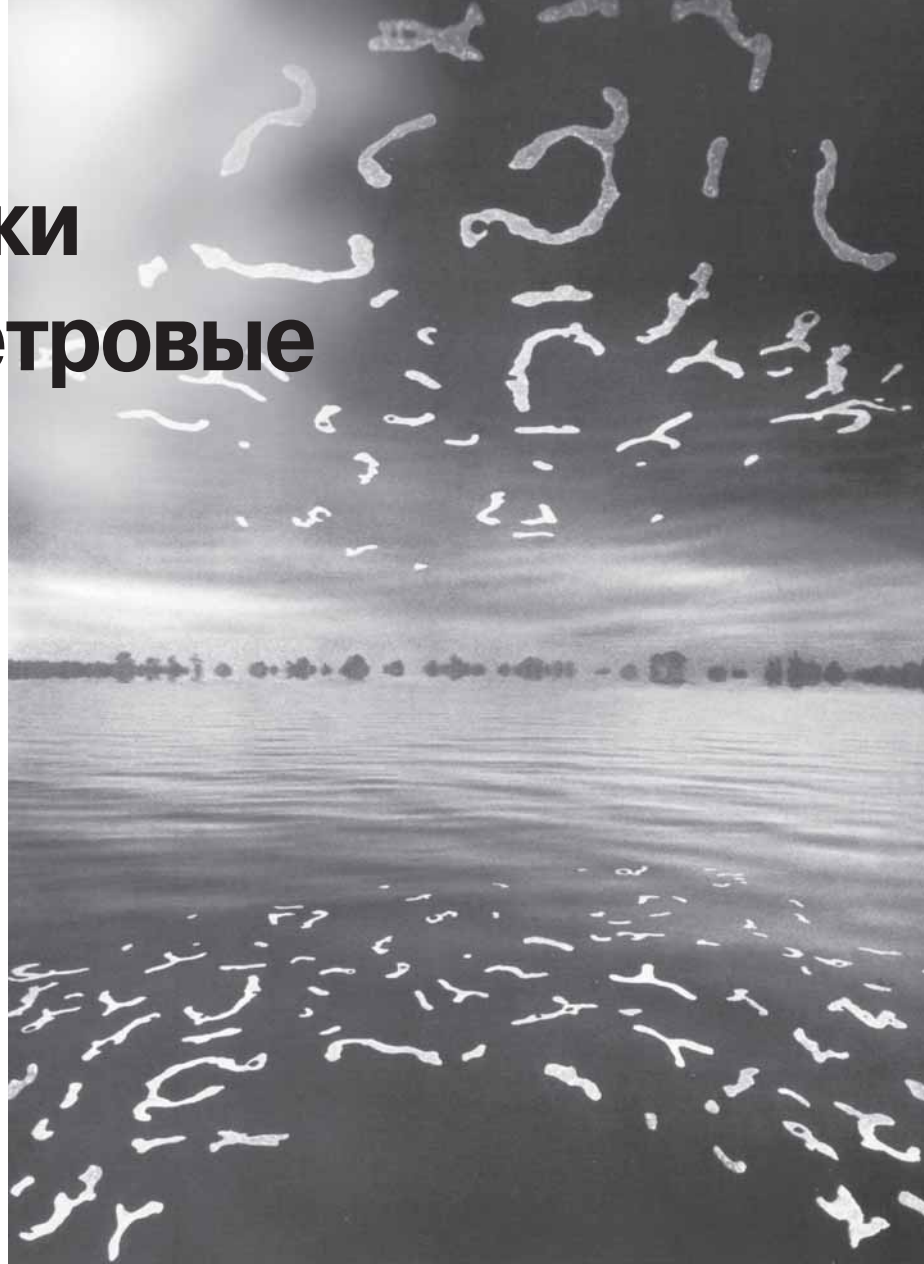


фото В. Бугырина

порин. Все больше и больше людей умирает от туберкулеза, вызванного микобактериями...

Что же делать? Прежде всего мы должны понимать, что бактерии широко распространены в природе и составляют часть нашей жизни. Они обитают даже в кишечнике — их там около 400 видов, а общая масса бактерий в кишечнике одного человека — примерно 1 кг. Они постоянно присутствуют на нашей коже, внутренних поверхностях легких и кишечного тракта. Микробы-симбионты часто защищают нас от разных болезней, в том числе бактериальных инфекций, резистентных к антибиотикам, от гнилостных процессов в кишечнике. Такие взаимодействия мало изучены, но уже известно, что к ним могут быть причастны электромагнитные волны. (См., например, статью Trushin M.V. «The possible role of electromagnetic fields in bacterial communication», J. Microb. Immunol. Infect., 2003, т. 36, с.153–160.)

В природе антибиотики могут производить непредсказуемые эффекты. В бактериальных сообществах всегда имеются резистентные к ним клетки. Это определяется генами. Мутации иногда изменяют свойства и активность ферментов, разрушающих или инактивирующих антибиотики. Другие гены кодируют мембранные транспортные белки, которые выводят антибиотики из клеток бактерий, если те проникли внутрь, но еще не запустили механизмы разрушения клетки. Подобный насос для тетрациклина или хлорамфеникола у энтерококков и стрептококков нашел профессор Стюарт Леви, директор Центра адаптационной генетики и устойчивости к лекарствам Университета Тафтса (США). Недавно он рассказывал о своих открытиях на Биоэлектромагнитном конгрессе в Швейцарии. Таким образом, резистентность к антибиотикам могут обеспечивать самые разные механизмы.

Если в сообществе нет генов резистентности, то практически все бактерии

чувствительны к антибиотикам. Однако незначительная часть клеток может приобретать устойчивость благодаря мутациям. Хотя они возникают не очень часто, но уж если гены резистентности появились в отдельных клетках, то все больше и больше бактерий становятся резистентными. Это происходит и благодаря размножению выживших бактерий, когда гены передаются дочерним клеткам в составе бактериальной хромосомы, и благодаря переносу генов из одних клеток в другие в составе плазмид – небольших кольцевых молекул ДНК, существующих независимо от основной хромосомы.

Здесь мы имеем дело с очень интересным явлением: антибиотики сами стимулируют резистентность к ним бактерий. Вероятно, они повышают изменчивость и выступают как фактор отбора, способствующий выживанию устойчивых форм. Использование ванкомицина против энтерококков несколько лет подряд привело к накоплению не только ванкомицин-резистентных энтерококков, но и резистентных стафилококков, благодаря межвидовому переносу плазмид. Многие становятся известными о резистентных бактериях, вызывающих туберкулез и менингит. С другой стороны, энтерококки развивают резистентность одновременно и к авопарсину, и к ванкомицину. Недавно исследователи из лаборатории С. Леви обнаружили, что на коже человека увеличилось количество устойчивых бактерий, когда члены его семьи активно лечились антибиотиками («Scientific American», Special Suppl., 2007, т.2, с. 62–69). Можно представить, какой сильный отбор на устойчивость идет в больницах и госпиталях! При этом обмен микробами между популяциями людей, живущих в разных областях и странах, становится все более интенсивным. Антибиотики недавно даже называли социальными лекарствами, которые в тех или иных группах общества приводят к весьма разным эффектам. Дело в том, что действие антибиотиков зависит от предыстории их использования в разных группах общества, в разных странах и регионах.

Иногда возникают диспуты о том, нужен ли поиск новых антибиотиков в природе и стоит ли их синтезировать. Но когда борьба с опасными инфекциями не дает результатов, врачи все же высказываются за продолжение исследований. Одним из альтернативных путей может быть поиск веществ, способных ингибировать ферменты или транспортные насосы бактерий, разрушающие антибиотики или выводящие их из клеток.

Конечно, нужен строгий контроль использования антибиотиков. Исследова-

тели считают, что приблизительно в трети случаев нет необходимости их назначать. Кстати, в некоторых странах эти препараты можно купить без всякого рецепта. Огромные количества антибиотиков используют не только для лечения заболевших животных, но и для стимулирования роста молодняка. Аэрозолями с антибиотиками опрыскивают деревья, обрабатывают поля. Все это, конечно, помогает в борьбе с бактериями, но в то же время способствует появлению и увеличению количества резистентных микробов.

За последние годы появился еще один интересный аспект этой проблемы, связанный с электромагнитными волнами крайне высоких частот. Эти миллиметровые волны испускаются радами, спутниками и другими аппаратами телекоммуникации. Эти же волны используются и для мобильной связи. Все больше людей покупают мобильные телефоны, расширяется сеть передающих устройств и антенн, которая концентрируется в густонаселенных зонах, создавая большие потоки мощности. Электромагнитные волны крайне высоких частот применяют также в терапевтической практике.

Находясь на биоэлектромагнитных конгрессах в Финляндии, Франции, Швейцарии, я слышал о фактах прямого воздействия мобильных телефонов и аппаратов связи, работающих на миллиметровых волнах, на человека и в эксперименте – на животных. Сообщалось об изменениях в головном мозге, нарушениях в нейронах, о развитии различных заболеваний, в том числе болезней крови, диабета и даже рака слухового нерва. Такое трудно себе представить, однако, наверное, уже пора обратить серьезное внимание на последствия разговоров по мобильному телефону, а может быть, и ограничить их использование. Научно-технический прогресс – часть нашей сегодняшней жизни, но все должно быть в меру, чтобы не навредить человеку и природе.

Недавно в нашей лаборатории на кафедре биофизики в Ереванском государственном университете мы показали, что очень слабые и сверхслабые потоки мощности миллиметровых волн ($0,06 \text{ мВт/см}^2$) не только значительно подавляют рост и выживаемость бактерий в определенных условиях (например, в анаэробных условиях в так называемых богатых или же солевых минимальных питательных средах), но и усиливают их чувствительность к различным химическим веществам, в том числе к антибиотикам. Эти результаты опубликованы в американском журнале «Cell Biochemistry and Biophysics» (2008, т. 51, с. 97–103). Правда, эксперименты мы провели пока только на кишечной



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

палочке и энтерококках с тетрациклином и хлорамфениколом, но исследования продолжаются с другими антибиотиками, и, по-видимому, обнаруженный эффект подтвердится. В мире подобные эксперименты пока никто, кроме нас, не проводил.

Вероятно, для подавления устойчивости бактерий можно обрабатывать их и миллиметровыми волнами, и антибиотиками, что позволит снизить дозы последних.

Однако не приведет ли это к появлению сверхрезистентных бактерий – и к антибиотикам, и к электромагнитным волнам? На этот вопрос пока ответить трудно, поэтому нужен строгий контроль над обоими факторами. Следует заметить, что во многих странах, в том числе и в России, уже созданы специальные агентства по биоэлектромагнитной безопасности, которые должны заниматься мониторингом потоков электромагнитных волн. Не исключено, что бактерии совсем по-особому ведут себя в биопленках, формирующихся в кишечнике человека, и в различных природных биотопах, где антибиотики оказывают свое действие лишь в гораздо больших количествах, чем в экспериментах. Такие же эффекты могут иметь место и в биопленках, образующихся на гладких и шероховатых поверхностях различных приборов, инструментов, оборудования, помещений и др.

Будут ли электромагнитные волны, повышающие чувствительность микроорганизмов к антибиотикам, приводить к новым изменениям распространенных в природе бактерий, к росту количества резистентных форм – покажет время. Тем не менее надо учитывать этот новый и очень важный фактор и уже сегодня разрабатывать меры контроля за использованием электромагнитных волн. Ясно, что биоэлектромагнитная безопасность человека и окружающей среды очень важна, и необходимы новые исследования.

член-корреспондент
НАН Армении
Армен Трчунян

Третий газ

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

Современная физиология живет по команде: «Газы»! Сначала оказалось, что простая неорганическая молекула монооксид азота (NO) регулирует просвет сосудов, влияет на работу иммунной системы и выполняет функции нейротрансмиттера. В середине 1990-х годов компанию ему составил еще один сосудорасширяющий газ — монооксид углерода (CO). Но исследователи не прекращали поиски и обнаружили третий газ-регулятор — сероводород. Он тоже расширяет сосуды, а еще выполняет множество других функций, исследование которых продолжается до сих пор.

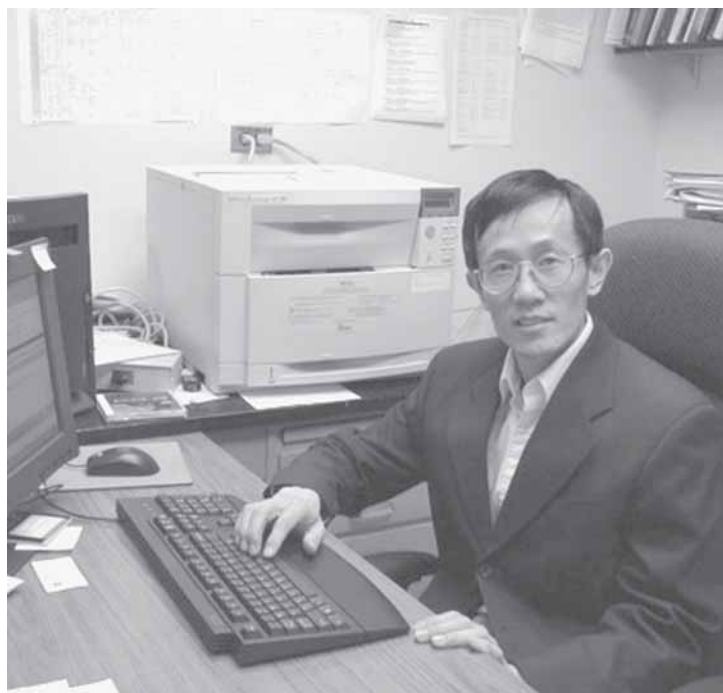
Вот — сероводород

Мысль о сероводороде ни у кого не вызывает восторга: уж очень он вонючий, а главное — ядовитый. H_2S легко проникает сквозь клеточные мембраны, связывает ионы железа и нарушает клеточное дыхание. Первой страдает нервная система. Конечно, если понюхать разок-другой тухлое яйцо, это здоровью не повредит, но систематическое пребывание в атмосфере сероводорода вызывает чихание и кашель, общую слабость, головную боль, тошноту, головокружение и бессонницу. При концентрации газа 700 мг/м^3 у человека начинаются судороги и он теряет сознание, а при 1000 мг/м^3 умирает в течение нескольких минут.

К счастью, в организме сероводород присутствует в значительно меньшей концентрации; в сыворотке и большинстве тканей она составляет около 50 мкМ , и только в мозгу в три раза выше и приближается к опасному уровню.

Сероводород в организме образуется в результате ферментативных реакций. Субстратом для них служит серосодержащая аминокислота L-цистеин, а возможных путей синтеза два (см. рис.). В одном случае две молекулы цистеина образуют цистин, который при участии фермента цистатионин-γ-лиазы (ЦЛ) расщепляется на тиоцистеин, пируват и аммиак. Затем тиоцистеин, уже без всяких ферментов, распадается на цистеин и сероводород. Второй метаболический путь начинается с конденсации цистеина и гомоцистеина, при которой высвобождается сероводород. Этот процесс регулирует фермент цистатионин-β-синтаза (ЦС). ЦС действует в основном в центральной нервной системе, а ЦЛ — в клетках гладкой мускулатуры сосудистых стенок и кардиомиоцитах (мышечных клетках сердца). В печени и почках работают оба фермента. H_2S в организме не накапливается — он окисляется до тиосульфата, сульфита и сульфата, его уровень иногда определяют по содержанию тиосульфата в моче.

Сероводород — молекула, весьма способная к химическим реакциям, особенно с теми соединениями, которые содержат кислород и азот, в том числе с супероксиданионом (O_2^-), гипохлоридом (ClO^-), пероксинитритом



Профессор Ван Жуй из Канады обнаружил, что сероводород расширяет сосуды

(ONOO⁻). Все эти ионы повреждают белки и липиды, а H_2S , следовательно, защищает от повреждений многие молекулы. Взаимодействует сероводород и с оксидом азота, понижая его концентрацию в сыворотке (а NO, в свою очередь, влияет на синтез H_2S).

Один из корифеев сероводородоведения, американский исследователь Соломон Снайдер, обнаружил, что молекулы H_2S взаимодействуют с серосодержащими аминокислотами некоторых белков, изменяя таким образом их конформацию и активность. Этот процесс Снайдер назвал сульфгидрацией. В ходе сульфгидрации сера атакует связь «сера-водород», превращая ее в связь «сера-сера-водород». В результате цистеин приобретает дополнительный атом серы, пространственная структура белковой молекулы меняется, и она становится более доступной для других химических реакций. Оксид азота, по предварительным данным, взаимодействует с белками аналогичным образом, однако он преобразует примерно одну из ста молекул цистеина, а сульфгидрация модифицирует 10–20 аминокислот из каждой сотни. Возможно, сероводород действует менее избирательно, чем оксид азота, для которого большее значение имеет положение цистеина в молекуле белка. Снайдер полагает, что H_2S изменяет активность по крайней мере сорока белков печени. Один из этих белков — глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа (GAPDH), которая участвует в процессе гликолиза. Под действием сероводорода активность фермента возрастает в семь раз. Физиологи с нетерпением ждут продолжения исследований в этой области. Вообще, данных о сероводороде на различные физиологические параметры довольно много, но в систему они пока не приведены и подчас противоречивы.

Сероводород и сосуды

Сероводород прославился как сосудорасширяющий газ. Обнаружил это свойство канадский ученый Ван Жуй методом научного тыка. Он работал и с крысиными артериями, и с живыми крысами, которым вводил в вену сероводород или раствор NaHS в физиологических концент-

стенок. В некоторых случаях он подавляет воспалительную реакцию, в других, правда, стимулирует.

Кроме того, сероводород защищает сосуды от повреждающего действия активных форм кислорода и гомоцистеина. Эта аминокислота – метаболический предшественник цистеина, метионина и серы. При избытке гомоцистеина в плазме возрастает риск развития атеросклероза и смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. Инъекции NaHS приводят к сокращению атеросклеротических бляшек у линии крыс, которые склонны к их образованию. Зато они же замедляют восстановление поврежденной внутренней оболочки артерии.

Сероводород и другие болезни

АТФ-зависимыми калиевыми каналами изобилуют миокардиоциты — клетки сердечной мышцы. И сероводород влияет на их жизнеспособность. Так, у крыс с экспериментально вызванным инфарктом уровень H_2S в миокарде и плазме составляет лишь 40% от физиологической нормы, а инъекции гидросульфида натрия снижают крысиную смертность и уменьшают постинфарктную область некроза. А если оросить крысиное сердце раствором NaHS до инфаркта, сероводород уменьшит область последующего поражения.

Еще один тип клеток, в котором много калиевых каналов — β -клетки поджелудочной железы, которые вырабатывают инсулин. Но при сахарном диабете сероводород не помогает, напротив, его избыток мешает β -клеткам адекватно реагировать на изменение концентрации глюкозы. В крови больных диабетом исследователи находят избышек цистеина и избыточную активность обоих ферментов, ЦС и ЦЛ. Таким пациентам, возможно, помог бы хороший ингибитор ферментов.

Уровень сероводорода повышен и у крыс, пострадавших от септического шока. Сепсис — это бактериальная инфекция, а липополисахариды бактериальной стенки расширяют сосуды. Эффект бывает так велик, что больной теряет сознание. Оказывается, и здесь не обходится без H_2S .

А еще он защищает слизистую оболочку желудка от некоторых повреждений, вызванных аспирином и нестероидными противовоспалительными лекарствами, зато другие повреждения, вызванные теми же препаратами, усугубляет. Неоднозначна роль H_2S и в развитии воспаления. А вообще, существует довольно длинный и постоянно растущий список расстройств, связанных с изменением концентрации сероводорода, при которых помогает либо инъекция раствора NaHS, либо ингибитор соответствующего фермента. Большинство этих данных получены на крысах (низкий им поклон!), и сейчас исследователи разбираются в том, как обстоят дела у людей.

Сероводород и нервная система

В мозгу, как мы помним, за синтез H_2S отвечает фермент цистатионин- β -синтаза. (Интересно, что и NO и CO, ингибируют действие ЦС в мозгу, а в сердечно-сосудистой системе оксид азота повышает активность ЦЛ.)

У человека ген ЦС находится в 21-й хромосоме. Следовательно, в мозгу пациентов с болезнью Дауна (трисомия по 21-й хромосоме) ЦС должно быть больше нормы. И действительно, у этих больных обнаружили в моче избыток тиосульфата — продукта утилизации H_2S , что косвенно свидетельствует о повышенном содержании сероводорода в мозгу больных. А сероводород, как мы помним, сильный нервный яд — ингибитор клеточного дыхания, к

тому же он обладает свойством чрезмерно стимулировать нейроны. Не исключено, что избыток H_2S вносит изрядную лепту в умственную отсталость пациентов с тремя 21-ми хромосомами. Неудивительно также, что повышенную концентрацию сероводорода специалисты обнаруживают в коре головного мозга больных ишемическим инсультом, а ингибиторы ЦС уменьшают площадь поражения. Но, с другой стороны, сероводород защищает нейроны от действия другого нейротоксина, глутамата, который в избытке образуется при эпилептических припадках, фибриллярных судорогах, ишемии мозга или травмах. Начало судорог, оказывается, стимулирует активность ЦС в гиппокампе и повышает уровень сероводорода в плазме. Возможно, синтез сероводорода представляет собой защитную реакцию организма на судороги, поскольку введение гидросульфида натрия смягчает их последствия. Кроме того, H_2S оберегает мозг от действия активных форм кислорода и азота.

В конце прошлого века японские ученые из лаборатории профессора Хидео Кимуры обнаружили, что в мозгу пациентов с болезнью Альцгеймера уровень сероводорода ниже, чем у здоровых людей того же возраста, из-за дефицита S-аденозилметионина, активатора ЦС. Введение гидросульфида натрия усиливает длительную активацию нейронов гиппокампа — отдела мозга, ответственного за научение и память. Возможно, сероводород поддерживал бы угасающую память больных. H_2S также активизирует астроциты — клетки, которые снабжают нейроны питательными веществами, а возможно, и участвуют в передаче информации.

Лечиться будем?

Все вышеизложенное — лишь краткий и неполный рассказ о физиологической роли сероводорода. Исследований, проведенных на людях, гораздо меньше, чем на животных, а молекулярные механизмы действия H_2S не всегда понятны. Однако ясно уже сейчас, что введение сероводорода может помочь пациентам с гипертонией различной этиологии, ишемической болезнью сердца, эректильной дисфункцией, гастритами, колитами, фебрильными судорогами. Пострадавшим от септического шока, панкреатита и ишемического инсульта сероводород вреден, и таким больным нужно вводить ингибиторы фермента. Сделать это, однако, гораздо сложнее, чем кажется на первый взгляд.

Например, в какой форме назначать пациенту сероводород? Дышать им неприятно, а контролировать его терапевтический эффект сложно, поскольку он зависит от многих факторов, в том числе от действия других газорегуляторов, оксидов азота и углерода. Контролировать концентрацию тоже сложно, а газ ядовитый. Постоянно жевать свежий чеснок, который стимулирует образование H_2S в организме, — нереально. Вводить больному гидросульфид натрия тоже плохо, потому что эта соль быстро разлагается и может вызвать резкое падение давления. Идеальный донор сероводорода, который высвобождал бы H_2S постепенно и долго, пока не нашли.

Известные ингибиторы ЦС и ЦЛ тоже нельзя использовать в качестве лекарств, потому что они действуют неизбирательно. Один из ингибиторов, пропаргилглицин, ядовит и годится только для экспериментов на животных, другие плохо проходят через клеточные мембраны.

Существуют, правда, лекарства, которые влияют на уровень сероводорода. Большинство из них используют для регуляции синтеза NO, например L-аргинин, который стимулирует образование H_2S при легочной гипертонии (ги-

пертонии, вызванной долгим пребыванием при пониженном давлении). Ацетилсалициловая кислота и нестероидные противовоспалительные лекарства ингибируют активность ЦС при заболеваниях слизистой желудка. Возможно, эффективными окажутся и некоторые препараты, традиционно назначаемые при болезнях сердечно-сосудистой системы.

Исследования идут полным ходом. Западные фармацевтические фирмы сейчас вовсю работают над тем, как приспособить сероводород для терапевтических целей и сотрудничают с ведущими специалистами. Ванг, например, работает над внедрением сероводородных групп в уже существующие лекарства, в том числе силденафил и обезболивающие аспирин и диклофенак. Другие исследователи пытаются найти иные переносчики сероводорода.

Наверное, усилия ученых в конце концов увенчаются успехом, но вряд ли они смогут предложить человечеству панацею. Далеко не все исследователи разделяют мнение Соломона Снайдера, который отводит сероводороду главную роль во внутриклеточной сигнализации. Многие полагают, что H_2S — лишь один из регуляторов, роль которого особенно велика в тех тканях, где поврежден или отсутствует сосудистый эндотелий, а следовательно — оксид азота.

А если все-таки подышать?

Совершенно неожиданный эффект сероводорода обнаружили сотрудники лаборатории американского исследователя Марка Рота. Оказалось, что этот газ подвергает животных в состояние, подобное летаргическому сну или начальному этапу зимней спячки. Исследователи помещали мышей в прохладную камеру, в атмосферу, содержащую 80 миллионных долей H_2S . В первые же минуты животные стали засыпать и остывать, при этом потреб-

ление кислорода у них уменьшилось вполтину, а выделение CO_2 — на 60%. Через шесть часов пребывания в камере температура поверхности мышинного тела была всего на два градуса выше внешней ($15^\circ C$ при $13^\circ C$ в камере), а потребление кислорода и выделение углекислого газа при этом составляли только 10% от нормы. Частота дыхания тоже сократилась от 120 до 9–10 вдохов в минуту. Ученые обнаружили линейную зависимость между концентрацией сероводорода и температурой поверхности тела. Когда после шестичасовой экспозиции мышей возвращали в обычные условия, они постепенно приходили в норму. Длительное пребывание в атмосфере, содержащей ядовитый газ, не повлияло на их последующее поведение и не вызвало никаких функциональных нарушений. Причину «охлаждающего» эффекта сероводорода ученые видят в том, что этот газ специфически подавляет работу ферментативного комплекса цитохром-с-оксидазы, одного из важнейших ферментов клеточного дыхания. Но вряд ли H_2S в естественных условиях принимает участие в регуляции зимней спячки или возникновении летаргического сна, поскольку концентрации газа, использованные в эксперименте, были слишком далеки от физиологических.

Состояние, в которое впадают мыши под действием H_2S , интересует ученых с практической точки зрения. Возможность управлять этим процессом пригодилась бы при некоторых хирургических операциях и консервации органов. Так что исследования в этой области продолжаются. И безусловно, физиологи продолжат поиски других газов-регуляторов. Скорее всего, на очереди у них аммиак.



ОБ АРХИВЕ



Архив «Химии и жизни» за 42 года — это более 50 000 страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям. Предупреждаем: архив защищен от копирования, можно переписывать только отдельные статьи и рисунки, но не весь диск. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала www.hij.ru и по телефону (499) 978-87-63.

О ПОДПИСКЕ



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки — 600 рублей за полгода. Для этого нужно отправить запрос по электронной почте redaktor@hij.ru, мы вышлем квитанцию для оплаты через Сбербанк.

Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через киоск: www.hij.ru/kiosk.shtml.

Подписаться можно также на любой почте: каталоги «Роспечать», индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), индексы 88763 и 88764; «Межрегиональное агентство подписки» (Почта России), индексы 99644 и 99645, а также обращайтесь в агентства «Урал-пресс», uralpress.ur.ru, «Вся пресса», (495) 906-07-35; «Артос-Гал», (495) 981-03-24 и другие.

Наша книжная полка



А. Левинтов.
«Книга
о вкусной
жизни»,
Москва,
«Издательство
Ольги
Морозовой»,
2008

Библия советских гурманов

Название книги отсылает к библии советских гурманов — «Книге о вкусной и здоровой пище». Аллюзию подкрепляет подзаголовок «Небольшая советская энциклопедия». Точнее сказать, это многообещающее название серии книг. Кстати, определение «здоровая», которое напрашивается в пару к «вкусной», Александр Левинтов беспричинно опускает. Да уж, описываемые в книге копчености и соленья к здоровой пище не отнесешь. Но с каким азартом автор описывает эту вредную для здоровья еду! Какими красками рисует бесподобные натюрморты! Если вы на диете, эта книга вам противопоказана. Сорветесь. Читатели же, не озабоченные самоограничениями в еде, могут получить от книги почти чувственное удовольствие. Судите сами: «Хорош, например, бутерброд из черного хлеба и горячей котлеты, но все-таки лучше идет котлета с гарниром: картофельным пюре или вермишелью. Разломишь ее, исходящую паром и жаром, растопчешь в вермишели или пюре... На первое был борщ, от которого до сих пор горят щеки, впереди — клюквенный кисель в большой обливной кружке, с загустевшей пенкой. А тут — непревзойденный аромат и добротно-домашний вкус настоящей котлеты. Славно-то как...» Или: «Пиво тяжелой

пенной плотно и медленно заполняет пространство высокого тонкого бокала, быстро покрывающегося холодным потом. В другую руку сам собой ложится длинный бутерброд: упругий ситный хлеб, вологодское масло и свежайшей желтизны, со слезой, полупрозрачный лоскут серо-розового белужьего бока, сочащийся лимонным соком. Вы пьете большими алчными глотками...»

Судя по всему, Александр Левинтов — незаурядный рассказчик, спорый на байки и виртуозно владеющий русским языком (а это, как ни странно, довольно редкое явление). Его рассказ — что-то среднее между поэмой и живописным полотном старинной фламандской работы. Кстати, суперобложка являет собой такой вот натюрморт с устрицами, бокалом вина и жареными каштанами. Но между тщательно выписанными буржуазными деликатесами аккуратно вмонтированы изображения блюд советской кухни — хлопья «Геркулес», шпроты, консервированная кукуруза и даже «лапшевник с молоком» (кто бы знал, что это такое?). Выглядит очень респектабельно и в то же время прикольно.

Жанр энциклопедии позволяет представить материал в виде сюжетно не связанных главок, что в данном случае весьма уместно: под одной обложкой объединены написанные в

разное время эссе на продуктово-кулинарные темы. Книга разбита на четыре раздела («Рыба», «Мясо», «Не рыба, не мясо» и, с моей точки зрения, лишний раздел «Послеобеденное и потустороннее»). С одной стороны, чтение необременительно-легкое, с другой — познавательное. Рассказчик, хоть и не профессиональный кулинар, аппетитно описывает технологию изготовления и приготовления разных видов еды, порой приводит свои рецепты, сообщает вряд ли известные обычному едоку сведения о сортах мясных продуктов, видах рыбы. Знаете ли вы, например, что знакомый нам по гоголевскому «Ревизору» лабардан — это треска?

В рассказ о пищевых пристрастиях и застольных традициях советских времен вплетаются история семьи и история страны. Да и география тоже. География с точки зрения гурмана: где делали лучшие шашлыки, где самая вкусная копченая рыба, и все в таком роде. Рассказ ведется от первого лица, и личность автора не то что выступает, а прямо-таки выпирает из текста. Оно и хорошо, однако некоторые сравнения могут показаться... мм-м, грубоватыми, а иные оценки — пристрастными. Но Александр Левинтов непринужденно удерживает баланс между легкостью и серьезностью. Плюс самоирония. Только, было, читателю показалось, что автор слишком расхвастался, а он уже сам над собой посмеивается: «Но я, во-первых, хоть что-то умею, а как я умею врать и сочинять — пальчики оближешь! Но все мои неумения и враки, они безобидны и для украшения жизни».

«Да есть ли у книги недостатки?» — скажете вы. Пожалуй, есть, и претензии тут к редактору. Автору, ясное дело, дорога каждая строчка. А вот редактор мог бы заметить повторы. Они возникли в результате того, что главы книги написаны в разное время, видимо, для периодической печати. Собственно, из-за повторов это и становится понятным читателю. Последний раздел книги относится к эмигрантскому житью-бытью и вообще не вписывается в жанр «небольшой советской энциклопедии».

Как ни банально, эта книга — хороший подарок. Интересно будет всем. При этом после прочтения не возникает желание от нее избавиться, чтобы не захламлять квартиру. Хочется оставить ее в доме, ведь в ней, помимо прочего, есть масса полезной информации. А вдруг мне когда-нибудь захочется запечь буженину?



А. фон Шёнбург.
«Искусство стильной бедности»,
Москва, «Текст», 2009

Правила жизни в эпоху кризиса

Ну, дожили! Граф фон какой-то будет нас учить, как жить в бедности! Сам он бедствует с детства. Его род беднел на протяжении пяти веков, и вот к чему это привело: «Отец, как правило, носил не раз штопанную рубашку и надевал кожаные брюки, жалея матерчатые» (о, кожаные брюки — одежда бедняков!); «его «Жигули», его кожаные брюки и изношенные рубашки не раз вызывали у меня отвращение»; «я постоянно донашивал вещи моего брата и кузенов»; «под подушками и красочными покрывалами пряталась мебель, купленная в «Икее»!». В утешение графу можно сказать — правда, он этого не узнает, — что на «Жигулях» да в кожаных брюках его папа был бы воплощением материального достатка в Москве 70—80-х годов, а «Икея» — эталон стиля для многих россиян уже в XXI веке. И теперь он дает нам уроки стильной бедности? Русский народ специально для таких случаев придумал грубую поговорку: «Учи свою тещу щи варить».

Собственно, книга эта не для нас и писана. Нас («русских») граф фон Шёнбург скопом записал в вульгарные нувориши, попятившихся умом от шальных денег. Оцените, например, фразу: «Тот, кто сегодня кичится благополучием, вызывает подозрение (русский? сутенер? Татьяна Гзель?» (Татьяна Гзель — это полька, незаслуженно разбогатевшая, судя по репликам графа в ее адрес.) Книга адре-

сована привыкшим к материальному достатку европейцам, внезапно лишившимся высокооплачиваемой работы. Граф фон Шёнбург объясняет, что в результате таких перемен качество жизни может не снизиться, а, наоборот, повыситься, и приводит разумные аргументы.

Его основная идея заключается в отказе от безудержного и бессмысленного потребления. И в своей книге он учит минимизировать расходы, не ущемляя себя при этом в удовольствиях. Многие мысли графа звучат банально, например: «Элегантность зависит не от того, какую одежду вы носите, а от того, насколько она вам идет», — но не согласиться с этим утверждением (как и с прочими подобными) нельзя. Не будем спорить и с тем, что «вся одежда должна быть дешевой, купленной либо на распродаже, либо в секонд-хенде», а подделки под изделия известных марок ничуть не хуже, зато стоят на порядок меньше («оригиналы пусть покупают русские олигархи»).

Может показаться, что граф начисто лишен снобизма, свойственного его сословию. Но при внимательном прочтении понимаешь, что идея избранности и ее демонстрации окружающим ему отнюдь не чужда. Так, он с удовольствием вспоминает, как некий ресторатор «подавал избранным гостям тушеный бычий хвост и королевский омлет, а адвокаты за соседними столиками... бросали на нас завистливые взгляды, не найдя наших блюд в меню». В другой раз он проговаривается, что «сегодня нет ничего обычного мобильного те-

лефона, и те, кто стремится выделиться из толпы, отказываются от круглосуточной доступности». Ага, пока мобильник был диковинкой, они от круглосуточной доступности почему-то не отказывались! Судя по всему, наш граф совсем не прочь показать окружающим, что он им не чета. Так сказать, выделиться из толпы. Но отдает себе отчет в том, что выделяться за счет обладания предметами роскоши ему не позволят невысокие доходы. Лиса из басни в такой ситуации объявила: «Зелен виноград!» А граф заявляет, что роскошь уже не модна и свидетельствует о дурном вкусе: «Вульгарно все, что источает запах денег». Короче, «стильный» и «дорогой» — практически антонимы. Мы и не спорим.

Вывод из всего сказанного: чтобы жить лучше, нужно меньше тратить. Значит, не нужно много зарабатывать. Следовательно, не нужно много работать. Для графа фон Шёнбурга это принципиальный вопрос. Работу он считает досадной необходимостью, отвлекающей от настоящей жизни. Он не может простить Лютеру, что после Реформации работа стала занятием достойным, а безделье — безнравственным. Досталось от графа и Марксу с Энгельсом за «право на труд». Что делать, аристократ!

Но каковы бы ни были мотивы «отказа от потребительства», сам по себе этот отказ, безусловно, дело нужное. И книга, изданная «Текстом» в 2007 году и переизданная в 2008 и 2009-м, сейчас актуальна как никогда. Дело в том, что написана она была Александром фон Шёнбургом в 2005 году после того, как он попал под сокращение штатов и был вынужден резко уменьшить расходы. И ему новая жизнь понравилась. Переведенная на русский язык в 2007 году, эта книга оказалась эдаким «memento mori» для российских офисных служащих. На Западе массовые сокращения начались еще тогда, а до нас только сейчас докатилось. И возможно, самое время вспомнить те нехитрые правила жизни, которые открыл для себя уволенный по сокращению граф фон Шёнбург и которыми он делится с человечеством. Есть среди них и такие, которые мы просто не могли знать в советские времена. Например, о проведении отпуска, о борьбе с информационной зависимостью, о противостоянии шопинганию. Завершая книгу слова: «И не исключено, что кризис, в который мы сегодня погружаемся, — лучшее из того, что может с нами произойти». Очень душеподъемное чтение для пострадавших от этого кризиса (не шучу!).

Е.Лясота

И чтобы блестело, как...

Как учит нас философия, по крайней мере, тот ее доморощенный извод, который мы обязаны были знать, поступая в аспирантуру, есть два подхода к явлению — логический и исторический. Но логически понять, когда и почему мы говорим «полировать», а когда и почему — «шлифовать», не удастся. Если заглянуть в Интернет, то можно увидеть, что два эти термина часто употребляют как синонимы. Иногда так и пишут: «шлифовка (полировка)» — или в обратном порядке. Правда, металл вроде бы чаще шлифуют, хотя сталь и медь — полируют. Камень тоже чаще шлифуют, а мрамор и гранит — полируют. Дерево чаще полируют, а керамику — шлифуют. А еще есть химическая и электрохимическая полировка... Внимательное чтение источников приводит к правильному выводу, что под полировкой понимая процесс, который придает поверхности большую гладкость, то есть меньшую шероховатость. Можно даже сказать еще точнее: зеркальную поверхность. Для этого шероховатость поверхности должна быть существенно меньше длины волны света, то есть высота неровностей должна составлять в среднем менее 0,1 мкм. Но как достигается такая гладкость, почему существуют два термина и правильно ли они употребляются?

Попробуем подойти исторически, а поскольку машины времени все равно нет и, вопреки бреду, который иногда пишут околонучные журналисты, не предвидится, обратимся к старым учебникам, причем к самым простым. Тогда мы немедленно узнаем, что шлифовка и полировка — вещи принципиально разные. При шлифовке обрабатываемый материал режется твердыми частицами абразива. Соответственно абразив должен быть тверже обрабатываемого материала, а то, чем его частицы прижимаются к обрабатываемой детали, — достаточно жестким, чтобы передаваемого усилия хватало для разрушения материала. При этом обрабатываемая де-

таль может, хотя и не обязана, становиться глаже, потому что торчащие ее части скорее попадут под «удар» частиц абразива. Получаемая гладкость ограничена размерами частиц абразива. Хотя связь тут сложная, но в общем понятно, что крупные частицы оставляют более широкие «резы», более глубокие следы.

При полировке все происходит иначе. Никакого резания нет и в помине, а есть трение, разогрев, плавление и «вмазывание» расплавленного материала в углубления. Поэтому для обработки деталей в электронике полировка не рекомендуется — загрязнения «замуровываются» в трещинах и впоследствии могут влиять на работу приборов. Металл, вмазанный и мгновенно замерзший в углублениях, может не успеть кристаллизироваться. При этом в принципе могут увеличиться стойкость к истиранию и твердость. Трению и разогреву более подвержено то, что торчит, — соответственно

1



происходит уменьшение шероховатости. Абразивный материал может быть не столь твердым — он не должен резать. Соответственно если при шлифовке в качестве абразивного материала применяют алмаз, карбид кремния, алунд — оксид алюминия, карбид бора, то при полировке применяют, например, и окись хрома («пасту ГОИ»), и окись железа («крокус»), к твердым материалам не относящиеся. Да и основа, на которую нанесен абразив, может быть мягче, чем при шлифовании. Полировка возможна и вообще без абразива — тканью (блестящий участок на алюминии) и рукой (блестящий участок на резине, рядом — исходное состояние).

Впрочем, в ситуациях, когда нужна высокая плоскостность граней (оптическое стекло, декоративный хрусталь), основа, на которую нанесен абразив (полировальный круг), по видимому, должна быть жесткой.

Если принять все это за истину в последней инстанции, то металлы можно и шлифовать, и полировать, причем чем более тугоплавок металл, тем его будет труднее полировать, а чем тверже и прочнее — шлифовать. Камни и керамики, которые в основном тугоплавки, должны шлифоваться, а, скажем, стекло и полимеры могут и шлифоваться, и полироваться. Разумеется, дерево может только шлифоваться, а химические и электрохимические способы обработки называют шлифовкой и полировкой по недоразумению. Они на самом деле не являются ни тем, ни другим, но дело даже не в словах. А в том, что при химической и электрохимической обработке торчащее стравливается, удаляется, но, в отличие от полировки, не переносится в углубления и не консервирует загрязнения. Не является шлифовкой в классическом смысле слова и так называемая лазерная шлифовка кожи. По существу, это удаление поверхностного слоя клеток за счет бурного вскипания жидкостей в клетках, поглотивших лазерное излучение. Так сказать, локальный чайник



РАССЛЕДОВАНИЕ

А поводом для написания этой заметки послужило обнаружение на некой помойке вот какой замечательной вещи.

Это устройство для заточки «безопасных бритв», иначе называемых «лезвия». Лезвие закреплялось в зажиме (рис.1) и при возвратно-поступательном движении по направляющим (горизонтально, вверху и внизу) само поворачивалось то одной, то другой стороной и проезжало по трехгранной призме (рис.3), две грани которой были абразивными, с крупным и мелким абразивом (рис.2), а третья грань предназначалась для полировки и была мягкой, кожаной.

И тем не менее на этой мягкой и нежной коже происходило локальное плавление стали! Конечно, очень и очень локальное. А вообще-то заточка бритв на специальном ремне (и ножей на нем же — или просто на куске кожи) — широко известна и даже воспета в литературе. Тут и Буджолд, «Барраяр», и Форсайт, «Псы войны», и многое другое. Настоящее мужское занятие...

Автор признателен своим друзьям Тане и Яше, благодаря которым он попал в город Санкт-Петербург, причем именно в тот момент и в то место, где стояла рядом с помойкой, ожидая его жаждущего взгляда, эта замечательная вещица.

Л.Намер

Объявление

Школьное научное общество школы № 126 (Москва, ЮЗАО) ищет организацию или человека, который бы за не очень большую плату согласился на срок 1 месяц дать напрокат (одолжить) лабораторный воздушный термостат средних размеров (примерно 60 л, можно меньше) для проведения биотестов с природными субстратами. Фёдор Окольников, учитель химии и экологии, okolnikov-84@yandex.ru.



2

3



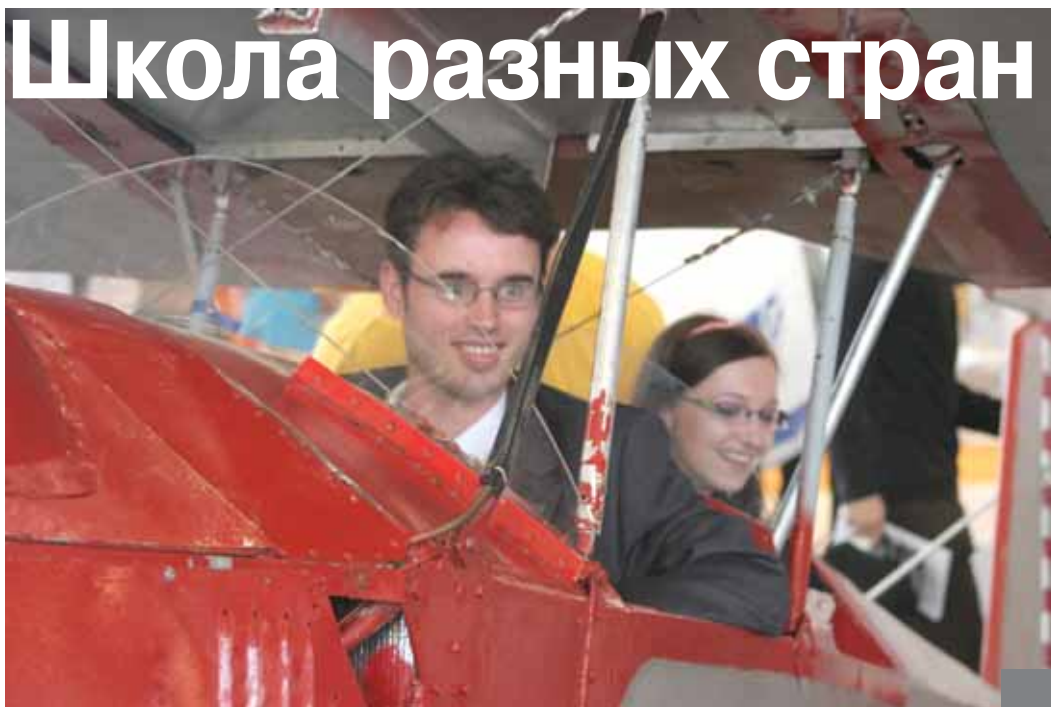
под кожей... Оно, конечно, весьма круто и пафосно, но мочалкой и мылом — заметно проще и дешевле. Иногда утверждают, что мочалка удаляет отмершие клетки, а лазерная шлифовка — и часть живых. Может быть, это и так, но не понятно, хорошо ли это. А скажем, так называемая лазерная полировка стекла носит это название отчасти и заслуженно: при локальном разогреве стекло расплавляется и силы поверхностного натяжения сглаживают шероховатости.

Если же присмотреться к ситуации внимательнее, то картина, как всегда, становится, к счастью, намного хитрее. Во-первых, только малая часть зерен абразива лежит так, что может именно резать — остальные просто трутся. При трении, да и при резании выделяется тепло. И если материал способен плавиться (при данном давлении пара), то он плавиться и будет. Поэтому шлифовка в чистом виде, без признаков полировки, возможна только при хорошем охлаждении зоны обработки. Во-вторых, даже если плавления не происходит, то сам нагрев — благо. Иначе за счет давления происходило бы и упрочнение обрабатываемой поверхности, то, что металловеды называют «наклеп». Но вот полировка без шлифовки вполне возможна.

Что же касается трельяжа и горки, то полировка дерева, хотя и не связана с плавлением, имеет нечто об-

щее с машиностроительной полировкой, а именно — заполнение впадин, но не исходной древесиной, а лаками, полиролями или иными веществами. В итоге поверхность и становится гладкой. Автомобилисты, которые придают большое значение состоянию и виду своих автомобилей, различают полировку абразивную и защитную, причем ко второй относят именно этот процесс.

Школа разных стран



Работа нужно не только собирать, но и запрограммировать

Наука с самого своего появления была интернациональной, и обучение ей тоже не замыкается в рамках отдельных государств. Помимо обычного способа – приглашать в свои учебные заведения иностранцев – существует и блиц-обучение: временные школы, в которых участвуют учителя и ученики из разных стран. Такая школа уже второй раз состоялась под Москвой, в районе Звенигорода. Ее организовали Московский городской Дворец детского (юношеского) творчества на Воробьевых горах и его филиал, Дом научно-технического творчества молодежи на Донской улице, лицей №1553 «Лицей на Донской», Общероссийское движение творческих педагогов «Исследователь», Департамент образования Москвы и международного Движения содействия научно-техническому творчеству молодежи (МИЛСЕТ). Школу посетил председатель европейского отделения Антуан ван Рюймбеке (на фото вверху он сидит в самолете, сделанном студентами МАИ, — этот экспонат был показан на выставке НТТМ-2009).

На школу приехали делегации из России (из Белгородской, Томской и Тамбовской областей, с Алтая, из Башкортостана, Набережных Челнов и Дмитрова); иностранные ученики — из Ирана и Бельгии, тьюторы из Мексики, Португалии, России, Франции, Чехии, Швеции.

Школа проходила в окрестностях Звенигорода. С давних пор это заповедное место. Здесь никогда не было крупных промышленных предприятий, зато жилали-бывали знаменитые люди. Савва Сторожевский, ученик Сергея Радонежского, основал здесь монастырь, носящий сейчас его имя. В село Захарово неподалеку несколько лет, начиная с 1805 года, приезжал маленький Пушкин. В Звенигороде земским врачом работал Чехов. Здесь бывали Чайковский, Левитан. А неподалеку находятся знаменитые Николина Гора и Мозжинка, где с начала 1920-х годов расположены дачные поселки ученых, писателей, музыкантов. Один из академиков, Константин Георгиевич Скрябин, заехал, чтобы прочитать участникам школы лекцию о геноме человека и современных биотехнологиях.

Есть неподалеку и научные заведения, например Звенигородская обсерватория

Института астрономии РАН. В 1970-е годы здесь начались работы по моделированию эволюции двойных звездных систем и звездных пульсаций. А чуть дальше — Звенигородская биостанция МГУ (ЗБС), любимая многими поколениями студентов биофака. Ее еще до революции основал зоолог С.Н.Скадовский, чтобы проводить работы по гидробиологии. Тут в 1924 году Н.В.Тимopheев-Ресовский с товарищами похитил министра здравоохранения Н.А.Семашко и увез его на ЗБС — не с целью выкупа, конечно, а чтобы он сначала посмотрел их станцию, а не соседнюю, в Аникове. В этой благословенной простоте нравов начиналась наука мирового уровня.

Поскольку простота осталась в далеком прошлом, участники международной школы жили не в палатках и не в дощатых домиках с удобствами во дворе, а в пансионате «Гелиопарк-Талассо» с удобными номерами, шведским столом, дискотекой. Чего не хватало, так это хорошей лаборатории. Химик-синтетик без вытяжного шкафа и многих других приборов — это почти артиллерист без орудия. Однако руководитель химического проекта Алексей Косарев оказался на высоте:

школьники сумели синтезировать флуоресцентные красители с гидразиновыми группами, которыми можно метить ДНК и углеводы. Например, олигосахаридные цепочки гликопротеинов или полисахариды клеточных стенок. Один из красителей тут же проверили: запустили в него подвешенную под руку водомерку и убедились, что насекомое окрасилось. Если посадить его в пруд и посветить ультрафиолетовым светом, можно будет проследить за перемещениями водомерки. Но лучше все же использовать подобные красители для анализа ДНК и иммунофлуоресцентных методов.

Молекулярные биологи под руководством Дмитрия Чистякова, Сергея Легоцкого и Денисы Калужовой (Чехия) привезли готовые наборы — тест-полоски — для иммуноферментного определения нескольких белков, например, свиных. Это не случайно. Одна делегация приехала из Ирана, и им было важно, чем кормят. В прошлом году в школе участвовали девушки из Турции, а персонал столовой не всегда раскрывал тайну рецепта подаваемых блюд. На этот раз на ярлычках над многими кушаньями было предостерегательно написано «pork» — свинина. Но проверить очень хотелось. В основном анализ показал то, что от него и ждали: наличие свинины в сыром и жареном мясе свиньи, смеси куриного и свиного мяса. Еще участники группы определили, в каком молоке или молочном напитке из пяти закупленных максимальное содержание антибиотика хлорамфеникола, добавленного для лучшей сохранности.

Рядом с ними под руководством Галины Фроловой работала группа гидробиологов, в которой был и автор этой статьи. Ее участники изучали фитопланктон (микроскопические водоросли) и зообентос (крупных беспозвоночных живот-

ных). Воду брали из пруда на территории пансионата, из Москвы-реки выше Звенигорода и из ее притока, реки Сторожки, у знаменитого родника, открытого преподобным Саввой. Улов оказался удачным: около 80 видов водорослей, несколько групп животных. Вода по результатам анализа оказалась умеренно загрязненной.

Мексиканцы (Фернандо Солис Гонсалес, Эктор Эммануэль Муньос Сапата, Хесус Иван Саломон Гарсия, Силия Александра Гарсия Саласар и другие, им ассистировал наш Павел Ан) и ученики под их руководством трудились над роботами и протезом руки в группах мехатроники, электроники и робототехники. Роботов делали из готовых деталей «лего». Это, конечно, проще, чем собирать их из самодельных элементов: моторчиков, сенсоров, шарниров и прочих частей. Но и такая сборка — процесс увлекательный и творческий. Один робот мог ползти по нарисованной черной полосе, кривой и замкнутой. То и дело он начинал отклоняться и сползать с полосы в сторону, но тут же спохватывался и, громко жужжа, возвращался обратно. Так и ехал, рыскавая, сбиваясь и возвращаясь на дорогу. Если же на его пути оказывалось препятствие в виде бутылки, он включал манипулятор и отбрасывал помеху в сторону.

Другая часть мексиканской группы изготавила протез. С этой делегацией приехала девушка без рук — она потеряла их при аварии. На заключительной конференции она, нажимая на стельку с сенсорами разными частями подошвы, сгибала искусственную руку в локте и вращала кистью.

Физики-акустики (под началом Евгения Баллада, Игоря Демина и шведки Сары Магнуссон) коллекционировали звуки. Они подслушивали, как шипит бутылка с минеральной водой, когда ее открывают, и как шаркают подошвы по



Гость школы, академик К.Г. Скрябин, рассказывает о современной биологии

полу, как поет птица и скрипит дверь. Звуки записывали и из них потом создавали музыку.

За звуками охотилась еще одна группа — орнитологов (руководитель — Ольга Кочетова, помощник — Орор Малапер из Франции). Вставляли они рано, в пять утра, и уходили в поля и леса. Для них звуки были не самостоятельными объектами изучения, а знаками, по которым угадывали о присутствии тех или других птиц. ПERNАТЫХ обнаружили довольно много для такого небольшого срока наблюдений — 52 вида, а кроме того, убедились, что их видовой состав в разных биотопах (в лесу, в деревне и в поле) различается. Для того чтобы собрать материал, группа отшагала по дорогам и тропинкам около 35 километров.

Астрономы (шеф — Денис Денисенко, ассистент — Саломе Перейра ди Матос из Португалии) анализировали данные по яркости переменных звезд. Эта величина у некоторых звезд меняется, но причины могут быть различны. Иногда это двойные звезды (две звезды, вращающиеся вокруг общего центра масс), иногда пульсирующие, у которых периодически меняется радиус и, соответственно, яркость. Яркость звезды может изменяться также из-за того, что вокруг нее вращается большая планета. По результатам исследований астрономы даже опубликовали статью в рецензируемом интернет-журнале.



Химики наблюдают за протеканием реакции

Охотница за звуками приехала из Ирана



СОБЫТИЕ

Не только технари и естественники двигали вперед образование. Украшением школы были гуманитарные проекты. Психологи (ими руководили Анастасия Корженкова и Анастасия Смирнова) выясняли, чем различается восприятие мира и себя в мире у подростков разного пола в разных культурах. Оказалось, что межгендерные различия были меньше, чем ожидали, а межкультурные — больше.

В группы психолингвистики Екатерина Спиридонова, Ванесса Опсоммер из Бельгии и их ученики искали различия в речи юношей и девушек. Предполагали, что у первых будет больше глаголов и наречий, а у вторых — существительных и прилагательных. Им показывали картинку с некой сценкой и просили описать, что происходит. Затем считали количество разных частей речи и предложений. Гипотезы не совсем подтвердились. Юноши оказались более разговорчивыми, давали больше существительных, местоимений, глаголов и наречий. По прилагательным наблюдалось равенство.

Историки (руководители — Роман Шляхтин и Артем Коспарский) написали обобщенную историю нашей школы, опираясь на труды Геродота, Фульхера из Шартра, Марко Поло и Афанасия Никитина.

Пока школьники трудились над проектами, сопровождающие их учителя обменивались опытом.

Участники школы занимались не только наукой. Устроили концерт-знакомство, встречались с фольклорным ансамблем, проводили зарядку, спортивные соревнования по футболу и волейболу, ездили на экскурсии на Всероссийский выставочный центр, где проходила выставка творчества молодежи, к зданию МГУ и в Кремль, включая Оружейную палату. Вечером проходил ритуал завершения дня, на котором группы подводили итоги работы.

Тех, кто вел занятия, звали то тренерами, то тьюторами, но если отбросить нюансы, это были учителя. За несколько занятий на чужом языке они должны были преподавать основы какой-то области науки людям, для которых этот язык тоже чужой. Изложить теорию, научить практическим навыкам, нацелить все это на решение конкретных задач. И это им удалось, а значит, школа прошла успешно.

М. Литвинов

Менделѣвѣя

Часть пятая



Доктор химических наук
Е. В. Бабаев,
МГУ им. М. В. Ломоносова

*Утраченный Водопьяный переулок
(1850-е гг.)*

Летом 1849 года Мария Менделеева с детьми Митей и Лизой, взяв верного слугу Якова, отправилась в далекую Россию. В Сибири так и говорили «поехать в Россию»: оттуда Россия виделась не только как целое, но и как ее часть западнее Уральских гор. Несколько недель потребовалось семье, чтобы преодолеть почти 2500 км, разделявших Тобольск и Москву. Столица Сибири строилась по камертону древней столицы России. А потому лишь у Тобольска и Москвы так поразительно совпадает топонимика: в центре каждого — Красная площадь с кремлем, где за кремлевскими стенами высятся Успенские соборы — сердца городов, веками бьющиеся в унисон.

Призрачная менделеевская Москва

В Москве Мария Дмитриевна остановилась у брата, Василия Дмитриевича Корнильева. Устроить сына Дмитрия в университет, однако, не удалось. Как он позже написал в автобиографических заметках, «государь Николай Павлович приказал принимать только из своего округа, и, несмотря на дружбу Шевырева, Кудрявцева и других профессоров с дядею В. Д. Корнилевым, меня не приняли». Других воспоминаний самого Д. И. об этом периоде немного, хотя он неплохо запомнил дядю («жил в Москве богачом») и пять его дочерей (их письма петербургскому студенту дошли до нас). Еще он сохранил яркое воспоминание о встрече с Гоголем на квартире у Корнильевой: «Гоголь сидел как-то в стороне от всех, насупившись. Но взгляд и всю выраженную в его фигуре индивидуальность забыть нельзя. Я многое тогда в нем понял... Он будет все расти».

Заметим, что прожили Менделеевы в Москве довольно долго, более полугода (до весны 1850 года), да и в зрелые годы Дмитрий Иванович не раз сюда наезжал. Несмотря на скудные сведения, можно задаться вопросом из области москвоведения: какая же она, «менделеевская Москва»?

Понятно, что Менделеевская улица в Москве (адрес химфака МГУ) и метро «Менделеевская» (неподалеку от РХТУ)

имеют отношение лишь к химическим вузам, но не к самому Дмитрию Ивановичу. Из учреждений с именем Менделеева напрямую связан Политехнический музей (здесь Д. И. выступал на промышленном съезде). Не забудем и гостиницу «Отель-рояль» на Мясницкой, 13, где он нередко останавливался во время кратких визитов в Москву.

Важнейшая точка менделеевской Москвы — Покровка, 22, знаменитый «дом-комод» у Покровских ворот. Дом этот принадлежал князьям Трубецким, и его называли московским Зимним дворцом в миниатюре, хотя за причудливую архитектуру и форму окрестили комодом. Да и самих князей, владельцев дома, в шутку именовали Трубецкие-Комод (чтобы отличать от иных Трубецких). Много лет прожил в этом доме В. Д. Корнильев, служивший с 1825 года управляющим имений князей Трубецких. О его гостеприимстве («хлебосольство было для него радостью жизни»), дружбе с Пушкиным, Дельвигом, Погодиным написано немало. Именно в этом доме останавливался Иван Павлович Менделеев с дочерью — «благоразумной Катенькой», как ее называли в семье, когда приезжал в Москву на лечение. Здесь же он встречался со своим племянником из Млево Соколовым. Сюда же на Покровку прислали Менделеевы и своего незадачливого сына Ваню, недолго обучавшегося в университетском пансионе (сам пансион был на Тверской, где сейчас телеграф).

Кроме «комода», у Трубецких было загородное имение, Знаменское-Садки, которым также управлял В. Д. Корнильев. Сохранились строения этой усадьбы (сразу за МКАД в зоне отдыха Битца), и историки не исключают, что Менделеевы там бывали. Между тем дворянин Корнильев имел и собственную дачу в Сокольничей слободе. Здесь в Сокольниках (в приходе Тихвинской Божьей Матери) родились две его дочери. Уж сюда-то он точно привозил своих сибирских родственников в 1830—1840-е годы. Здесь Катенька Менделеева встретила В. Л. Пушкина, отца поэта, в год смерти его сына и оставила бесценные для пушкинистов воспоминания.

Похоронены Корнильевы в Ново-Алексеевском монастыре (могилы не сохранились). Ныне в Москве живут их потомки — известный космобиолог Любовь Серова (автор статей о судьбе рода Корнильевых) и ее родственница. В Москве на Новодевичьем кладбище покоятся дочь и внучка Д. И. Менде-

Продолжение, начало в № 2, 4, 6, 8



Дом-комод на Покровке



ПОРТРЕТЫ

леева — Ольга и Наталья Трироговы. На надгробии Ольги выбито еще одно имя, М.А.Кенеман; оказывается, это внучка Маши Менделеевой-Поповой (сестры Д. И.). Потомки Кенеман живут в подмосковном Климовске и недавно прислали автору интересные документы о своих предках.

Долгое время считалось, что Дмитрий Менделеев с матерью и сестрой жили в доме-комоде на Покровке в квартирах Корнильевых. Между тем, как выяснил краевед В.Стариков, к моменту приезда Менделеевых в Москву в 1849 году В.Д.Корнильев оставил службу у Трубецких, стал откупщиком и приобрел собственный дом. Оформляя потомственное дворянство в 1844 году, он указал свой точный адрес: «Жительство имею в Москве, Сретенской части пятый квартал в доме женки моей под номером 687». По данным Старикова, это угол Уланского и Водопьяного переулков в районе Тургеневской площади.

Уланский переулок в Москве есть и поныне, а где же Водопьянный? Вот как написал об этом писатель Валентин Катаев: «Это, несомненно, был перекресток Кировской и Бульварного кольца, но какая странная пустота открылась передо мной на том месте, где я привык видеть Водопьянный переулок. Его не было. Он исчез, этот Водопьянный переулок. Он просто больше не существовал. Он исчез вместе со всеми домами, составлявшими его. Как будто их всех вырезали из тела города». Действительно, не так давно (в 1970-е годы) при строительстве метро «Тургеневская» и Новокировского проспекта большой кусок старой Москвы был полностью уничтожен. На месте корнильевского дома, где в Москве полгода жил Дмитрий Менделеев, зияет огромное пустое пространство — автостоянка между штаб-квартирой нефтяной компании «ЛУКОЙЛ» и главпочтамтом. Здесь же (Водопьянный переулок, 2) жили позднее Маяковский и Лиля Брик. Поэт будто предчувствовал судьбу этого старомосковского уголка, пристанища книголюбов, художников и поэтов, написав в черновике одного из стихов: «Водопьянный переулок отыскиваю пока. Москва рассыпалась. И отзмеилась Ока».

Инициация отложенной смертью

Весной 1850 года Мария Дмитриевна приехала с детьми в Санкт-Петербург и остановилась у тобольской знакомой А.П.Скерлетовой (Сергиевская ул., 35). Желание матери дать сыну высшее образование было непоколебимо. Как писал Менделеев, попробовали «сперва в Медико-Хирургическую Академию, но — присутствовав при вскрытии — дурно, отказался. В Главном педагогическом институте Чижов (математик), товарищ отца, помог, и в год неприятный — приняли. Маменька тотчас скончалась». Приказ о зачислении был подписан 9 августа, а 20 сентября 1850 года Марию Дмитриевну похоронили.

Она будто отдала последний долг, ее воля была исполнена, все остальное уже не имело смысла. Всю жизнь мать хранила родовую икону (список с Абалакской иконы Богоматери), предупреждавшую о несчастьях мистическим миганием лампад. Слабеющей рукой она написала на обороте: «Благословляю тебя, Митинька... помни мать, которая любила тебя паче всех».

В феврале 1851 года в Москве скончался дядя В.Д.Корнильев, а весной 1852 года от чахотки умерла сестра Лиза. Эта цепь смертей, начавшаяся с ухода отца (1847) и сестры Поли (1848) и унесшая за пять лет пятерых самых близких Дмитрию людей, порождала зияющую пустоту. От сырого климата у самого юноши начался кашель, и его поместили в госпиталь. Он вспоминал, что «в первый раз у него пошла горлом кровь после того, как он студентом на галерке громогласно вызывал какую-то знаменитую итальянскую певицу». Лишь годы спустя выяснилось, что у Менделеева была неопасная болезнь — врожденный порок сердечного клапана, не помешавшая ему дожить до глубокой старости. Петербургские врачи, однако, отнесли кровохарканье к последней стадии чахотки. Общеизвестна история, когда Менделеев, лежа в лазарете рядом с больным туберкулезом студентом Бетлингом, подслушал, как доктор во время обхода довольно громко сказал: «Ну, эти двое уже не встанут». Этот эпизод Менделеев помнил до старости, записав в своих воспоминаниях «Доктор Кребель. Товарищ Бетлинг вместе со мной кровью харкал и, заболевши, скончался. Меня считали отпетым». Нетрудно представить, что чувствовал юноша, которого фактически приговорили к смерти, причем зловещий диагноз начинал неумолимо сбываться. Окружающие считали так же: как писал один из современников, «он представлялся нам настолько больным, что при встрече впоследствии... казался выходцем с того света».

В мировой антропологии существует уникальное понятие инициации смертью — «обряд перехода». В простейшем случае человек (например, юноша в ритуалах первобытных племен) должен полностью поверить, что он умирает, чтобы затем духовно переродиться и перейти на более высокую ступень (мужчины-воина). Согласно В.Я.Проппу, идея трансформации личности путем «смерти-возрождения» — один из глубочайших архетипов человеческой культуры, скрытый во множестве мифов и народных сказок. Эксперименты современной психиатрии неопровержимо доказывают огромную роль переживаний состояния «смерти-возрождения» как в лечении психических расстройств, так и в личностной перестройке. Инициированный смертью начинает использовать каждое мгновение, чтобы быть счастливым, делать то, что по душе.

Примечательно в этой связи, что пик «смертельной» болезни Менделеева совпадает с глубочайшей переоценкой его отношения к жизни и учебе. Мы помним, насколько слабым учеником он был в гимназии. Вступительные экзамены в педагогический институт Дмитрий сдал столь же посредственно (две двойки, пять троек, две четверки). Два года он слушает одни и те же курсы, но все равно стоит в хвосте — 25-м из 28 студентов. И вдруг все внезапно меняется, в лазарете разгильдяй-второгодник будто перерождается в любознательного и пытливого студента. Уже через год он становится



Н.С. Чижов



И.И. Давыдов



Н.А. Добролюбов

в списке седьмым, еще через год у него пятерки, нередко с плюсами, по всем предметам (кроме поведения), он бравирует игрой в карты в ночь перед экзаменами, становится любимцем профессуры и с золотой медалью заканчивает институт. «Обряд перехода» принес зримые плоды.

С какой стороны посмотреть

В своих воспоминаниях о пединституте Менделеев отмечал, что закрытый характер этого вуза был для него весьма благотворным: «Нам все было дано, все было легкодоступно, и мы брали предлагаемое». Несомненно, для живущего в нужде большого студента много значило, что «там все было под рукой, начиная от лекций и товарищей до библиотеки и лаборатории, время и силы не терялись на хождение в погоду, ни на заботы об обеде, платье и т. п.». Он считал, что все это являлось «кислородом... поддерживало пыл в очаге», нужном «для научного горения». Подчеркнем, что столь позитивное отношение к жизни Менделеев фактически выработал в себе сам после глубокой перемены, вызванной болезнью. Его сокурсники относились к институту намного критичнее, считали условия жизни беспросветными, а порядки — казарменными. Добролюбов, учившийся там же и в те же годы, ядовито писал: «Все унес этот проклятый институт со своей наукой бесплодной», его безмерно раздражал мелочный регламент, выдача книг по разрешению и т.д.

Столь же различным было отношение студентов к обязательству отслужить учителем по окончании института (из расчета два года службы за год учебы). Менделеев относился к этому очень серьезно, считал, что, «давши при вступлении личные обязательства, что будем педагогами», необходимо «по косточкам разбирать всю предстоящую нам жизненную обстановку». (Она сохранилась, эта расписка, с забавной подписью «от недоросля из дворян Димитрия Иванова Менделеева».) Добролюбов же, напротив, искал способы, как бы избежать принудительной отработки.

Наконец, отношение к администрации института и преподавателям у студентов было неоднозначным. Добролюбов ненавидел директора института Давыдова, причислял его к «разной сволочи», потратил массу сил на борьбу с этим ханжой и мракобесом, а инспектора института Тихомандрицкого считал пешкой и насмехался над ним в анонимных памфлетах. Менделеев, в свою очередь, писал: «директор Ив. Ив. Давыдов напрасно осуждается, человек добрый и внимательный. Еще лучше инспектор Александр Никитич Тихомандрицкий». Впрочем, для особых его отношений с рядом профессоров были, похоже, особые причины.

Питерские и тверские

Напомним, что студентом Менделеев стал почти «по благу», за него похлопотал Чижов, учившийся с отцом Менделеева не только в педагогическом институте, но и в Тверской семинарии. (В тот момент Чижов уже был в отставке, но к голосу быв-

шего декана прислушались.) Земляком Чижова, уроженцем Твери, был и директор Давыдов. В Твери родился и инспектор Тихомандрицкий, выпускник Тверской семинарии, а затем Главного педагогического института. Наконец, уроженцем Тверской губернии и выпускником все той же Тверской семинарии и пединститута был и А.А. Воскресенский, любимый учитель Менделеева. Интересно получается: эдакое тверское землячество, региональный клан администраторов, сложившийся в институте, приобщение к которому невольно открылось для юноши из Сибири через тверскую родословную отца.

Мы уже задавались вопросом, не были ли в родстве Менделеевы и Тихомандрицкие. Лишь совсем недавно нам удалось узнать от архивиста А.В. Матисона, что дед А.Н.Тихомандрицкого, Емельян, оказывается, был дьячком того самого погоста на Тихомандрице, где служил священником дед Менделеева. Так что, хотя родней они и не были (дядя Менделеева с той же фамилией Тихомандрицкий, как оказалось, умер юношей), взаимосвязь между их родами была глубинной.

Не стоит недооценивать роль этой детали в судьбе Менделеева, поскольку именно благожелательность перечисленных выше лиц оказала ключевое влияние на ранние ступени его карьеры. В то время клановость, особенно региональная, была обычным явлением во многих сферах (вспомним хотя бы немецкую и русскую партии в университете и академии, между которыми метались многие профессора Главного педагогического института, выходцы из Дерптского университета). Поэтому «своих», разумеется, старались взрастить и поддерживать. Было в столице и Тобольское землячество: Протопоповы, Жилины, Лещевы, Каш — обособленный круг, из которого сибиряк Менделеев выбрал и первую, и вторую невесту.

Особый контакт возник у Менделеева с Воскресенским. Хотя последний и не был в студенческие годы руководителем его курсовых работ, связь между ними с каждым годом все более крепла. Исследователь Т. Богатская установила, что личная жизнь Воскресенского сложилась неудачно; хотя он и был женат, супруги почему-то жили порознь и детей не имели. Воспитанный в глубоко православной традиции, Воскресенский остро переживал неестественность такого брака и, возможно, перенес все тепло нерастратченных отеческих чувств на талантливого сироту. Впрочем, неплохие личные отношения у Менделеева сложились со многими профессорами. Как он писал: «Ф.Ф.Брандт, Степ. Сем. Куторга и Ал. Абр. Воскресенский много о мне заботились. У Брандта учил летом детей. С Шиховским ботанизировал». Все они почувствовали врожденный и расцветающий на глазах талант. Попробуем понять, в чем же именно он начал проявляться.

Песня про зайцев

Раскроем наугад курсовую работу студента Менделеева «Опыт исследования о грызунах Петербургской губернии» (в собрании сочинений она занимает 70 печатных страниц). В музее-архиве хранится ее рукопись — аккуратный «девичий» почерк, огромные междустрочные интервалы (видимо, для добавлений и правки), по строкам характерными бурунами летят верхние завитки прописной буквы «д». Текст кажется сухим: таксономия белок, мышей, зайцев; подпорядок, семейство, род, вид... Скучно. Идет все более детальное описание окраски тела, формы зубов и частей тела, повадок. И вдруг россыпью возникают неожиданные вставки: грызуны бывают «угрюмые и веселые», белки — «игривые, на них любо посмотреть», но иногда, «пригорюнясь, сидят в уголку». Доходим до мышей: «Вид 2. Домовая мышь — *Mus musculus* L. Все знают ее и за вред, за пронырливость, все не любят и гнушаются маленьким грызуном, до которого дошла речь в нашей фауне, хотя в своей форме он не имеет ничего неприятного и некрасивого»...



Ф. Брандт

С. Куторга

А. Воскресенский



ПОРТРЕТЫ

Первый напрашивающийся вывод: написано от души, с любовью, автор наблюдателен, а предмет ему настолько интересен, что этим заражается и читатель. За типовым рефератом (который можно было бы просто списать) вдруг проглядывает творческая личность автора. Снова листаем текст, вчитываемся: «Произведя до 20 измерений величины нашей мыши, я нашел, что по различию полов длина тела ее изменяется, но хвост постоянно у самок короче длины тела, а у самцов длиннее». Дальше следует таблица (ее, видимо, можно считать самой первой «таблицей Менделеева») с результатами измерений. Хотя сюжет явно анекдотичен (Менделеев гоняется за мышами с линейкой, чтобы их измерить), итог вполне серьезен, экспериментальный результат значим, а по тем временам достаточно нов.

Доходим до зайцев: «Особенно поражают длинные ноги, огромные уши и короткий хвост». Кого поражают? Написана, казалось бы, откровенная банальность. А с другой стороны, что, собственно, отличает зайца от других грызунов в длинном их перечне? (В то время зайцы входили в отряд грызунов, теперь же их выделили в отряд зайцеобразных. — *Примеч. ред.*) Да именно эти признаки и отличают. Пожалуй, в данном примере ярко видна еще одна особенность становления будущего систематика: выделить самое главное, пусть даже кажущееся совершенно обыденным. «Основы химии» ведь тоже начинаются с банальных истин, с того, что вода жидкая и мокрая, но бывает и твердой... Заметим, что руководитель курсовой работы о грызунах, профессор Брандт, был настолько впечатлен исследованием Менделеева, что после ее прочтения загорелся желанием составить сводное описание всей фауны России силами студентов-старшекурсников Главного педагогического института и подал об этом прошение.

Как губка впитывал Менделеев основы наук, причем почти каждое из посеянных в те годы семян плодородило позднее в его творчестве. У математика Остроградского он научился не бояться сложных формул (позже он легко освоит метод полиномов Чебышева для своих физико-химических работ). Профессор Ленц фактически сделал из него физика (вспомним менделеевское определение «химик, который не есть физик, есть ничто»). Зоолог Брандт, ботаник Шиховской и, наконец, минералог Куторга пробудили его страсть к таксономии и поискам естественной классификации всех «трех царств» природы.

Самым мудрым оказался Куторга: он не побоялся доверить неопытному студенту-выпускнику анализ найденных им в Финляндии минералов, сначала ортита, содержащего редкоземельные церий и иттрий, а затем пироксена (в котором студент не нашел ожидаемого глинозема) и даже помог опубликовать две первых статьи об этом. Проблема состояла в том, чтобы самостоятельно определить точный состав и точную форму кристаллов и отнести эти минералы к каким-либо уже известным семействам. Именно тогда Менделееву пришлось впервые столкнуться с непростой проблемой взаимосвязи состава и формы. Это и послужило основой его интереса к изоморфизму и предопределило тему для магистерской

диссертации. Из этих первых весьма простых практических опытов по разложению минералов кислотами и щелочами произрос его интерес к химии минеральных веществ. А вот к органической химии он остался равнодушен — не потому ли, что в студенческие годы перед ним не поставили интересной задачи?

Крымский зигзаг

В период с 17 мая по 1 июня 1855 года в Главном педагогическом институте состоялись выпускные экзамены, которые Менделеев сдал блестяще и закончил обучение с золотой медалью и званием старшего учителя. Экзамены были публичными, присутствовало много гостей, оставивших восторженные воспоминания. В числе почетных гостей был и академик Фрицше, написавший Давыдову письмо: «Покорнейше прошу Ваше пр-во содействовать с Вашей стороны тому, чтобы г-ну Менделееву при определении на службу была предоставлена возможность далее усовершенствоваться в химии». В итоге Менделеев получил возможность остаться в институте для подготовки к сдаче экзамена на звание магистра.

Между тем болезнь его не отступала, а потому администрация института в первую очередь приняла во внимание рекомендацию врачей — направить его учителем в регион с мягким климатом. Подходящая вакансия имелась в Ришельевском лицее в Одессе. Сам Менделеев обрадовался не только шансу поправить здоровье, но и возможности пользоваться роскошной библиотекой бывшего иезуитского колледжа для продолжения своих изысканий. История, однако, распорядилась иначе, и по ошибке чиновников Менделееву было предписано отправляться учителем в Симферополь. Молодой выпускник, как известно, устроил грандиозный скандал, тем не менее министерство своего решения не поменяло.

Ошибка земной канцелярии, похоже, оказалась точным расчетом канцелярии небесной. Волею судьбы Менделеев 25 августа 1855 года, в самый разгар Крымской войны, оказался в прифронтовом городе. Героический Севастополь был уже сдан, а в Симферополе, заполненном госпиталями, оперировал раненых великий хирург Пирогов. Предусмотрительный петербургский медик Здекауэр, узнав о месте назначения, снабдил выпускника письмом к Пирогову. История о встрече Менделеева с хирургом, завершившаяся фразой «вы еще нас со Здекауэром переживете», неоднократно описана во множестве биографий великого химика. Менделеев в восторге писал: «Насквозь человека видел и сразу мою натуру понял!» Диагноз оказался ложным, дамоклов меч вдруг исчез, инициация завершилась. Как-то сама собой вдруг сразу разрешилась и проблема с вакансией в Одессе — выяснилось, что Менделеева там ждут. Уже 30 августа старший учитель отбыл в Одесский лицей, где, согласно добровольно данной им расписке, он должен учительствовать следующие восемь лет.

Окончание следует



Время одуванчиков

Юрий Нестеренко

*Dieses Mädel ist mein treues Schätzelein
Und mein Glück, Erika.*

Hermes Niel

Было около двух часов пополудни — время, когда от утренней майской прохлады давно не осталось и следа, но до вечера еще далеко, и так хочется верить, что этот чудесный, наполненный теплом и светом день не кончится никогда.

Небо было ясным и чистым от горизонта до горизонта, если не считать пары легкомысленных перистых завитков, серебрившихся в вышине; казалось, что эти облачка находятся выше солнца и не смогли бы помешать ему сиять, если бы и захотели. Даже самый легкий ветерок уснул в кронах деревьев, и в неподвижном воздухе, вместе с ароматами трав и полевых цветов, разлито было ощущение покоя и какой-то светлой надежды. В листве рощи негромко посвистывали и шелкали птицы; в луговой траве монотонно звенели кузнечики. Все эти звуки скорее подчеркивали мирную тишину, нежели нарушали ее.

Вдруг со стороны рощи донесся еще один звук, куда менее деликатный и гармоничный. Это был рев могучего дизельного мотора — мотора, который вряд ли поставят на обычную легковушку и даже на мощный внедорожник. Скорее уж, на армейский броневик. Впрочем, и этот грубый звук почти сразу замер за деревьями, словно устыдившись собственной неуместности. Что-то глухо стукнуло — возможно, захлопнувшаяся крышка люка, — и вновь наступила тишина.

Прошло еще несколько минут, и из рощи вышел мужчина лет пятидесяти, среднего роста, однако статной подтянутости его фигуры могли бы позавидовать многие молодые парни; этой статности не портил даже бронжилет, очертания которого угадывались под черной униформой. На плече у мужчины висел короткий полицейский автомат, снятый с предохранителя. Волосы, стриженные очень коротко, еще недавно были черными, но теперь обрели стальной оттенок, а на висках почти совершенно побелели; резкие волевые черты гладко выбритого лица так и просились на армейский плакат — если бы в уголках губ, в мешках под глазами, в выражении глаз не проступало сквозь всю плакатную мужественность ощущение тяжелой, безнадежной усталости. Впрочем, что бы ни ощущал этот человек в глубине души и как бы мало ни довелось ему спать за последнее время, он не позволял ни физической, ни моральной слабости взять над собой верх. Выйдя из-под прикрытия деревьев, он окинул открытое пространство цепким взглядом профессионала, не снимая руки с оружия, и, лишь



ФАНТАСТИКА

убедившись, что никакой опасности нет, полуобернулся назад.

— Все в порядке, Эрика. Иди сюда.

Из-за деревьев вышла худенькая девушка с длинными, пшеничного цвета волосами, без всяких следов косметики на лице. Ее облачение было вполне цивильным: свободная темно-зеленая футболка с эмблемой университета, джинсы и сандалии на босу ногу; однако и у нее на поясе висел пистолет в расстегнутой кобуре.

Но, в отличие от своего спутника, девушка не думала об оружии. Едва она оказалась на открытом пространстве, глаза ее восторженно распахнулись. Перед нею раскинулся луг... да что там луг — настоящее море молодой, свежей, сочно-зеленой травы. Далеко впереди луг переходил в склон оврага, в глубине которого тек невидимый отсюда ручей, влево же и вправо конца зеленому морю и вовсе не было видно. И повсюду в этой траве, словно бесконечная золотая россыпь, словно бесчисленные отражения солнца, горели ярко-желтым огнем одуванчики. Не городские недорослики, чудом избежавшие ножей газонокосилок, а полные жизненной силы цветы на высоких упругих стеблях, вольно распушившиеся мягкими желтыми полусферами, а некоторые, от избытка энергии, чуть не вывернувшие наизнанку нижние лепестки — и вовсе почти что шариками. Повсюду, насколько хватало глаз...

— Ну как? — улыбнулся мужчина, глядя на свою спутницу.

— Спасибо! — восхищенно произнесла она, шагнув в траву. — Ты же знаешь, как я люблю одуванчики.

— Знаю. — Он улыбнулся еще шире. — Я ведь обещал тебе сюрприз.

— Это, наверное, одно из самых радостных зрелищ на свете... Знаешь, я, кажется, не рассказывала тебе об одном из лучших воспоминаний моего детства? Это не какая-то история, не поездки на море, не Диснейлэнд, не день рождения — тем более что, сам знаешь, он у меня в ноябре... А просто за нашей старой школой был пустырь. Там когда-то была спортивная площадка, причем заасфальтированная. Потом построили новую, огороженную, с более подходящим покрытием, с разными снарядами — мы туда на физкультуру ходили, ну и после школы мальчишки часто там играли. А на старую площадку никто не заглядывал, там одно только ржавое баскетбольное кольцо осталось с краю, и все. А я любила приходить туда одна, когда тепло. Наверное, именно потому, что там больше никто не бывал... Вокруг все зарастало травой, и если присесть на корточках, то кажет-

ся, что вокруг прямо джунгли, можно представить, что и школа, и город где-то далеко... И не только вокруг. Этот старый асфальт во многих местах трескался, вспучивался, и сквозь него пробивались одуванчики. Помню, как это поразило меня, когда я увидела их в первый раз. Асфальт, твердый как камень, об который разобьешь коленку до крови, если упасть, — и тонкий, нежный росток, который оказывается сильнее... А потом они расцветали. И вот я помню это ощущение: теплый солнечный день, старый нагретый асфальт — шершавый, ноздреватый, кое-где покрытый сухим мхом — вокруг травы всякие, где тонкие и гладкие, где с узорчатыми листьями... бабочки порхают, жуки выползают погреться — и одуванчики. Желтые, пушистые, растущие сквозь асфальт... а впереди еще — целое лето! Вот. Не знаю, была ли я когда-нибудь счастливее, чем тогда. Не бурная радость от какого-то конкретного события, а просто ощущение спокойного счастья, которое наполняет тебя так же естественно, как солнечный свет наполняет их лепестки. Я, наверное, плохо умею это объяснить...

— Ты очень хорошо объясняешь.

— Всегда больше всего любила это время. Время одуванчиков. Боялась, что в этом году их уже не увижу. Мы с тобой так давно не были на природе! Эта твоя вечная работа...

— Кто-то же должен ее делать.

— Но теперь-то!

— В особенности теперь.

Девушка печально вздохнула:

— У меня была тайная надежда, что ты наконец-то решился послать ее к черту, и мы будем вместе хотя бы в эти дни. Значит, нет?

— Давай не будем об этом. Будем наслаждаться сегодняшним днем.

— Хорошо, — согласилась Эрика. — Будем наслаждаться.

Она остановилась, сняла сандалии и зашвырнула их далеко вперед, должно быть, не желая нести в руках. Несколько раз кувырнувшись в воздухе, они упали на приличном расстоянии друг от друга.

— Смотри — в такой густой траве потом замучаешься искать, — запоздало заметил мужчина.

— Значит, поеду обратно босиком, — беспечно ответила девушка, с удовольствием шагая по мягкой зелени. — Какое значение теперь имеют все эти шмотки? Это только ты готов оставаться в мундире до самого... — Она замолчала.

— В городе сейчас много битого стекла. И разного прочего мусора.

— Да уж видела! От машины до квартиры как-нибудь доберусь. Хотя лучше бы нам вообще не возвращаться в город. Надо было взять с собой побольше еды и остаться здесь. Многие сейчас так и делают.

— Возможно, ты и права, — неожиданно легко согласился он. — Вообще-то в броневике есть все необходимое.

Она обернулась к нему, глядя радостно и недоверчиво одновременно:

— Ты серьезно?

— Ну... надо же когда-то и мне подать в отставку. —

Он вновь попытался улыбнуться, но улыбка вышла криксовой.

— А я-то думала — как это твой Макс отпустил тебя?

— Макс не знает.

— Так это правда? Мы не поедem обратно? Что ж ты сразу не сказал?

— Ну... хотел сделать сюрприз.

— Сегодня прямо день сюрпризов! — она радостно засмеялась и вдруг повисла у него на шее, поджав ноги и болтая ими в воздухе. Он тоже обнял ее и закружил.

— Как хорошо! — воскликнула Эрика, снова спрыгивая на траву. — Значит, у нас еще три дня! Три дня солнца, тепла и одуванчиков.

— Да, — кивнул он, — метеосводки обещают, что такая погода сохранится всю неделю.

Лишь произнеся это вслух, он осознал нелепость своих слов. Но поправляться, конечно, не стал.

Рука девушки наткнулась на кобуру. Эрика просительным взглядом посмотрела на своего спутника.

— Забрал бы ты у меня эту штуку, а? Ну кто здесь на меня нападет? Мы уже отошли достаточно далеко от леса, никто не подберется незамеченным.

— Ладно, — скептически согласился он, окидывая взглядом отделившее их от деревьев расстояние.

Вообще-то он не думал, что кто-то может нарушить их уединение: на обычной машине сюда не проехать, только на тракторе или армейском броневездеходе, хотя и такую технику сейчас можно добыть. Сейчас можно добыть все, что угодно, причем без всяких денег. Вековая мечта человечества!.. Но вообще, как известно, бережного... Ладно. Достаточно того, что он сам вооружен. Он протянул руку и принял у девушки оружие, по старой полицейской привычке подвесив пистолет себе под мышку. Это был его пистолет, и он сам учил Эрику стрелять.

Она поскакала через луг вприпрыжку, взмахивая руками, словно пытаясь взлететь. Ее спутник, не торопясь, пошел следом. Взгляд при этом не переставал сканировать окрестности, а слух — ловить возможный звук двигателя или стрельбы. «Расслабься, — сказал он себе. — Здесь никого нет. Мы просто гуляем».

Он подошел к Эрике, когда она остановилась, поджидая его. Стоя на одной ноге, она легко поглаживала другой ногой пушистые головки одуванчиков. Ей нравилось, как нежные лепестки щекоют подошву.

— Такие красивые, и так быстро отцветают. Знаешь, мне всегда становилось грустно, когда они белеют. Словно лето уже заканчивается, а оно ведь только началось. Впрочем, в этом году они, наверное, не успеют.

— Не надо об этом, — произнес он.

— Да нет, я к тому, что во всем можно найти что-то положительное. — Она уселась в траву, затем легла, раскинув руки, вся окруженная одуванчиками. Щурясь от солнечного света, девушка смотрела в небо и улыбалась. Но теперь в ее улыбке проглядывала печаль.

Мужчина присел рядом и тоже устремил взгляд в синеву. Его взгляд, впрочем, не был праздным, он, как всегда, выискивал опасность. Охота на людей с вертолетов нынче стала популярным развлечением, во всяком случае, в соседних странах. Но в винтокрылой машине не

так трудно перемахнуть границу, которая, признаемся честно, уже почти не охраняется... Но на небе не было ничего, кроме солнца. В принципе на таком расстоянии Танатос уже мог быть хорошо виден и в дневное время, но он приближался из глубин Солнечной системы с противоположной Солнцу стороны.

— Неужели совсем ничего нельзя сделать? — вздохнула Эрика. Похоже, она так и не могла отогнать от себя эти мысли. Да и кто теперь мог?

— Ты же знаешь, что нет, — произнес он. — Эта дрянь слишком большая. Даже все земные запасы ядерного и обычного оружия... Даже будь у нас достаточно ракет для их доставки...

— Знаю. Но все равно не могу поверить. Мне все кажется, что в последний момент найдется какая-то ошибка в расчетах. Глупо, да? Это же задача уровня средней школы, где тут ошибиться!

Он не ответил.

— Как это будет? — спросила она. Вообще-то такой вопрос подробно освещался в десятках статей, пока Чрезвычайный Комитет не ввел жесткую цензуру, но Эрика до последнего избегала их читать.

— Как? Быстро.

— Я не об этом. Земля действительно будет уничтожена целиком?

— Земля как планета, скорее всего, останется, — хотя начал объяснять он. — В момент удара она расплавится и потеряет изрядную часть массы — в основном за счет оторвавшихся кусков или, точнее, капель. Но потом все это снова застынет. И как знать, может быть, через миллиарды лет здесь опять возникнет атмосфера, а затем и жизнь. Если оставшейся массы будет достаточно. Считается, что когда-то именно в результате такого столкновения появилась Луна. Сейчас просто замыкается цикл.

— Но от нас не останется ничего. Совсем ничего.

— Ну почему? Лучшие достижения человеческой культуры будут сохранены на гелиоцентрических спутниках. Проект «Ковчег»...

Она посмотрела на него, как тинэйджер, которому говорят про Санта Клауса:

— Проект «Ковчег» провалился. Он требовал тесной международной координации. А власть во многих странах рухнула раньше, чем они успели согласовать списки. Большинство музеев разграблено, а космодромы разрушены.

— Откуда ты это взяла? — удивился он.

— Видела отчеты в Интернете, пока он еще работал.

— Нечего сказать, достойный источник!

— Люди выкладывали то, что сами видели и снимали. В том числе, сами вандалы. Еще хвалились этим, уроды. Ролик, где ломали и жгли «Джоконду», был одно время первым по популярности на «Ютубе»... там тогда уже не осталось модераторов, но сервис еще работал. Ты что, действительно не знал, что это было в открытом доступе?

— Интернет не в моем прямом подчинении. Мое дело, в первую очередь обеспечивать порядок на улицах. Мне, конечно, докладывали, что мы взяли под контроль наших провайдеров...



ФАНТАСТИКА

— Это уже не имело смысла. Интернет фактически распался на множество отдельных сетей, где роль провайдера мог выполнять чуть ли не любой желающий с достаточно мощным компьютером и «толстым» каналом. Весь необходимый софт почти сразу оказался в свободном доступе.

— М-да... — Он неловко помолчал, понимая, что дальше отрицать факты бессмысленно. — А ты еще спрашиваешь, зачем теперь нужна моя работа.

— Для того, чтобы скрывать от людей правду?

— Для того, чтобы не допускать этой вакханалии варварства.

— Но она все равно происходит.

— У нас ситуация еще достаточно благополучна. В иных странах уже много дней идет сплошная кровавая оргия. Ни властей, ни полиции, ни армии. Убивают и насилюют прямо на улицах, а если кто и вмешивается, то лишь затем, чтобы поучаствовать. Охотятся на врачей, пытаются их, требуя наркотиков, хотя все нарко- и спиртосодержащее давно разграблено. Пытают и истязают просто так, жгут дома вместе с жителями, жрут человечину, крушат и обгаживают все, что не могут унести... Прости, — спохватился он, — я не должен говорить тебе об этих подробностях. Давай лучше об одуванчиках.

Девушка села, подтянув колени к груди и положив на них подбородок. Ее взгляд скользил по солнечным цветам, но не видел их.

— У нас тоже убивают на улицах, — сказала она, помолчав. — Без суда и следствия. Не далее как сегодня я видела это дважды.

— Да, — с нажимом произнес он, — мои люди расстреливают на месте насильников и мародеров. Ты ведь понимаешь разницу?

— Понимаю, — пробурчала Эрика. — За насильников, конечно, вступаться не буду, но мародеры... Какой смысл сейчас убивать людей ради защиты собственности? Все равно через три дня ничего этого...

— Люди не очень-то достойно жили на этой планете, — сказал мужчина. — Так пусть хотя бы достойно умрут.

— Это правда, что всех заключенных в тюрьмах расстреляли по твоему приказу? — И она вопросительно посмотрела на него.

— Это ты тоже в Интернете вычитала?

— Марта сказала. А она узнала от отца. Он тогда сильно напился, после исполнения приказа, ну и проболтался. Она долго не хотела мне говорить.

— Ну, во-первых, не расстреляны. В систему вентиляции подали газ. Ночью. Они умерли, не успев ничего понять. В каком-то смысле им повезло больше, чем нам.

Хотя где-то в провинции, возможно, и расстреливали, подумал он. Если сочли, что это проще. Или если у них не было под рукой газа... В нынешней ситуации даже он не поручился бы, что его приказы по-прежнему исполняются в точности.

— Ну что ты молчишь? — произнес он. — Ты меня осуждаешь? Это были преступники, не забывай. И не так уж много я у них отнял — меньше месяца жизни.

— Убийцы и все такое, это понятно, — откликнулась Эрика. — Но вообще всех? Даже тех, кто сидел за мелкую кражу? Пусть им все равно оставалось жить меньше месяца, но, наверное, и этот месяц был им дорог.

— Ну а куда бы мы их дели? Выпустили на свободу? Ты пойми, в теперешнем положении нельзя давать свободу тем, кто уже доказал, что может нарушить закон. Пусть даже не самый строгий закон, но одно дело — нарушить его в ситуации, когда государство сильно, жизнь благополучна и общество стабильно. На что бы они оказались способны в теперешней ситуации, когда все рушится? В некоторых странах таких, кстати, выпустили, и... о результатах я уже говорил. И еще: оставить их за решеткой тоже было нельзя. Кто бы стал сторожить преступников до самого конца? Как удержать порядок в тюрьме, если ни заключенным, ни охранникам терять уже нечего? Даже я не верю в такую беззаветную преданность личного состава — оставаться в тюрьме до последней минуты, чтобы сторожить уголовников... Во все времена были люди, готовые пожертвовать собой ради долга. Но они всегда знали, что это не бессмысленно. Что после них останется их дело, их товарищи, их страна, человечество, наконец. Теперь же...

Девушка молчала, но он заметил, как влажно блестят ее глаза. Она перехватила его взгляд, попыталась отвернуться, но тут предательская слеза сорвалась и покатилась по щеке. Конечно же, Эрика оплакивала вовсе не участь мертвых карманников...

Он придвинулся в ней, обнял за плечи, погладил по голове.

— Прости. Ты права, я совсем помешался на этой чертовой работе. Привез тебя сюда, чтобы порадовать, а сам...

— Нет, это ты меня прости, — ответила она; ее голос звучал почти нормально — видимо, ей удалось совладать с собой. — Ведь это я начала этот дурацкий разговор.

Он продолжал гладить ее по волосам. Она прижалась щекой к его груди. Но сквозь бронежилет он почти не чувствовал этого прикосновения.

— Знаешь, я никогда в детстве не плела венки из одуванчиков, как другие девчонки, — сказала она. — Мне было жалко их рвать.

— Теперь можно.

— Да, — согласилась Эрика, — но я не знаю как.

В этот момент в кармане его мундира, практически прямо ей в ухо, запел мобильный телефон. Девушка испуганно вздрогнула, отдернула голову, затем нахмурилась, узнав бравурную военную мелодию.

— Это Макс, — сердито сказала она. — Я думала, ты отключил мобильный.

— Для него я всегда на связи. Что делать!

— Не бери, а? — Она ухватила его за руку. — Или ска-

жи, что ты в отставке, и сразу отключись!

— Прости, милая. — Он легко преодолел ее сопротивление и вытянул надрывающийся аппарат из кармана. — Я должен услышать, что он скажет... Да, Макс, да. Что? Это точно? Ты гарантируешь, что они не переиграют? Значит, я могу сказать Эрике? Понял. Понял, Макс. Спасибо тебе!

— Почему ты не сказал ему, — недовольно начала она, но осеклась, увидев выражение его лица. Давно Эрика не видела на этом лице такой сияющей улыбки. Очень, очень давно.

— Ну вот и он, мой главный сюрприз! — сказал он. — Честно говоря, у меня было мало надежды. Но Макс лично подтвердил наше участие.

— Участие в чем?!

— Существует секретный проект. «Ковчег-два». Автономная станция на Луне. Не для произведений искусства. Для людей. Понятное дело, для совсем небольшого их числа, около полусотни со всей планеты, потому что системы жизнеобеспечения больше не потянут.

— Шишки все-таки нашли себе лазейку! — гневно воскликнула Эрика, но осеклась, ибо наконец поняла. Да, за последние месяцы мысли о неизбежности гибели стали настолько привычными, что она поняла не сразу.

— Ну, в каком-то смысле, может, и шишки, — смущенно усмехнулся он, — но если ты имеешь в виду всех этих политиканов и миллиардеров, то большинство из них даже не в курсе. Часть персонала — лучшие ученые в различных областях, а еще часть, да, высшие офицеры служб безопасности. Те, кто обеспечивал порядок и возможность реализации этого проекта. Можно сказать, что это плата за лояльность, но без нее этот проект постигла бы та же участь, что и «Ковчег-один».

— Но ведь говорили, что спасение людей невозможно. Еще когда обсуждали «Ковчег-один». Технологии не позволяют выжить в космосе без снабжения с Земли.

— Это естественно. А что, по-твоему, должны были говорить? Ты представляешь, какая бы началась драка за места, какие силы были бы брошены, чтобы сорвать проект? «Не спасусь я — пусть не спасется никто!» — увы, так рассуждали бы очень, очень многие, включая лидеров отдельных стран, в том числе хорошо вооруженных.

— Но я — не великий ученый. Прошлый семестр, правда, закончила почти на отлично, не считая математики, но вряд ли этого достаточно. И уж тем более я не офицер безопасности. Неужели только из-за того, что ты...

— В общем, да. Я сказал им, что без тебя не полечу. Это не был ультиматум в обычном смысле, то есть я не говорил, что в случае отказа присоединюсь к погромщикам или выдам тайну проекта. Говорил, что все равно исполню свой долг до конца, и так бы и сделал. Но возможно, они сомневались в искренности этих слов. Хотя, конечно, этого было бы недостаточно. Просто ради меня тебя никто бы не взял. Но у тебя исключительно хороший генотип. Помнишь диспансеризацию в университете, когда у вас всех брали анализы? Большинство ученых и тем более старших офицеров — мужчины, и к тому же многие из них не слишком молоды. А кому-то нужно продолжать человеческий род. Поэтому третья группа — это молодые девушки с наилучшими генами.

— Я же много болела в детстве.

— Это не важно. Гены не всегда одинаково проявляются на фенотипическом уровне... ну, я не биолог, но так мне объяснили. В общем, ты им подходишь. Если бы я не обратил их внимание на тебя, возможно, взяли бы другую, но будем считать, что это наша общая заслуга. Ты понимаешь, Эрика? Мы не умрем!

— А как же разрушенные космодромы? — Она все не решалась поверить.

— Остался французский, на острове в тропиках. Вандамы до него не добрались.

— Но власть во Франции пала одной из первых.

— Вот сразу после этого космодром был взят под контроль нашими силами быстрого реагирования совместно с американцами.

— Так это все правда?

— Да.

— Правда?

— Да! У нас впереди не три дня, Эрика! У нас многие, многие годы!

— Ур-р-ра! — Девушка вскочила и закружилась по траве, подняв лицо к небу. Мужчина тоже поднялся и с улыбкой смотрел на нее. Затем она снова бросилась к нему на шею: — Спасибо, спасибо, спасибо!

Он понимал, что скоро она вспомнит о том, что Земля все-таки обречена. Вспомнит о самоубийстве ее матери, не выдержавшей мук ожидания, и обо всех, кого больше не увидит. Задумается о том, каково это — провести всю жизнь в замкнутом мирке космической станции, о том, от кого ей предстоит рожать детей и насколько она будет свободна в выборе. Но пока что она абсолютно счастлива. И он знал, что медлить не стоит, но не мог заставить себя решиться.

Затем ее объятия ослабели.

— Но одуванчики я вижу в последний раз.

— Мы возьмем с собой семена растений. В первую очередь, конечно, культурных, но не только. Не думаю, что несколько семян одуванчика утяжелят ракету.

— Это здорово! — Она опять улыбнулась. И он торопливо, пока следующие очевидные мысли не погасили эту улыбку, произнес:

— Знаешь, милая, у меня есть еще один сюрприз для тебя.

— Еще? — Она совсем по-детски распахнула глаза. — Неужели может быть сюрприз лучше предыдущего?

— Ну, не лучше, конечно, но все-таки. Я специально берег для такого случая. Только ты должна отвернуться!

— Хорошо! — Эрика охотно подчинилась и замерла в предвкушении, полагая, вероятно, что он собирается надеть ей на шею какое-нибудь украшение. Конечно, по сравнению с новостью о спасении это был сущий пустяк, но ей с детства нравился сам процесс получения подарка.

— Чур, не подглядывать! — предупредил он.

— Я буду смотреть на одуванчики, — беспечно откликнулась она.

Мужчина вытянул из кобуры пистолет и аккуратно, без щелчка, снял его с предохранителя.

— Ты — мое главное сокровище, Эрика, — тихо сказал он. — Я так люблю тебя.



ФАНТАСТИКА

— Это и есть твой сюрприз? — кокетливо промурлыкала она.

— Нет. Мне просто захотелось тебе это сказать.

— Я тоже очень люблю тебя, папа!

Он выстрелил ей в затылок.

Словно марионетка, у которой разом перерезали веревочки, девушка беззвучно повалилась лицом в одуванчики. Мужчина убрал пистолет в кобуру, повернулся и зашагал туда, где за деревьями оставил бронемашину. Он ни разу не обернулся, чтобы взглянуть на тело дочери, распростертое среди солнечно-желтых цветов.

На самом деле, конечно, никакого лунного проекта не было. Эта идея обсуждалась и была отвергнута с самого начала. Во-первых, за оставшийся с момента обнаружения Танатоса срок построить такую станцию было нереально. Во-вторых, после столкновения Луна подвергнется массивной бомбардировке обломками Земли и Танатоса и, даже если станция избежит прямого попадания, сейсмические колебания от этих ударов разрушат любую подобную постройку. В-третьих, слова об отсутствии технологий, позволяющих обеспечить неограниченно долгую жизнедеятельность станции без снабжения с Земли, были чистой правдой.

А Макс и в самом деле не знал о его отлучке. Не мог знать. Железный Макс Хаммер, ветеран ближневосточных войн, кавалер трех высших военных орденов Республики, Председатель Чрезвычайного Комитета, был найден этим утром лежащим на столе в своем кабинете с дырой в виске, проделанной из личного наградного пистолета. В записке было четыре слова: «Прости. Я не смог».

Фактически эти четыре слова были приказом о назначении на новую должность. Но порядок, введенный Максом, был так надежен, что первым решением, принятым новым Председателем в новом качестве, стало решение о собственном отпуске. Он мог себе это позволить. Три часа на устройство личных дел.

А тот самый звонок от Макса — конечно, простое использование функции будильника; надо было только поменять мелодию. Это позволило разыграть спектакль перед Эрикой и одновременно напомнить себе, что время отпуска истекает. Теперь оно истекло окончательно, и он должен вернуться в город. До столкновения с Танатосом остается три дня, и, значит, у него все еще много работы.



Рябина

Что за ягода рябина? Рябина относится к семейству розовых, или розоцветных, в котором ей выделен отдельный род, включающий 84 вида. В европейской части России растет рябина обыкновенная, в Сибири и на Дальнем Востоке широко распространена рябина сибирская, в Приамурье и Приморье — рябина амурская, на Камчатке — рябина камчатская, а на Сахалине, Курильских островах, Камчатке и Охотском побережье — угадайте какая? Бузинолистная! В пищевом и лекарственном отношении все эти виды похожи на рябину обыкновенную, о которой и пойдет у нас дальше речь.

Плоды рябины ботаники называют ягодообразными, а в народе — просто ягодами. Их издавна нанизывают на бусы и применяют в народной медицине. Латинское название рябины обыкновенной — *Sorbus aucuparia*. Слово «аукупария» означает «заманивать птиц» (очевидно, птицеловы использовали ягоды в качестве приманки), а «сорбус» происходит от кельтского «сор» — терпкий.

Отчего рябина горчит? Горечь рябиновых ягод нередко поминается в русской поэзии и символизирует безрадостную долю, а сама рябина — тоскующую женщину. Но своеобразный вкус плодам придает отнюдь не женское одиночество, а горький гликозид сорбиновой кислоты и терпкие дубильные вещества. Когда первые заморозки разрушают дубильные вещества и гликозид, горечь исчезает, и тогда можно почувствовать, что в рябине есть и сахара, но не очень много: вдвое меньше, чем в яблоках. При распаде гликозида в плодах возрастает содержание сорбиновой кислоты, которая представляет собой естественный консервант, поэтому ягоды рябины прекрасно хранятся без всякой обработки.

Чем богат рябиновый плод? Итак, плоды рябины содержат сахара: до 4,8% фруктозы, 3,8% глюкозы, 0,7% сахарозы и небольшое количество сорбозы, а также дубильные и горькие вещества и гликозид парасорбозид. Кроме того, в ее ягодах присутствуют органические кислоты, в основном яблочная, а также винная, янтарная и сорбиновая, флавоноиды, эфирные масла и спирты. Плоды рябины богаты витаминами С и Р, есть в них также немного каротина, витаминов К, Е и фолиевой кислоты. Из микроэлементов достойны упоминания магний, марганец, железо, цинк и медь. А семена (в каждом плодике их от двух до пяти штук) содержат гликозид амигдалин и до 22% жирного масла.

Какой прок от рябинового масла? Конечно, рябина не масличная культура, и рябиновое масло в кулинарии не используют, однако с медицинской точки зрения это исключительно ценный продукт. В масле из плодов рябины присутствует значительное количество каротина и каротиноидов, благодаря которым оно врачует раны и язвы эффективнее, чем масло шиповника. Кроме того, оно обладает противовоспалительным действием и укрепляет зрение.

Один из каротиноидов рябинового масла, ликопин, оказался сильным антиоксидантом; он предотвращает окисление холестерина в сосудах, ведущее к образованию тромбов, а потому снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Чем полезна сорбиновая кислота? Сорбиновая кислота, которой богаты плоды и листья рябины, потому так и называется, что ее впервые выделили из рябинового сока. (Честь этого открытия принадлежит немецкому химику XIX века Августу Гофману.) Она оказалась прекрасным антисептиком, который тормозит развитие некоторых микроорганизмов, дрожжей и плесневых грибов. Поэтому плоды рябины и сами хорошо хранятся, и препятствуют порче продуктов, в которые их добавляют (это могут быть овощные консервы, сырые овощи и даже соленая рыба).

Ценность сорбиновой кислоты как консерванта обусловлена еще и тем, что она не имеет собственного вкуса, не вызывает аллергии и не раздражает слизистые оболочки. К тому же она не мешает росту молочнокислых бактерий, деятельность которых необходима при консервировании.

Нередко в качестве консерванта используют не ягоды, а листья рябины. А поскольку сорбиновая кислота — противогрибковое средство, хорошо растертые свежие рябиновые листья используют как компресс или повязку, прикладывая к участкам, пораженным грибом.

От каких еще болезней лечит рябина? Рябина обыкновенная оказалась просто кладезем биологически активных веществ и полезных свойств. Прежде всего это комплексный витаминный препарат, который хорошо сочетать с крапивой и шиповником. Сок из свежих рябиновых ягод полезен при пониженной кислотности желудка.



Плоды рябины содержат также гликозид амигдалин, что явственно ощущается в мае — цветки рябины пахнут горьким миндалем. Амигдалин защищает организм от разрушительного действия радиации и рентгеновского излучения, а жиры от перекисления, внося свою лепту в борьбу с атеросклерозом. Совокупность амигдалина, органических кислот и сорбита обладает желчегонным действием, рябиновые горечи и органические кислоты повышают секрецию желудочного сока, поэтому плоды рябины улучшают пищеварение. А еще ягоды содержат пектины, которые препятствуют избыточному брожению углеводов и выводят их избыток из организма, уменьшают газообразование в кишечнике и связывают токсины. В общем, ешьте рябину — не пожалеете!

Как же ее есть, если она горькая? Есть несколько способов придать рябине пристойный вкус. Во-первых, ее собирают после первых заморозков, а затем потребляют с большим количеством сахара. Из рябиновых ягод отжимают сок, готовят повидло, варенье, цукаты, морсы и желе. В желе сохраняются в основном вещества, содержащие витамин Р, аскорбинка же разрушается. Из ягод готовят кисло-сладкие настои, морсы, квас, настойку, рябиновую водку и коньяк, ликеры и даже уксус.

Второй путь, более продуктивный, заключается в том, чтобы заняться селекцией и получить сорта с ягодами, лишенными горечи. Такой отбор люди вели десятилетиями во многих областях Центральной России. Самый известный результат народной селекции — невежинская рябина, происходящая из села Невежино Небыловского района Владимирской области. Иногда для большего благозвучия ее неправильно называют «нежинской». У невежинской рябины плоды крупные и отсительно сладкие.

Не обошли рябину вниманием и профессионалы. Ее оценил великий русский селекционер И.В.Мичурин и создал несколько крупноплодных и не горьких сортов, скрещивая рябину обыкновенную с грушей, боярышником, аронией и мушмулой. Современные культурные сорта получены на основе невежинской рябины и ее центральноевропейского аналога рябины моравской. Ягоды у этих сортов крупные, до 1,5 см, красные и такие сладкие, что их можно есть даже свежими.

И наконец, можно посадить в своем саду какой-нибудь другой вид рябины. У рябины бузинолистной, например, вкусные кисло-сладкие ягоды без горечи, которые легко собирать, потому что растение невысокое, не выше двух метров. Если повезет, в умеренном климате приживется теплолюбивая рябина домашняя, приносящая плоды размером с райское яблочко.

С какими продуктами сочетается рябина? Неправильно было бы думать, что рябину потребляют только с сахаром или спиртом. Кисловатые ягоды хороши к мясу, поэтому из рябины получается оригинальный соус. Для его приготовления 200 г рябины варят в сиропе (полстакана воды и столовая ложка сахара), затем одну столовую ложку ягод откладывают, а остальное взбивают миксером, добавляют по чайной ложке майонеза и горчицы, соль и перец по вкусу, и полученный продукт посыпают отложенными ягодами.

Еще один нестандартный рецепт — рябина в тесте. Это блюдо лучше готовить из крупных сортов ягод. Один желток смешивают со 100 г муки и добавляют столько светлого пива, чтобы получилось густое тесто, которое должно постоять полчаса, а затем в него добавляют сбитый с солью белок. Кисти рябины, предварительно вымытые и высушенные, окунают сначала в тесто, а затем в масло, разогретое до 180°C. Каждую ветку обжаривают 4 – 6 минут, выкладывают на сито или пергамент и дают маслу стечь. Готовые ветки, чтобы они не остыли, можно держать в духовке, подогретой до 100°C. Перед подачей на стол рябину посыпают сахаром и корицей.

Из обычных ягод, собранных после первых заморозков, получается рябина на меду. Для этого 1 кг ягод запекают в духовке на противне, смешивают с 250 г кипящего меда и варят, как варенье.

Что такое черноплодная рябина? Она принадлежит к тому же семейству, что и рябина обыкновенная, но к другому роду — арония. Черноплодная рябина происходит из Северной Америки, а с начала XIX века ее стали выращивать как декоративный кустарник в Западной Европе и на юге России. Ее плоды более сладкие и не такие терпкие, как у рябины обыкновенной, хотя дубильных и пектиновых веществ в ней довольно много. Еще один вид, арония Мичурина, представляет собой, по-видимому, полиплоидную форму рябины черноплодной, и плоды у нее крупнее.

По содержанию витамина Р (до 0,5%) арония занимает одно из первых мест среди российских плодовых растений. Этого витамина в черноплодной рябине вдвое больше, чем в смородине, и почти в 20 раз больше, чем в яблоках.

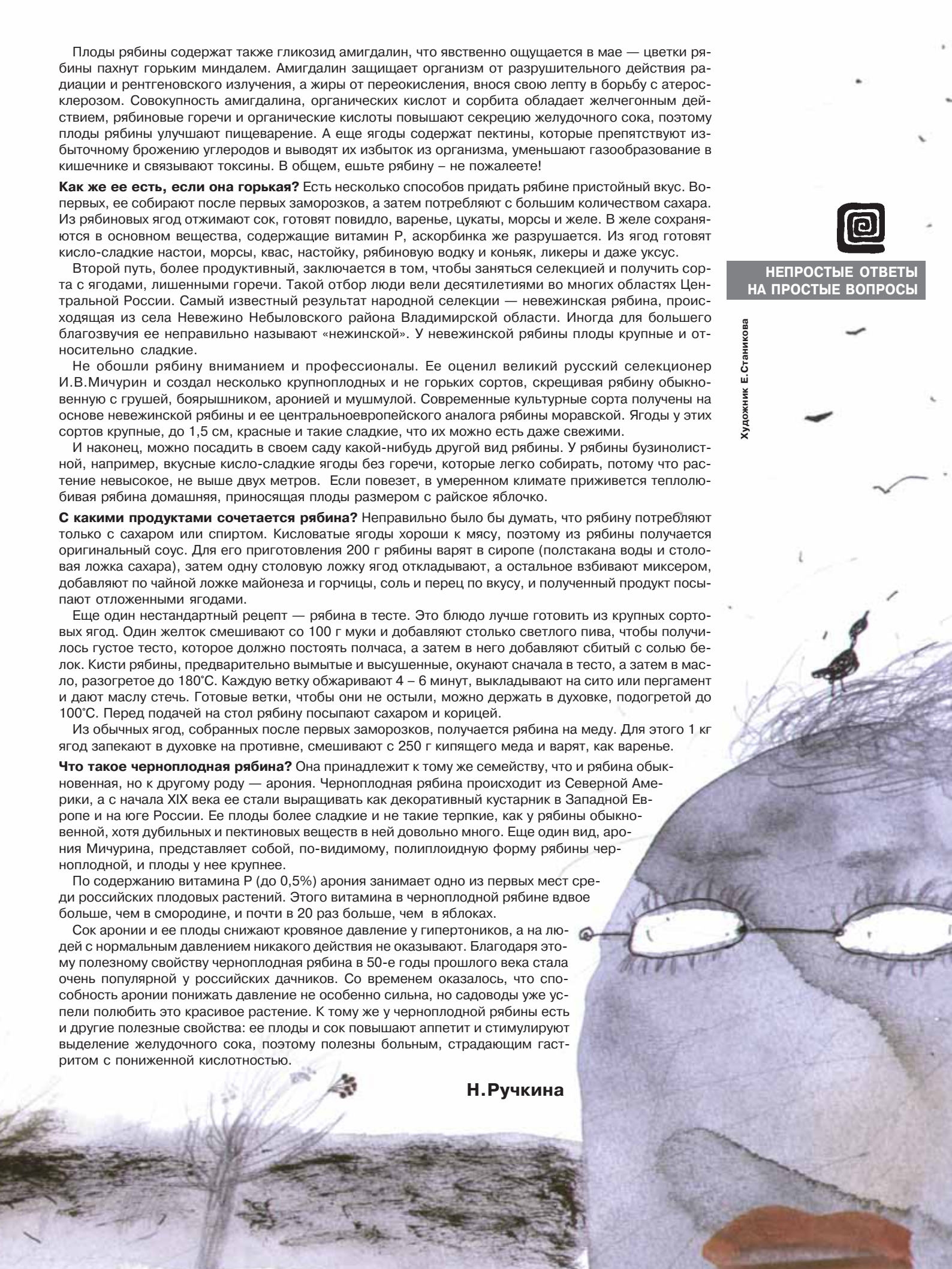
Сок аронии и ее плоды снижают кровяное давление у гипертоников, а на людей с нормальным давлением никакого действия не оказывают. Благодаря этому полезному свойству черноплодная рябина в 50-е годы прошлого века стала очень популярной у российских дачников. Со временем оказалось, что способность аронии понижать давление не особенно сильна, но садоводы уже успели полюбить это красивое растение. К тому же у черноплодной рябины есть и другие полезные свойства: ее плоды и сок повышают аппетит и стимулируют выделение желудочного сока, поэтому полезны больным, страдающим гастритом с пониженной кислотностью.

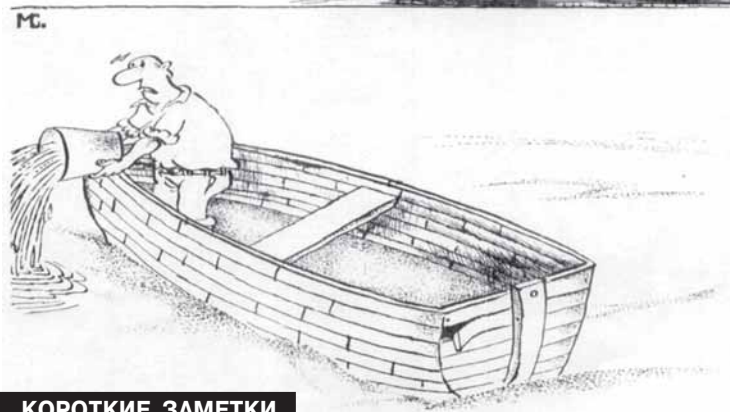
Н.Ручкина



**НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ**

Художник Е. Станикова





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Сколько смерчей несет ураган?

Мексиканский залив для США — настоящий генератор бедствий. Именно оттуда ежегодно надвигаются на юг страны разрушительные ураганы. А сопровождают их еще более разрушительные смерчи, способные проникать в глубь континента на сотни километров. Причем предполагается, что в связи с глобальным потеплением ураганы станут мощнее и свита смерчей у каждого из них будет расти.

Чтобы подтвердить или опровергнуть гипотезу, нужна статистика. А как узнать, сколько смерчей возникло у того или иного урагана? Начиная с 1995 года это можно было сделать по данным сети доплеровских радаров, установленных на территории США. Радары измеряют скорости движения капель атмосферной влаги, а смерч имеет четко выраженную картинку распределения этих скоростей в пространстве. Однако для хорошей статистики необходимы данные более ранних наблюдений. Откуда их взять?

Аспирант Технологического института Джорджии Джеймс Белангер с коллегами («Geophysical Research Letters», 36, L17805, 2009) построил модель, которая позволяет связать число образовавшихся смерчей с такими параметрами, как размер урагана, его интенсивность, направление движения и наличие большого градиента влажности на средних высотах. Проверка модели показала хорошие результаты: она нашла все 33 смерча, созданных ураганом Аик в 2008 году, и 56 из 58 смерчей, составивших свиту урагана Катрин в 2005-м. Затем ученые обсчитали 127 ураганов за период с 1948-го по 2008 год, а также добавили данные о многих более ранних бурях вплоть до 1920 года. Обнаружились два периода особой активности смерчей. Это 1948—1964 годы и с 1995 года по настоящее время: среднее число торнадо на ураган удваивается по сравнению с тихими годами. Более того, во втором периоде число торнадо на 35% больше, чем в первом, причем сезон 2005—2006 годов был самым урожайным на смерчи с 1920 года. Стало быть, гипотеза верна: процесс идет по нарастающей.

А можно ли подавить ураган в зародыше? Да, но для этого требуется охладить поверхность Мексиканского залива непосредственно перед возникновением урагана. «Химия и жизнь» (2007, □ 4) писала об одном возможном способе — поднимать опресненную холодную воду с глубин океана с помощью сил осмоса. История с охлаждением океана получила продолжение: в июле этого года основатель компании «Microsoft» Билл Гейтс подал заявку на патент по спасению США от ураганов. Он предлагает создать флот из сотни судов с насосами, которые будут поднимать холодную глубинную воду, теплую поверхность, наоборот, закачивать в глубину, а энергию для работы насосы получают от волн. При всей простоте идеи компьютерного гения нельзя не отметить, что исходное предложение автора нашего журнала В.Кальменса кажется привлекательней хотя бы потому, что как раз накануне урагана, когда и нужно охлаждать поверхность воды, в Мексиканском заливе царит штиль и насосы лишаются источника энергии. А осмотический подъем воды работает всегда, и его мощность весьма велика. Впрочем, все равно приятно, что идеи, опубликованные в «Химии и жизни», расходятся столь широко.

С.Анофелес

Пишут, что...



...по мнению авторитетных ученых, Нобелевская премия нуждается в реформировании; так, следует учредить премии за достижения в области здравоохранения и экологии («New Scientist», 2009, № 2728, с. 3, 6—7)...

...ключевым направлением российского высшего образования станет создание федеральных университетов («Интеллектуальная собственность», 2009, № 9, с. 44—50)...

...с появлением новейших методов изучения генома те люди, которые решатся поместить данные о своей ДНК в открытый доступ, будут вправе требовать за это вознаграждение («Nature Biotechnology», 2009, т. 27, № 9, с. 777)...

...несмотря на 50-летнюю историю, разведка и обнаружение большинства золото-серебряных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса все еще находится в начальной стадии («Доклады Академии наук», 2009, т. 427, № 6, с. 814—820)...

...опубликованы материалы XXX Всероссийской конференции по космическим лучам, которая прошла в Санкт-Петербурге в июле 2008 года («Известия РАН. Серия физическая», 2009, № 5, т. 73, с. 578—706)...

...первые образцы электронной бумаги, или е-бумаги, были разработаны в 70-е годы прошлого века в исследовательском центре компании «Хегах» («Электроника. Наука, технология, бизнес», 2009, № 5, с. 38—44)...

...из старого компьютера у себя дома можно сделать сетевое хранилище данных («Мир ПК», 2009, № 9, с. 74—76)...

...наночастицы оксида цинка, меди и серебра более токсичны, чем наночастицы других металлов и оксидов металлов («Российские нанотехнологии», 2009, т. 4, № 7—8, с. 24—25)...

...при создании алюминиевого сплава для генерирования водорода из воды важнее технология получения сплава, чем вариации соотношений добавок («Электронная обработка материалов», АН Республики Молдова, 2009, № 4, с.108—112)...

...впервые показано, что оболочка вируса гриппа состоит из рафтов — гибко сочлененных между собой блоков липидов, свойства которых отличаются от мембраны в целом («Молекулярная биология», 2009, т.43, № 4, с.579—589)...

...предложен акустический метод определения белков и липидов в сыворотке крови человека, результативность которого подтверждена биохимическими методами («Акустический журнал», 2009, т.55, № 5, с.496—505)...

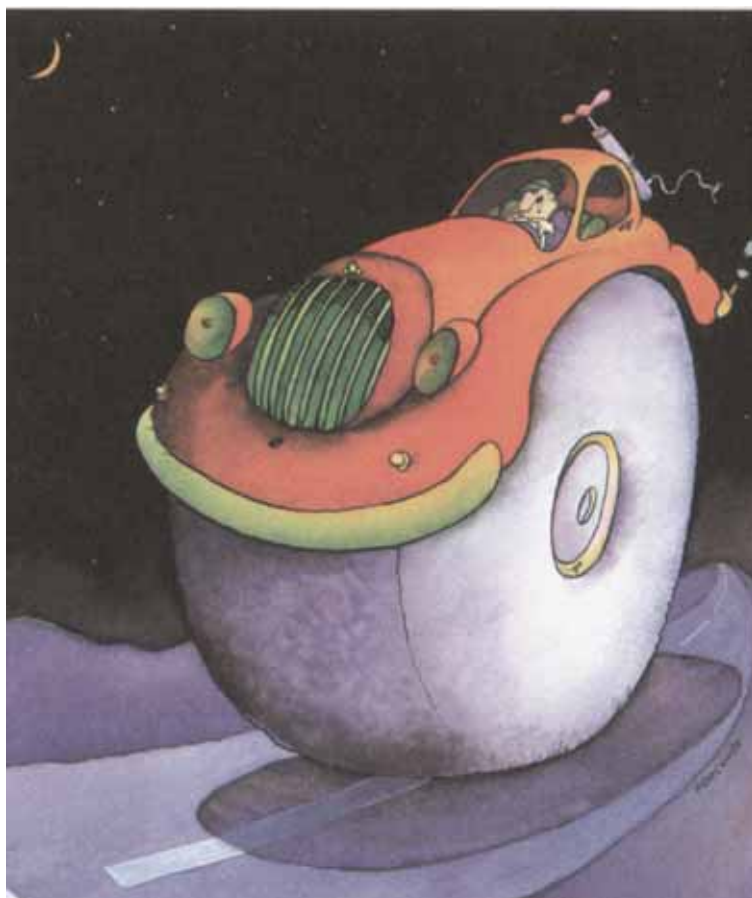
...помимо дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, традиционно используемых в виноделии, перспективен вид *S.bayanus*, холодоустойчивый и способствующий накоплению глицерина в вине («Микробиология», 2009, т.78, № 4, с.575—576)...

...право- и леворукость у детей в возрасте 6—7 лет не влияют ни на вербальный, ни на невербальный интеллект («Психологический журнал», 2009, т.30, № 4, с.47—55)...

...в целом по России двое из каждых пяти горожан живут в объективно благополучных городах и один — в экономически депрессивном («Известия РАН. Серия географическая», 2009, № 4, с.7—16)...

...данные спутниковой телеметрии подтвердили склонность журавлей стерхов занимать один и тот же участок в течение многих лет («Зоологический журнал», 2009, т.88, № 7, с.860—870)...

...у партеногенетических видов ящериц в лабораторных условиях замечено половое поведение, причем одна из самок играет роль самца («Природа», 2009, № 9, с.39—36)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Автомобиль-электростанция

Электричество — не вода, его в бутылку не нальешь и в ящик не положишь. Для хранения электричества придумано сложное устройство — аккумулятор, из которого это добро еще и постоянно утекает. Проблема же хранения электрической энергии стоит остро: электростанции вырабатывают ее постоянно, а потребители используют в течение суток неравномерно. Вот бы всю лишнюю энергию, сделанную по ночам, сохранить, а использовать днем. Но для этого нужно очень много аккумуляторов. Откуда их взять?

Похоже, в недалеком будущем этот вопрос исчезнет сам собой. Потому что достаточно емкий, хранящий сотню киловатт-часов энергии, аккумулятор будет стоять чуть ли не у каждого порога. Речь идет об электромобилях. В самом деле, если этот вид транспорта станет массовым, почему бы не использовать его во время стоянки для подпитки электросети?

Более того, автовладелец еще и сможет заработать на разнице тарифов, если будет закачивать в аккумулятор дешевое ночное электричество, а отдавать его потом по цене дневного.

Первый шаг к реализации этой идеи сделали законодатели американского штата Делавэр, которые приняли закон, определяющий порядок подключения электромобилей к сети в качестве источников электроэнергии, а также порядок расчетов с ними (агентство «NewsWise», 21 сентября 2009 года). Считается, что закон будет способствовать широкому использованию электромобилей в штате и поможет создать в Делавэре экономику, работающую только на чистой энергии. Этот же закон регламентирует поставки в сеть энергии от малых солнечных батарей и ветряков, которые каждый может установить на крыше своего дома.

А.Мотыляев



Пластмассовая пена

Покупая в магазине телевизор, компьютер или микроволновую печь, мы не волнуемся о том, сумеем ли без потерь доставить покупку домой. И в самом деле: после проверки продавец бережно укладывает прибор в коробку, ловко зажимая его со всех сторон легкими шуршащими пластинами белого цвета, с углублениями точно под габариты телевизора или монитора. В такой экипировке ему не страшны удары, резкие толчки и даже падения с небольшой высоты.

Это же обыкновенный пенопласт, скажете вы. Так ли он обыкновенен, этот замечательный материал, детище XX века, без которого сегодня трудно обойтись и в быту, и в технике, и на производстве? Превосходная способность держать тепло, гасить вибрацию и шумы сделала его незаменимым в строительстве зданий, в авиа-, судо- и автомобилестроении. Нет лучше материала для изоляции трубопроводов, холодильных установок и строительных панелей. Необычайная легкость — его удельный вес во много раз меньше, чем у дерева и натуральной пробки, — позволяет изготавливать из него разнообразные плавучие средства: от понтонных мостов до спасательных кругов и жилетов. Из пенопласта производят защитную ударопоглощающую упаковку для хрупких приборов и изделий бытовой техники. К тому же он прост в обработке: резать, пилить, сверлить его можно обычными инструментами «по дереву».

Из чего сделан сам пенопласт? Оказывается, то, что мы именуем пенопластом, — не одно вещество, а целая группа, из класса так называемых газонаполненных пластмасс. Это пластические материалы, состоящие из двух фаз: полимера и газообразного наполнителя, например воздуха или углекислого газа. Газ находится во множестве мельчайших ячеек или пор разной формы — сферической, эллипсоидной. Они могут быть замкнутыми, изолированными тончайшей пленкой полимера или же сообщаться друг с другом и с окружающим воздухом. Газонаполненные пластмассы с замкнуто-ячеистой структурой внешне похожи на застывшую пену и поэтому называются пенопластами, с открытопористой — поропластами. Есть еще сферопласты, или синтактические пены. Наполнитель в них — полые стеклянные или полимерные шарики. Поры в газонаполненных пластмассах занимают от 95 до 98% объема, и лишь 2—5% приходится на полимер. Поэтому все они необычайно легки и практически не проводят тепло.

Газонаполненным теоретически можно сделать почти любой синтетический или природный полимер. Широко используются пенополистирол, пенополиуретан и пенополиэтилен — соответственно на основе полистирола, полиуретана и полиэтилена.

Давайте поближе познакомимся с полистирольным пенопластом. В России он выпускается под марками «пеноплекс» и «экспол». Именно с ним мы встречаемся в магазине. Это белое, упругое, теплое на ощупь вещество, имеющее структуру слипшихся шариков. Для его получения нужен полуфабрикат, так называемый бисер — мелкие шарики полистирола диаметром около 1 мм с растворенным в них газообразователем. Бисер засыпают в жесткую форму и нагревают горячим паром (от 90 до 100°C). Внутри шариков начинает выделяться газ (продукт разложения изопентана). Он надувает, их как детские воздушные шары, так что объем увеличивается в 10—15 раз. Раздувшиеся шарики прилипают друг к другу и занимают весь объем формы. После охлаждения пенопласт готов. Его выпускают в виде плит или блоков толщиной от 1 до 16 см, которые легко режутся горячей проволокой.

Полистирольный пенопласт — отличный строительный материал: легкий, с уникальными теплоизоляционными свойствами. Плита толщиной в 10 см по теплоизоляции эквивалентна полуметровой стене из деревянного бруса или двухметровой из кирпича. Утепление фундаментов, полов и перекрытий, стен и крыш, теплоизоляция холодильных помещений, емкостей для перевозки замороженных продуктов и

Л.А.СИМАКОВОЙ, Воскресенск: *Растворимое стекло — это полупродукт для получения жидкого стекла, силикат щелочных металлов общей формулы $R_2O \cdot mSiO_2$, где $R = Na, K, Li$; его получают из кварцевого песка и Na_2CO_3 , иногда (сульфатное) с добавлением угля, при высоких температурах.*

Е.В.СЕРГУТИНОЙ, Екатеринбург: *В коре ивы содержится салициловая кислота (2-гидроксibenзойная кислота), $C_6H_4(OH)COOH$, которая обладает антисептическим и противовоспалительным действием; аспирин — это ее производное, ацетилсалициловая кислота.*

П.П.ЗАСЛАВСКОМУ, Кемерово: *Препаратам вроде «Антигрызина», которые препятствуют собакам грызть мебель, придают горечь такие соединения, как алкалоид капсаицин, содержащийся в различных видах перца; а вообще, собачники используют с этой целью различные жгучие или горькие вещества, от эфирных масел до спиртового раствора левомицетина и бальзама «Золотая звезда».*

В.Н.НИКОЛАЕВУ, Москва: *Керамическую плитку на стенах ванной комнаты можно расписывать красками на нитрооснове, например теми, что используются для граффити; для более сухих помещений подойдут и обычные акриловые красками, но перед этим плитку надо обязательно обезжирить.*

А.С.ПИВЧЕНКО, Казань: *Облепиховое масло делают не из ягод, а из семян или жмыха; их прожаривают в духовке, измельчают в кофемолке или мясорубке и заливают растительным маслом; для получения концентрированного продукта одну и ту же порцию масла (0,5—1 л) настаивают на трех порциях жмыха (1—1,5 стакана), каждую не менее десяти дней; существует множество вариантов рецепта.*

Л.А.ВОЛОШИНУ, Санкт-Петербург: *Организация, координирующая природоохранную деятельность зоопарков, в том числе по сохранению редких и исчезающих видов, — это Всемирная ассоциация зоопарков и аквариумов (WAZA), подробности на http://www.waza.org/conservation/wzacs_russ.htm.*

С.М., Москва: *Нейрофизиологические механизмы медитации и аутотренинга изучают и в России, например на кафедре физиологии человека и животных биофака МГУ (<http://brain.bio.msu.ru/>), однако для непосвященных физиология высшей нервной деятельности может оказаться столь же труднодостижимой, как цигун и йога.*



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

сухого льда — все это области применения пенопласта. Как теплоизолятор он практически не имеет срока годности: в Европе им впервые утеплили жилые дома более 50 лет назад, и он по-прежнему эффективно сберегает в них тепло.

У полистирольного пенопласта есть и другие достоинства: он не выделяет вредных для человека и окружающей среды веществ, поэтому разрешен для упаковки пищевых продуктов, практически не впитывает влагу и не набухает в воде, в нем не могут завестись плесень или грибок. К недостаткам пенопласта можно отнести нестойкость к некоторым химическим соединениям, например ацетону и скипидару. Плохо пенопласт переносит повышенные температуры — верхний предел его использования 90°C. Пенопласт — горючий материал. Поэтому в него вводят антипирены (греч. anti- про-

тив, руг — огонь) вещества, понижающие горючесть. Антипирены при нагревании разлагаются, выделяя пары или инертные газы, которые затрудняют воспламенение, а при непосредственном контакте с огнем образуют на поверхности плотную пленку, преграждающую доступ кислорода к материалу. В результате при удалении источника пламени горение прекращается. Такие материалы называются самозатухающими. Время затухания для пенопласта — около четырех секунд.

Пенополиуретан, больше известный под названием поролон, — поропласт с воздушным наполнителем, который занимает 98% его объема. Это эластичный, воздухопроницаемый (вспомним, что у всех поропластов поры не замкнуты), гигиеничный и безопасный для здоровья человека материал. Получают его из по-

лиэфирного полимера с помощью диизоцианатов (вспенивающих веществ) и выпускают в виде лент или широких полотен. Поролон — хороший теплоизолятор, хотя и уступает пенопласту. Зато его можно использовать в более широких температурных пределах. Но есть у него и существенный недостаток: нестойкость к старению. После 10 лет эксплуатации поролон начинает крошиться.

Еще один поропласт — пенополиэтилен — сравнительно новый материал. Впервые он был получен в Японии в 1968 году. Сейчас он производится и в России под торговой маркой «изолон». Он эластичен и легок в обработке, незаменим при теплоизоляции сложных поверхностей, а также как вибропоглощающий и амортизирующий материал для мягкой мебели и сидений автомобилей.

М.Демина

P&G

Компания Procter & Gamble



Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

проводят **КОНКУРС**

АКАДЕМИЧЕСКАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ИНИЦИАТИВА **PROCTER & GAMBLE**

К участию приглашаются все
научно-исследовательские институты
и университеты России

ЗАЯВКИ принимаются
с **15 сентября**
по **15 ноября**
2009 г.

www.pg-innovation.msu.ru

ТЕМЫ КОНКУРСА:

- ЭЛЕКТРОХИМИЯ
- МИКРОБИОЛОГИЯ
- ХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ

ЦЕЛИ КОНКУРСА:

РАЗВИТИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ НАУКОЙ
И ПРОИЗВОДСТВОМ, А ТАКЖЕ ПООЩРЕНИЕ
ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ
ПРАКТИЧЕСКИМ ПРИМЕНЕНИЕМ СВОИХ
НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК



КОНТАКТЫ

www.procterandgamble.ru
отдел менеджмента
МГУ имени М.В. Ломоносова
тел.: 8 (495) 939 26 66
manadgerorg@gmail.com

