

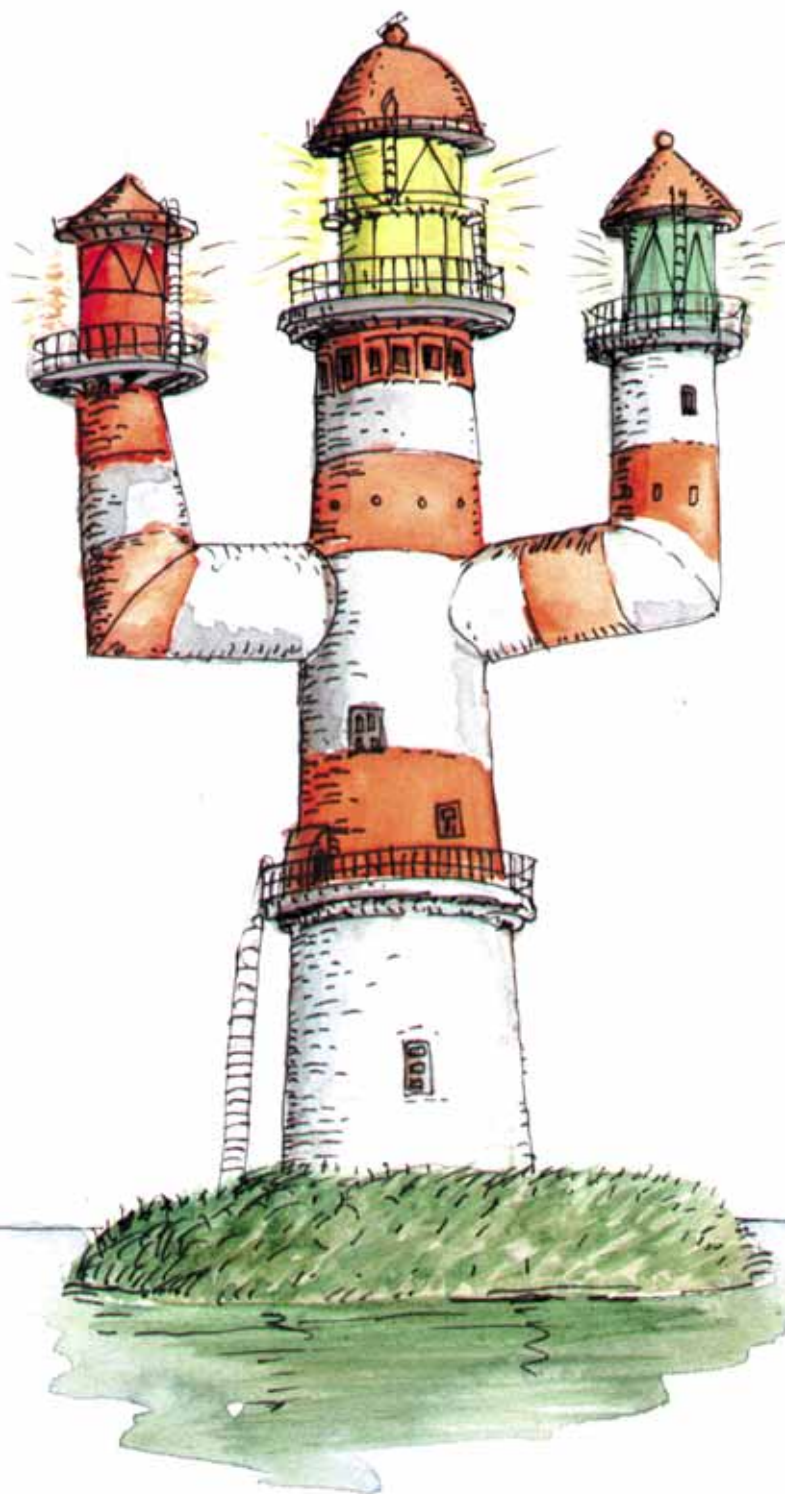


Ж

12

2009

ЖИЗНЬ И ВМЕСТЕ





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 8.12.2009

Адрес редакции:
125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1**Телефон для справок:**
8 (499) 978-87-63
e-mail: redaktor@hij.ruИщите 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 Н. Крацина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Йордин Изип. О том, чего
надо бояться, а чего нет, читайте
в статье «Чистота — залог болезни?».

Содержание

Роснаука	
РЕЗИНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ПРОЧНЕЕ	2
НАНОКЛАСТЕРЫ ПРОТИВ УГАРНОГО ГАЗА	2
АЛЮМИНИЙ С НАНОАЛМАЗАМИ	2
ИЗМЕРЕНИЕ МУТАГЕННОСТИ	2
КЛЕТКА СВЕТИТСЯ В ОТВЕТ НА ЛЕКАРСТВО	3
ДНК-ЛЕКАРСТВО ПОМОЖЕТ КАРДИОЛОГАМ	3
ХИТОЗАНОВАЯ ПЕНА ВОССТАНОВЛИВАЕТ КОСТИ	3
МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ИЗ БРОСОВОГО СЫРЬЯ	3
Событие	
УДЛИНЕНИЕ ПРОТИВ УКРОЧЕНИЯ. Е. Котина	4
Архив	
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СЧЕТЫ КЛЕТКИ. Д. Осокина, В. Черникова	8
Событие	
ПЛАН БЕЛКОВОЙ ФАБРИКИ. Е. Котина	10
Портреты	
ВОЗНАГРАЖДЕННОЕ ЛЮБОПЫТСТВО. З. Гельман	12
Событие	
ДЕЛА ОПТИЧЕСКИЕ. С. М. Комаров	14
Размышления	
МИРОВАЯ УТОПИЯ. С. М. Комаров	20
Расследование	
СИНТЕТИЧЕСКОМУ КАУЧУКУ 100 ЛЕТ? В. В. Благутина	26
Страницы истории	
БИЛЬ О КАУЧУКЕ. Я. М. Слободин	28
Технологии	
ИЗОПРЕНОВЫЙ КАУЧУК: НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. Н. П. Кузнецова	31
МИКРОВОЛНОВКА — ХИМИЧЕСКИЙ	
РЕАКТОР. А. И. Румянцев, А. Д. Свинцов	33
Проблемы и методы науки	
КОММУНИКАЦИЯ ЖИВОТНЫХ: ОТ СТИМУЛА К СИМВОЛУ. В. С. Фридман	34
Портреты	
МЕНДЕЛЕЕВИЯ. Е. В. БАБАЕВ	38
Проблемы и методы науки	
РОСТ СНЕЖИНКИ ПО РАДИОВОЛНЕ. М. Е. Перельман	44
Технологии и природа	
О ДЕНДРИТАХ. С. М. Комаров	46
Мифы нашего времени	
МАСКА ДЛЯ ПРОСТУДЫ. В. И. Рубцов	47
Технологии и природа	
ЧИСТОТА — ЗАЛОГ БОЛЕЗНИ? О. Е. Манушина	48
Наша книжная полка	
БИЗНЕС: КРУПНЫЙ И РОССИЙСКИЙ. А. Сляднева	51
НАУКА ОТ ДЖЕЙМСА БОНДА И ШЕРЛОКА ХОЛМСА. Е. Лясота	52
Непростые ответы на простые вопросы	
ГРАНАТ. Н. Ручкина	54
Фантастика	
АГРИППИНА. Наталья Егорова	56
Материалы нашего мира	
ОГНЕННЫЕ ЗАБАВЫ М. Демина	64

ИНФОРМАЦИЯ	25,32	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	18	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	50	ПЕРЕПИСКА	64
УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ	42		



РЕЗИНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ПРОЧНЕЕ

Для того чтобы улучшить свойства полимера, в него вводят частицы наполнителя. Например, при изготовлении резины в каучук добавляют частицы сажи, которые не только придают материалу черный цвет, но и увеличивают его прочность и сопротивление износу. Но здесь речь пойдет о термопластах – широком классе полимеров, которые при низких температурах ведут себя подобно резинам, а при высоких — пластичны, поэтому из них легко формировать изделия сложной формы.

Специалисты компании «Инвест Групп» предложили использовать углеродные наночастицы – нанотрубки, фуллерены, а также минерал шунгит, в котором они содержатся, – в качестве наполнителей термоэластопластов (контракт 02.513.12.3050). Однако здесь есть одна принципиальная технологическая хитрость: наночастицы необходимо добавлять не как обычно, при изготовлении изделия из полимерных гранул, а во время синтеза полимера. Это позволяет сократить процесс на несколько стадий, а также обеспечить более равномерное распределение наполнителя по объему полимера и тем самым сократить расход дорогих наночастиц.

В результате, при введении 2% по массе наночастиц, прочность полимера возросла на 80%, сопротивление материала разрыву – в 2 раза, а модуль упругости, характеризующий жесткость, — в 1,5 раза.

НАНОКЛАСТЕРЫ ПРОТИВ УГАРНОГО ГАЗА

Угарный газ получается и при сгорании топлива в двигателе внутреннего сгорания, и при варке и жарке пищи на плите с газовой горелкой. Поэтому он всегда присутствует в воздухе крупных городов, не способствуя здоровью их жителей. Чтобы снизить содержание этого газа в выхлопах автомобилей, применяют катализаторы

дожигания, однако некоторое его количество все равно оказывается в воздухе.

Специалисты из Института проблем химической физики РАН работают над созданием катализатора, способного при пропускании электрического тока очищать воздух бытовых и производственных помещений от малых концентраций угарного газа при комнатной температуре (контракт 02.513.12.3022). Для этого исследователи впервые в мире научились осаждать нанокластеры платины на поверхность детонационных наноалмазов. В результате удельная поверхность платины в грамме материала составляет 100–120 м² при минимальном расходе драгоценного металла.

Помимо устройства для очистки воздуха новый нанокатализатор может стать основой датчиков угарного газа. Расчет показывает, что по своей миниатюрности они в 30 раз превзойдут имеющиеся аналоги.

АЛЮМИНИЙ С НАНОАЛМАЗАМИ

Композиты из металла с различными наночастицами очень прочные и способны составить конкуренцию многим конструкционным материалам. Например, алюминий, армированный углеродными нанотрубками, настолько прочный и жесткий, что может заменить сталь при изготовлении деталей автомобилей. Причем эти композиты не только прочны, они обладают еще и низкой плотностью — 2,5–2,6 г/см³. Иными словами, это легкие материалы.

Специалисты из Технологического института сверхтвердых и новых углеродных материалов разрабатывают технологии получения композитов из металла и наноструктур углерода – наноалмазов, фуллеренов и нанотрубок (контракт 02.513.11.3350).

Исследователи определили максимальный размер наноалмазов и оптимальное количество добавляемых наночастиц, обеспечивающих желаемые свойства материала. А затем создали универсальную технологию, с помощью которой можно изготавливать объемные заготовки из указан-

ных композитов. Она включает высокоэнергетическую механическую обработку с последующим применением высоких давлений, пластической деформации и нагрева.

Где пригодятся композиты на основе алюминиевых сплавов и наноалмазов? Исследователи полагают, что прежде всего – для изготовления оболочек сверхпроводящих кабелей, потребность в которых должна возрасти к 2015 году с 1,5 до 12–15 км, а также легких материалов конструкционного назначения, которые по удельной прочности и жесткости превосходят в 1,5–2,5 раза сплавы системы Al-Li, ныне используемые в самолетостроении.

ИЗМЕРЕНИЕ МУТАГЕННОСТИ

Генотоксиканты – вещества, повреждающие ДНК, например – образующие с ней ковалентные связи. Все генотоксиканты считаются потенциальными мутагенами и канцерогенами. В триоцком Институте спектроскопии (при участии московского Института молекулярной биологии) создали пленочные оптические биодатчики, определяющие наличие в жидкости любых генотоксикантов (контракт 02.512.11.2217).

В гелевой пленке встроены наноконструкции из ДНК, которые резко изменяют оптические свойства пленки в видимой области спектра (520 нм), если в растворе присутствует вещество, взаимодействующее с ДНК. Изменение оптической активности регистрируют с помощью уникального прибора – компактного дихрометра, а роль источника излучения играет светодиод. Прибор значительно дешевле зарубежных аналогов и не требует высокой квалификации персонала. Его можно применять в меди-



цине, фармакологии, биотехнологической и пищевой промышленности, экологическом мониторинге.

Экстремальные ферменты

Археи (ранее называвшиеся археобактериями) – особая группа живых существ, чьи клетки принципиально отличаются как от клеток высших организмов, так и от бактерий. Подсчитано, что биомасса архей превышает биомассу всех остальных земных форм жизни. Среди них есть виды с уникальными свойствами, в частности, экстремофилы – те, что живут в экстремальных условиях, например при высокой температуре или кислотности. Они могут стать бесценным источником ферментов – биокатализаторов, способных работать в этих условиях, но уже в промышленности. Поисками таких микроорганизмов занялись в Центре «Биоинженерия» РАН (контракт 02.512.11.2201).

Для исследования ученые выбрали пять термофильных (живущих в горячих источниках) архей и полностью секвенировали, то есть прочитали, их геномы. Гены этих микроорганизмов, кодирующие термостабильные ферменты, например, те, что расщепляют целлюлозу, белки или жиры, могут представлять немалую ценность на рынке биотехнологий, поскольку сами ферменты наверняка будут востребованы промышленностью.

КЛЕТКА СВЕТИТСЯ

В ОТВЕТ НА ЛЕКАРСТВО

Быстрое и точное тестирование веществ, кандидатов в лекарства, сегодня крайне необходимо. Чтобы сделать более точным тестирование на клеточных культурах, в компании «Евроген», созданной при московском Институте биоорганической химии РАН, разрабатывают уникальные внутриклеточные белковые биосенсоры (контракт 02.512.11.2216).

В клетки различных линий (например, фибробласты, клетки эпителия) вводят ген, который и кодирует белок-биосенсор. Этот белок состоит из двух частей: «мишени» и фрагмента, способного флуоресцировать, как знаменитый зеленый флуоресцентный белок GFP – он меняет спектральные свойства в ответ на активацию белка-мишени. В результате генномодифицированная клетка сама подает световой сигнал о том, что на нее подействовало лекарство. Например, в «Еврогене» создали биосенсор, ко-

торый реагирует на изменение в клетке концентрации пероксида водорода. Научно-технический уровень этой работы не уступает лучшим достижениям в данной области, а по некоторым показателям превосходит их.

ДНК-ЛЕКАРСТВО

ПОМОЖЕТ КАРДИОЛОГАМ

Кардиология постоянно нуждается в действенных и безопасных средствах для лечения и профилактики тромбозов у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Здесь им на помощь могут прийти аптамеры. Аптамерами называют небольшие молекулы РНК или ДНК, которые способны выполнять функции высокоспецифичных рецепторов – например, связываться с определенным белком и подавлять его активность.

Специалисты Российского кардиологического научно-производственного комплекса подобрали ДНК-аптамеры к тромбину – это один из ключевых белковых факторов, отвечающих за свертывание крови (контракт 02.512.11.2242). Аптамеры, получившие названия RE31 и ST43, подавляют две ключевые реакции тромбина – образование фибрина и стимуляцию склеивания тромбоцитов. По эффективности они не уступают самому активному из ранее описанных антитромбиновых аптамеров – 31ТВА.

Для дальнейших исследований исследователи выбрали RE31. Ученые планируют получить его модифицированные, более стабильные формы и затем на их основе создать новый лекарственный препарат. По результатам работы подана заявка на патент.

ХИТОЗАНОВАЯ ПЕНА

ВОССТАНАВЛИВАЕТ КОСТИ

Биоразлагаемые матриксы – трехмерные структуры, на которых могут расти клетки той или иной ткани, – интересны и важны для тканевой инженерии. Специалисты из ИМЭТА РАН создали матриксы в виде вспененного хитозана с желатином и провели их доклинические испытания. Выяснилось, что клетки охотно растут на пене из средне- и высокомолекулярного хитозана, а низкомолекулярный хитозан оказался токсичным. Авторы работы предлагают использовать матрикс из хитозана и желатина для ле-

чения поврежденных костей (контракт 02.513.12.3008).

Исследователи выбрали именно эти биополимеры потому, что пена из них получается более пористой и более упругой, чем у матрикса из гидроксиапатита, который обычно применяют для восстановления кости. Благодаря этому хитозановую пену можно лучше заселить клетками костной ткани и плотнее прижать ко всей поверхности поврежденной кости. Желатин в композиции служит источником аминокислот для развития клеток. Обычно в этой роли выступает коллаген, однако он способен вызвать иммунный ответ. Желатин же этого ответа не вызывает, поэтому матрикс не отторгается организмом. Создаваемые материалы могут стать предметом экспорта.

МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ИЗ

БРОСОВОГО СЫРЬЯ

Комплексную технологию утилизации попутных нефтяных газов разработали специалисты Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН. Эта задача чрезвычайно важна. Даже в условиях заоблачных цен на нефтепродукты сбор и транспортировка попутного нефтяного газа нерентабельны, поэтому его зачастую сжигают. Ущерб от этого оценивают в 120–140 млрд. руб. в год. При этом в атмосферу поступает огромное количество диоксида углерода.

Для решения этой проблемы специалисты ИНХС предложили перерабатывать попутный газ непосредственно у нефтяных скважин. Они создали опытно-промышленную установку для превращения попутного метана в синтез-газ – смесь оксида углерода и водорода. Установка способна перерабатывать в год до полумиллиона кубометра попутного газа. При этом она может функционировать в автономном режиме – всю необходимую энергию получают за счет сжигания части попутного газа (контракт 02.515.11.5041).

Синтез-газ может быть тут же превращен в ценные продукты: метанол, диметилэвфиз, эффективное топливо для дизельных двигателей, или в товарный бензин. Для всех этих процессов разработаны новые катализаторы, превосходящие по эффективности зарубежные аналоги. На очереди промышленные испытания разработанных установок и технологий.





Удлинение ПРОТИВ укорочения

Е.Котина

СОБЫТИЕ

Нобелевскую премию по медицине 2009 года получили Элизабет Блекберн (США, Австралия), Джек Шостак и Кэрол Грейдер (США) «за открытие механизма защиты хромосом теломерами и фермента теломеразы».

Художник Н. Краштин

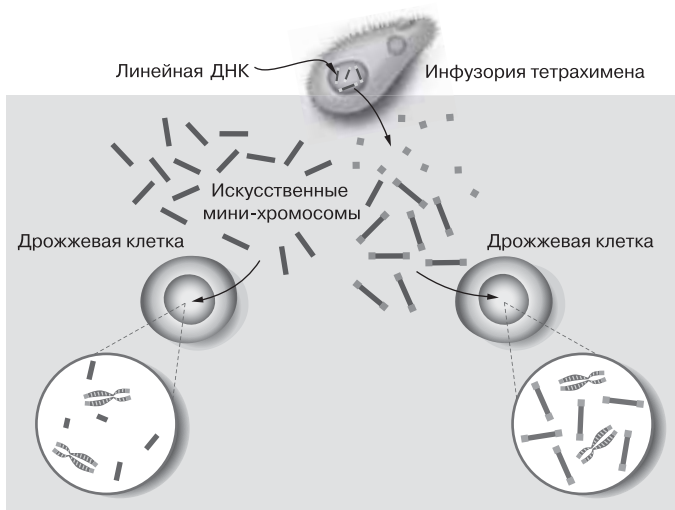
В 30-х годах прошлого века Герман Мёллер и Барбара Мак-Клинтон установили, что разорванные хромосомы, в отличие от целых, нестабильны, склонны слипаться концами и перестраиваться. Концевые участки хромосом, по видимому предохраняющие их от повреждений, Мёллер назвал теломерами (от греческих слов telos — конец и meros — часть).

После того как была открыта структура ДНК и найден фермент ДНК-полимераза, отвечающий за ее копирование, возник вопрос. Ни одна ДНК-полимераза не может начать строить новую нить на матрице старой с пустого места. Ей необходимо «подсказать первое слово» — нужен праймер, короткий фрагмент РНК, комплементарный матрице, который станет началом новой нити. Но после окончания синтеза РНК-праймеры расщепляются (рис. 1). Поэтому копия получается короче на длину праймера, то есть на десятки нуклеотидов: как заметил Джеймс Уотсон, новая двунитевая молекула ДНК должна иметь односторонний хвост. Аналогичный вопрос независимо от него поднял А.М.Оловников (см. следующий материал).

У бактерий все гораздо проще: их геномы замкнуты в кольцо, соответственно концов не имеют. Но хромосомы высших организмов слишком длинны, такое решение им не подходит. Однако ясно, что природа как-то выходит из положения: ведь, например, линия половых клеток млекопитающих претерпевает огромное число делений. Отцовская и материнская клетки дают начало всем клеткам нового организма, в том числе половым, из которых появятся новые организмы, и так на протяжении всей истории вида и его предков. Почему же концевая недорепликация не съела наши хромосомы давным-давно?

В начале 70-х было показано, что концевые последовательности линейных хромосом содержат множество повторов. В 1975 году Элизабет Блекберн начала работать в лаборатории Йозефа Галла в Йельском университете. Не лишне напомнить, что докторскую степень она получила в Кембридже, под руководством Фредерика Сенгера — того самого, который разработал одноименный метод секвенирования ДНК. Йозефа Галла интересовали гены рибосомной РНК (зачем рибосомам нужна РНК, можно прочесть в статье о Нобелевской премии по химии в этом же номере).

У многих одноклеточных организмов есть дополнительные рибосомные гены, которые находятся во внехромосомных молекулах ДНК. Ресничная инфузория *Tetrahymena*



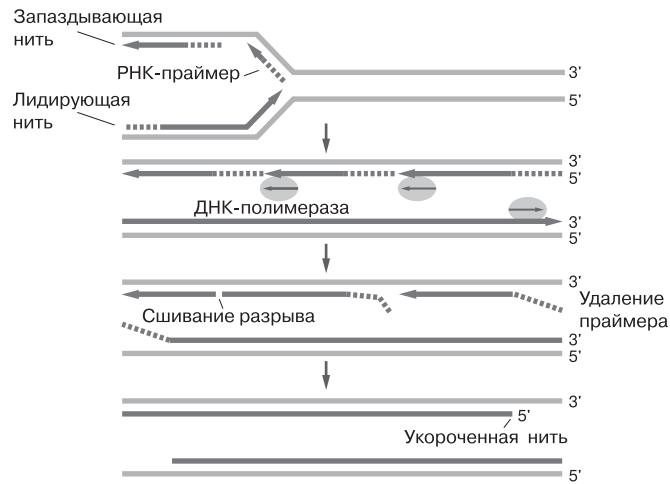
Опыт Элизабет Блекберн и Джека Шостака доказал защитную роль теломер — концевых участков хромосом, богатых повторами. Эти участки взяли у инфузории, прикрепили к искусственным хромосомам дрожжей, и хромосомы стали стабильными

thermophila — крупное одноклеточное, и рибосомные гены у нее представлены большим числом копий. Важно, что это линейные молекулы ДНК, а не кольцевые, как у некоторых других простейших. Блекберн выяснила, что концы этих молекул содержат последовательность ССССAA, которая повторяется 20–70 раз. Это и был первый шаг к Нобелевской премии: незначительный факт о генетическом аппарате инфузории.

Примерно в то же время, в конце 70-х, второй будущий нобелевский лауреат Джек Шостак основал собственную лабораторию в Гарвардской медицинской школе. Он исследовал механизмы гомологичной рекомбинации у дрожжей. Напомним, что у каждого высшего организма, способного к половому размножению, геномы представлены двумя копиями, а гомологичная рекомбинация — обмен параллельными фрагментами между этими копиями. (Так возникают новые потенциально полезные комбинации генных вариантов — аллелей.) Шостак установил, что линейные плазмиды — молекулы ДНК, внедренные в дрожжевую клетку, рекомбинируют настолько активно, что становятся нестабильными, совсем как разорванные хромосомы, описанные Мёллером и Мак-Клинтком.

В 1980 году Джек Шостак и Элизабет Блекберн встретились на конференции. В ходе беседы родилась сумасшедшая идея: прикрепить к линейной дрожжевой плазмиде концевые участки природной рибосомной ДНК тетрахимены и посмотреть, не станет ли она стабильной. Так и сделали: к концам плазмиды, которая содержала все необходимые сигналы для дрожжевых ферментов, отвечающих за обслуживание ДНК, пришили с обоих концов по 1,5 тысяч нуклеотидов ДНК тетрахимены с повторами ССССAA. Полученную конструкцию ввели в дрожжевую клетку (рис. 2).

Сумасшедшая идея сработала отлично, и Шостак с коллегами использовали ее для создания искусственных хромосом дрожжей — YAC, от англ. yeast artificial chromosome. (Эти замечательные конструкции позволяли клонировать протяженные участки ДНК, поэтому они стали мощным инструментом для исследования генома млекопитающих, в том числе и человека.) Самый поразительным было то, что концевая последовательность оказалась взаимозаменяемой у таких далеких видов — инфузории и одноклеточного гриба. Это, скорее всего, означало, что найдено нечто очень древнее и важное.



Фермент ДНК-полимераза, во-первых, может строить копию нити ДНК только в одном направлении — от 5'-конца к 3'-концу, во-вторых, нуждается в РНК-праймерах. Отсюда возникает проблема концевой недорепликации: 3'-конец матрицы не копируется

Позднее выяснилась еще одна интригующая подробность: при культивировании в клетках дрожжей теломерные последовательности могли удлиняться. Причем не только «родные» теломеры дрожжей, найденные на их хромосомах (они содержали повторы $C_{1-3}A$). Концевые последовательности тетрахимены в клетках дрожжей тоже росли, причем за счет повторов, типичных для дрожжей!

Многие пытались объяснить, как такое может быть. Предлагали, в частности, особый фермент, который наращивает повторы на концах хромосом. Честь открытия этого фермента принадлежала третьему лауреату.

Карол Грейдер, младшая из лауреатов — ей всего 48 лет — в то время была аспиранткой у Блекберн. Анализируя экстракт клеток тетрахимеры в поисках загадочного фермента, она использовала тот факт, что рибосомная ДНК тетрахимены после репликации должна иметь концевой однонитевой участок, комплементарный теломерному повтору. Фермент решили «выудить» на синтетический однонитевой олигонуклеотид $(TTGGGG)_4$ — если такой олигонуклеотид при добавлении в образец начнет расти, значит, фермент в образце имеется. Так оно и оказалось. (В пресс-релизе Нобелевского комитета сказано, что ферментативная активность была обнаружена на Рождество 1984 года; почему старательная аспирантка оказалась в этот день в лаборатории, не уточняется.) Эти результаты Грейдер и Блекберн опубликовали в журнале «Cell» в 1985 году.

Впоследствии выяснилось, что загадочный фермент, умеющий наращивать однонитевую ДНК, помимо белков содержит в себе РНК, которая совершенно необходима для его работы. В следующей своей статье ученые дамы написали: «Соблазнительно предположить, что РНК-компонент фермента определяет последовательность синтезирующихся теломерных повторов и (или) отвечает за специфическое распознавание праймера. Если РНК теломеразы содержит последовательность ССССAA, она может действовать как внутренняя матрица фермента». Именно тогда фермент был впервые назван теломеразой.

Самостоятельную работу (но по-прежнему в сотрудничестве с Блекберн) Грейдер начала в лаборатории Колд-Спринг-Харбор. В теломеразной РНК действительно обнаружилась последовательность СААСССAA (публикация

Послесловие

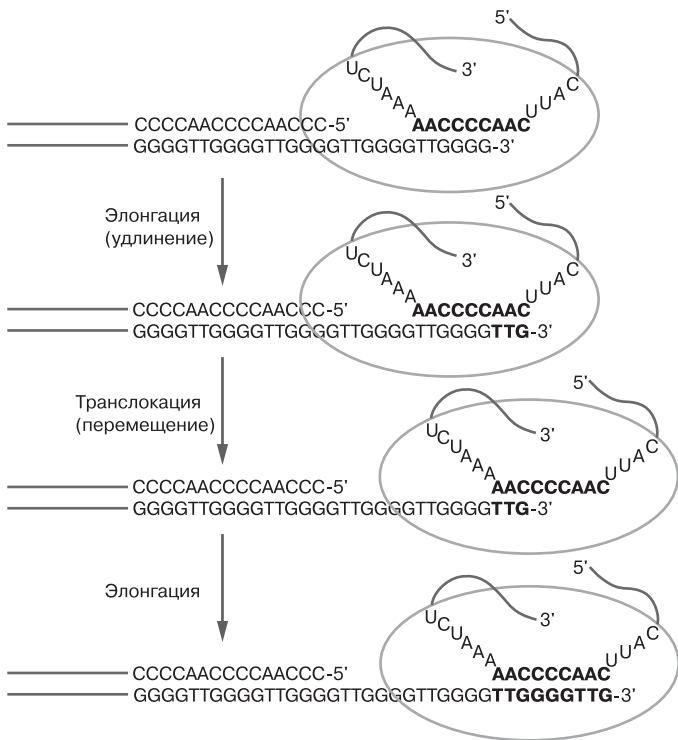
Присуждение Нобелевской премии по медицине вызвало бурю эмоций в российской научной и околонаучной среде. «Почему премию не дали Алексею Матвеевичу Оловникову?!» — этот вопрос обсуждался и в СМИ, и в комментариях к новостям, и в блогах, и в лабораториях, и в курилках. Потому что Оловников не экспериментатор, а всего лишь автор гипотезы; потому что лауреатов может быть только трое; потому что Нобелевский комитет всегда обходит своим вниманием русских — вот неполный перечень самых популярных ответов. Пятого октября Московское общество испытателей природы официально «выразило свое крайнее удивление в связи с отсутствием А.М.Оловникова в списке нобелевских лауреатов». Достижения Оловникова высоко оценила Академия наук: в ноябре он стал лауреатом Демидовской премии 2009 года (эта престижная неправительственная награда, учрежденная П.Н.Демидовым в 1831 году, была возобновлена с 1993 года по инициативе Уральского отделения РАН).

Тот же вопрос — «почему не Оловникову?» — мы задали старому знакомому «Химии и жизни», профессору Бостонского университета М.Д.Франк-Каменецкому, который в начале октября приезжал в МГУ на фестиваль «Дни науки». «Я знаю Алексея Оловникова много лет и очень его уважаю. Я не член Нобелевского комитета и не могу комментировать их решения, но могу сказать, что Алексей Оловников был замечательным первопроходцем. От самих лауреатов мне известно, что они прекрасно знали о его работе и она была для них важна. Конечно, знал о его публикациях и Нобелевский комитет, нельзя сказать, что он был неизвестным и незамеченным. Но у комитета свои критерии».

И в России не все комментаторы считают, что с Оловниковым поступили несправедливо. Константин Северинов в статье «Теломераза — наше все?» («Троицкий вариант», 2009, 13 октября), заметил, что Оловников в своей чисто теоретической работе давал неправильные ответы на правильно поставленный вопрос. «Чтение его статьи не оставляет сомнений, что, по мнению Оловникова, основные проблемы репликации концов связаны не с необходимостью восстановления последовательности ДНК на месте концевой РНК-затравки, а с другим механизмом, который должен происходить на противоположном конце ДНК». Наш читатель может убедиться, что это не так, взглянув на рисунок из старой «Химии и жизни». А.М.Оловников уделял достаточно внимания РНК-затравке. А вот размер самой ДНК-полимеразы в действительности не представляет проблемы. Фантастикой оказалось и «тандем-ДНК-полимераза». Термин «маргинотомия» не прижился (хотя и жаль — теперь вместо одного слова нужны четыре, «проблема репликации концов ДНК»), а «теломеры» оказались теломерными повторами.

Итак, представляем документальное свидетельство: рассказ ведущего научного сотрудника Института биохимической физики РАН Алексея Матвеевича Оловникова корреспондентам «Химии и жизни», опубликованный без малого 36 лет назад, в апреле 1973 года.

Пообщавшись на конгрессе геронтологов с Леонардом Хайфликом из Стэнфордского университета и узнав о «пределе Хайфлика», ограничивающем число делений нормальных клеток человека или животных, наши корреспонденты задались вопросом: почему клетка не может делиться бесконечное число раз.



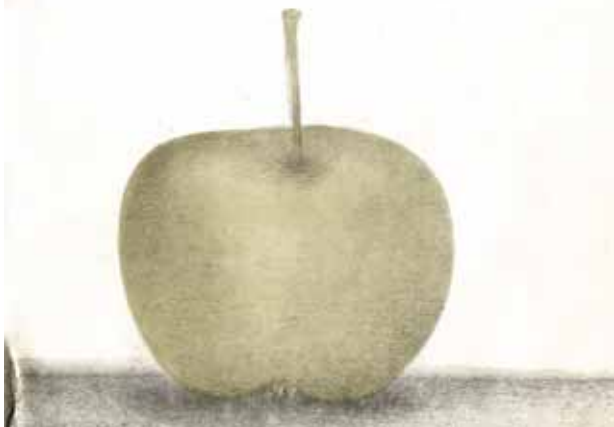
Теломераза наращивает 3'-конец ДНК-матрицы, чтобы компенсировать недорепликацию. Для этого она присоединяет к нему копии повторов, которые «считывает» с собственной РНК

в «Nature» 1989 года). По сути, фермент оказался разновидностью обратной транскриптазы: он синтезировал ДНК на матрице РНК — на собственной матрице, входящей в состав фермента (рис. 3) Таким образом теломераза подрачивает 3'-конец ДНК и отодвигает предел, ограничивающий число делений.

В поисках практического применения этого фундаментального открытия, конечно, сразу вспомнили о раке. Действительно, теломеразная активность во многих раковых клетках повышена, или же они используют так называемый альтернативный механизм удлинения теломер — отсюда их неограниченная способность к делению. Однако чрезмерное укорочение теломер приводит к быстрому старению клеток. Из этого ясно, что ни лечение рака, ни противодействие старению через воздействие на теломеры и теломеразу не может быть простым, слишком велика опасность побочных эффектов. Но рано или поздно ученые отыщут сложные пути, которые приведут к цели.

Когда мы готовили в печать этот номер, на сайте PNAS USA (<http://www.pnas.org/>, 2009, 13 ноября, doi: 10.1073/pnas.0906191106) появилась статья о долгожителях — американских евреях ашкенази. Эта этническая группа привлекает генетиков своей изученностью и относительной однородностью. Оказалось, что у 86 участников исследования, средний возраст которых составлял 97 лет, а также у их прямых потомков теломеры длиннее по сравнению с контролем. Длинные теломеры ассоциировались с лучшим здоровьем и умственными способностями. От рака долгожители вроде бы не страдали. У этих людей также были найдены характерные вариации в генах белкового компонента и РНК теломеразы, видимо отвечающие за повышенную активность фермента. Такое впечатление, что ответ уже совсем рядом...





Молекулярные счеты клетки

**Д. Осокина,
В. Черникова**

Хайфлик и в самом деле не знал, чем объяснить «магические числа» в жизни клеток (то есть предельные числа делений для разных типов клеток. — Примеч. ред.). И поэтому наша беседа повлекла за собой новые розыски — требовалось услышать какое-нибудь объяснение его эффекту.

Нам повезло, мы его услышали. Признаться, это объяснение (точнее, попытка объяснения, гипотеза) прозвучало не менее неожиданно, чем рассказ о пределе в жизни клетки.

Вот что рассказал сотрудник Института эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф.Гамалеи АМН СССР кандидат биологических наук Алексей Матвеевич ОЛОВНИКОВ.

Несколько лет назад, перед началом одного из наших институтских семинаров, товарищ наспех пересказал мне статью, из которой следовало, что, исчерпав свою норму делений, фибробласты погибают. Мне это показалось забавным, и я спросил, почему так происходит. «А кто его знает», — был ответ.

Прошло несколько месяцев, и как-то на лекции в университете я снова услышал об эффекте Хайфлика. Почему-то на этот раз сообщение поразило меня в сто раз сильнее.

Как это может быть? Почему?

Перед вами обложка «Химии и жизни» (1973, № 4): в этом номере была опубликована статья «Молекулярные счета клетки»

Получалось, что клетки умеют считать...

Если клетка считает, то, значит, она должна что-то помнить. Но что? Например, сколько митозов (делений) прошли ее предки. А со своими предками клетка связана только через молекулу ДНК, которую получила в наследство. Значит, скорее всего, дело в ДНК.

Возможно, клетка потому знает, сколько митозов у нее позади, что с каждым делением как-то меняется длина ее ДНК? А если так, то события должны разыгрываться на концах хромосом, в которые упакованы молекулы ДНК.

При делении клетки происходит удвоение ее хромосом. На каждой из цепей ДНК строится копия. Для этого на молекулу ДНК садится фермент ДНК-полимераза и, двигаясь от одного конца молекулы к другому, синтезирует на ней новую цепь ДНК.

Если бы молекула фермента была математической точкой, то дочерняя ДНК становилась бы от начала до конца абсолютной копией матрицы. Но, как известно, ферменты не математические точки, их молекулы объемны. И в этом объеме каталитический центр, строящий новую цепь ДНК, занимает ничтожную часть. Остальные участки фермента каталитически неактивны. Это не значит, что они не нужны. Вероятно, с помощью этих участков фермент опознает матрицу, движется по ней, но в копировании ДНК они не заняты.

И получается, что из-за этих неактивных зон фермент синтезирует копию либо не с самого начала матрицы, либо не до самого ее конца. Реплика получается короче, чем матрица. И поэтому дочерние клетки получают в наследство все более короткие молекулы ДНК.

Отсюда и название моей гипотезы — маргинотомия, от латинского слова «margo» — край и греческого «томе» — отсечение, то есть усечение копии ДНК с краев.

Усечение может происходить не только из-за присутствия в ферменте каталитически неактивных зон. Его может вызывать и другая причина. Недавно стало известно, что многие ДНК-полимеразы начинают синтез копии ДНК только после того, как на матрице появится затравка — небольшой кусочек молекулы РНК. К этой затравке фермент начинает пристраивать копию матрицы.

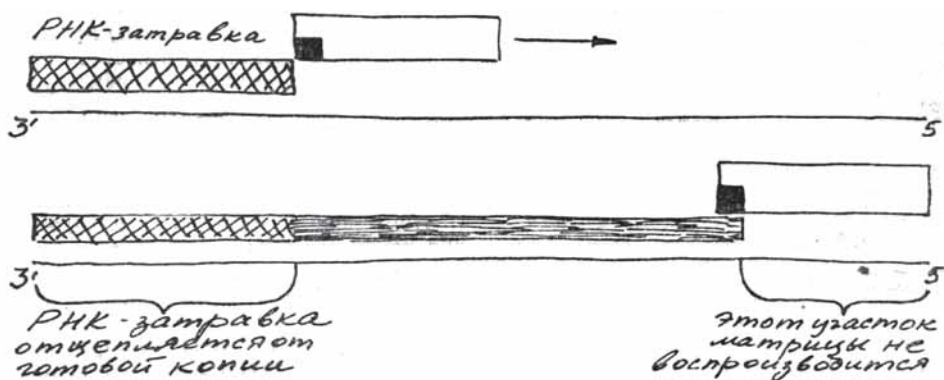
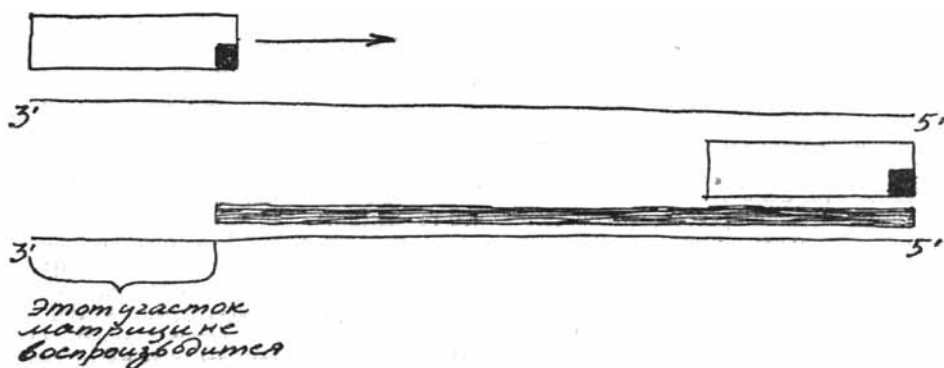
По крайней мере, так идет репликация ДНК у бактерии кишечной палочки. Японскому биологу Р. Оказакки удалось выделить в процессе этого синтеза кусочки РНК и ДНК, соединенные ковалентной связью. А позже Э. Чаргафф и другие исследователи обнаружили, что ДНК-полимераза животного происхождения работает так же.

Когда процесс репликации закончен, то специальный фермент уничтожает ненужные теперь кусочки РНК. Но ясно, что после удаления затравки копия ДНК в хромосоме оказывается короче матрицы. Вот второй вариант маргинотомии.

Думаю, что в клетке реализуются оба варианта.

Теперь мы подошли к пониманию того, как клетка считает.

После каждого митоза клетки получают все более короткие молекулы ДНК. Но это вовсе не означает, что усечение



Маргинотомия — концевая недорепликация ДНК по А.М. Оловникову. Каталитический центр полимеразы (черный квадратик) не может подойти к концу либо началу матрицы из-за размера фермента. По другой версии, всему виной РНК-затравка, или, как сейчас говорят, праймер

продолжается до тех пор, пока не будет исчерпана вся длина хромосомы. До этого дело не дойдет, клетка погибнет раньше. Но когда и как?

Я допускаю, что на концах хромосомы находятся особые буферные гены, которые не несут информационной нагрузки, а призваны лишь страховать клетку. Концевые гены называют телогенами, от греческого «телос» — конец. На каждом конце хромосомы находится по одному телогену. Все жизненно важные гены расположены ближе к середине, и, пока усечение не задевает их, клетка функционирует нормально.

В процессе маргинотомии клетка приносит буферные гены в жертву. Происходит это, по-видимому, так. Каждый раз в процессе репликации не воспроизводится крайний сегмент телогена; за 30 митозов теряется 30 таких сегментов, а вообще весь буферный ген состоит примерно из 50 частей. Вот они, молекулярные счета, по которым считает клетка.

Не кажется ли вам, что телоген чем-то похож на бальзамовскую шагреньевую кожу?

Пока не исчерпан телоген, клетка работает нормально. Катастрофа начинается лишь тогда, когда дело доходит до жизненно важного гена, следующего за ним. Я считаю, что маргинотомия и есть первопричина старения. Можно ли доказать, что с возрастом хромосома становится короче? Конечно. Но чтобы сравнить две хромосомы разного возраста, необходимо было бы провести чрезвычайно сложную, по сегодняшним понятиям, работу. Следовало бы развернуть ДНК или, вернее, комплекс ДНК с белками, затем найти концы ДНК и измерить длину молекул. Теоретически это возможно, но практически? Известный американский биофизик М. Вир, который недавно создал электронный микроскоп особой чувствительности, сказал мне, что, по его мнению, только лет через пять можно будет думать о таком эксперименте.



АРХИВ

Вы спрашиваете, почему маргинотомия не извела до конца все хромосомы? Если дети получают от родителей в наследство укороченные хромосомы, почему до сих пор жизнь не исчезла с лица Земли? Потому что дети получают полноценные хромосомы. Природа должна была создать противовес маргинотомии. Эта антимаргинотомия реализуется, например, в половых клетках.

В половых клетках ДНК копируется с помощью другого фермента — тандем-ДНК-полимеразы. У этого фермента два каталитических центра, и он работает без РНК-затравок. Поэтому при синтезе ДНК никакого усечения копии здесь не происходит: то, что не достроил один катали-

тический центр, достраивает за него другой.

В природе есть, по-видимому, еще один вариант антимаргинотомии. Он присущ микроорганизмам и связан, как мне кажется, с кольцеобразной формой их хромосом. Копируя кольцевую ДНК, фермент движется по кругу и проходит над всеми нуклеотидами матрицы без исключения. И микробы не знают предела Хайфлика, они удваиваются бесконечно.

Корр.: Значит, по-вашему, маргинотомия неумолимо ведет к старости, к концу. Оставляете ли вы человечеству надежду, что когда-нибудь этот предел можно будет отодвинуть?

А.М. Оловников: Я уверен в этом! Ведь каждая клетка происходит от клетки, и все соматические клетки обязательно происходят от половых. Следовательно, в каждой клетке, независимо от той роли, которая ей уготована, должно быть два гена — и тот, который диктует образование ДНК-полимеразы, и тот, который ответствен за появление тандем-ДНК-полимеразы. В соматических клетках репрессирован ген, управляющий выработкой второго фермента.

Может быть, когда-нибудь мы научимся активировать ген тандем-ДНК-полимеразы, и не только активировать, но и управлять выработкой этого фермента. Мыслим и еще один путь: восполнять запас клеток и генов, гибнущих из-за маргинотомии. Тогда продление жизни стало бы возможным.

Но сначала надо доказать, что гипотеза маргинотомии верна...

Подробнее о гипотезе Оловникова можно прочесть в статьях:

Доклады АН СССР, 1971, т. 201, с. 1496.

Вестник АМН СССР, 1972, № 12, с. 85.

Journal of Theoretical Biology, 1973 Sep 14; 41(1) 181—190.

План белковой фабрики

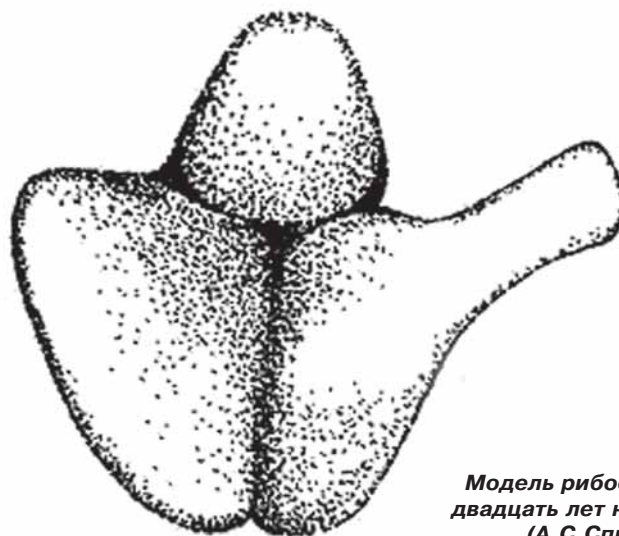
Нобелевскую премию по химии 2009 года получили Венкатраман, или Венки Рамакришнан (гражданин США, работает в Великобритании), Томас Стейц (США) и Ада Йонат (Израиль) за исследование структуры и функции рибосомы.

«Установили положение каждого атома в рибосоме, и за это Нобелевку? — удивлялся коллега-журналист. — Покажу как-нибудь. В чем польза для человечества?»

Чтобы ответить на этот вопрос, сначала очень коротко напомним центральную догму молекулярной биологии: ДНК → мРНК → белок. Если чуть подробнее, то в ДНК есть участки, называемые генами. Информация с них переписывается, или транскрибируется, на так называемые матричные РНК (мРНК). За транскрипцией следует трансляция — синтез белков на матрице РНК, переписывание текста, записанного нуклеотидным кодом, на языке аминокислот. Так генотип превращается в фенотип, три миллиарда букв-нуклеотидов — в человека. Практически любое вещество, из которого мы сделаны, — это или белок, или нечто синтезированное с помощью белков, или с помощью них же доставленное из внешней среды. И вот за эту процедуру перекодирования отвечают рибосомы — машины белкового синтеза.

С репликацией ДНК или транскрипцией справляются сравнительно небольшие ферменты, ДНК- и РНК-полимеразы (не будем сейчас говорить о других ферментах, которые помогают им — раскручивают спираль ДНК, сшивают фрагменты...). Рибосома по сравнению с ними велика и сложна — это действительно огромная машина или даже маленькая фабрика.

Бактериальную рибосому называют также 70S-рибосомой. (S означает единицу Сведберга, в которых измеряется коэффициент седиментации — он характеризует время осаждения частицы при ультрацентрифугировании; применительно к рибосоме можно считать, что чем он больше, тем крупнее частица.) Рибосома состоит из малой (30S) и большой (50S) субъединиц, молекулярный вес которых — соответственно около 800 000 и 1500 000 Да. Малая субъединица содержит примерно 20 белков и 16S РНК (примерно 1600 нуклеотидов — рибосомные РНК сокращенно называют рРНК). В большой субъединице около 33 различных белков и две молекулы РНК (23S—2900 нуклеотидов и 5S—120 нуклеотидов). Заметим, РНК составляет примерно две трети от массы всей рибосомной частицы. Рибосомы высших организмов достаточно сильно отличаются от бактериальных, они еще больше и сложнее. И это очень хорошо, поскольку лекарство может повреждать рибосому болезнетворной бактерии, не причиняя вреда рибосомам человека. Примерно половина существующих сегодня антибиотиков действуют на бактериальные рибосомы.



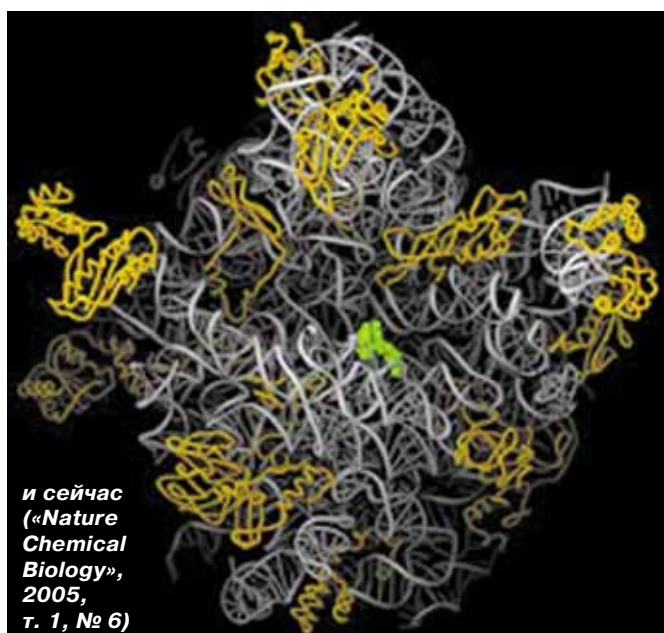
Модель рибосомы двадцать лет назад (А. С. Спирин. «Молекулярная биология. Структура рибосом и биосинтез белка». М.: Высшая школа, 1986)...

Синтез белка начинается с того, что мРНК взаимодействует с малой субъединицей, точнее, с определенной последовательностью в 16S РНК. К ней подходит иницирующая транспортная РНК (тРНК), а потом уже присоединяется большая субъединица. Затем к фабрике по очереди подплывают новые тРНК, несущие аминокислотные остатки, и занимают место в активном центре рибосомы согласно порядку кодонов в мРНК: каждому кодону соответствует антикодон тРНК и, следовательно, аминокислота, которую несет эта тРНК. Рибосома проводит реакцию образования новой пептидной связи, белковая цепочка удлиняется на одну аминокислоту, и все повторяется сначала — пока дело не дойдет до терминирующего кодона мРНК: ему не соответствует ни одна аминокислота. На каждом этапе рибосоме ассистируют специальные белки-факторы, которые не входят в состав рибосомы, но нужны для ее работы.

Принципиальная схема процесса была ясна довольно давно. Известно было также, что важную роль на всех этапах синтеза играют молекулы рибосомной РНК. (Это очень радовало сторонников гипотезы «РНК-мира» как весомое доказательство в пользу того, что именно РНК могла быть первой биомолекулой, осуществившей синтез всех остальных, включая белки.) Но как разрывается эфирная связь между аминокислотным остатком и тРНК и как формируется пептидная связь — что происходит при этом в активном центре, какие химические группы отвечают за катализ? Как рибосома обеспечивает высокую точность синтеза с малым количеством ошибок — почему она не принимает в активный центр транспортные РНК, чей антикодон не соответствует очередному кодону матрицы?

Вопросы это совсем не праздные (не забудем об антибиотиках: чтобы сломать машину белкового синтеза, нужно знать ее устройство). Но чтобы ответить на них, как раз и нужно изображение рибосомы с точностью до атома. Конечно, известны были последовательности нуклеотидов в рРНК и аминокислотных остатков в рибосомных белках, но без трехмерной структуры — как понять устройство активного центра?

Метод рентгеновской кристаллографии, или рентгеноструктурного анализа, хорошо зарекомендовал себя еще со времен двойной спирали ДНК. Через кристалл органического вещества проходит рентгеновское излучение, картину дифракции фиксируют на фотопленке (а в после-



дние годы — на ПЗС-матрице, той самой, за изобретение которой дали Нобелевскую премию по физике в этом году). Интерпретация получившегося узора позволяет судить о структуре молекулы, образующей кристалл.

Казалось бы, просто. Но каждый, кто пробовал вырастить большой и красивый кристалл хотя бы хлорида натрия, знает, что дело это требует немало терпения. Понятно, что крупная и нестабильная органическая молекула вроде белка поведет себя еще более капризно. Между тем кристалл должен иметь как можно меньше дефектов, иначе хорошей картины не получится. А теперь вспомним все, что говорилось о размере и сложности рибосомы... Вдобавок ее трудно назвать симметричной частицей (в отличие, например, от вирусов).

В конце 70 — начале 90-х годов XX века рибосомы рисовали в виде гладких двойных бусин, нанизанных на нить РНК, и совершенно не было понятно, удастся ли получить кристаллы достаточно хорошего качества. Поэтому работа Ады Йонат с коллегами, опубликованная в 1980 году, стала прорывом. Йонат впервые получила трехмерные кристаллы большой рибосомной субъединицы бактерии, обитающей в горячих источниках, *Geobacillus stearothermophilus*. Она справедливо рассудила, что для жизни в экстремальных источниках бактерии нужны высокостабильные белки, из которых легче будет получить кристалл. (Еще одним любимым объектом Ады Йонат и других исследователей рибосомы стала бактерия из Мертвого моря *Haloarcula marismortui*.) Кроме того, она впервые использовала стабилизацию кристаллов с помощью жидкого азота.

Дальнейшее было делом техники. В соревновании приняло участие множество групп из разных стран. (Нобелевскому комитету, как обычно, пришлось выбирать из многих претендентов, и, как обычно, выбор не все сочли справедливым.) Значительный вклад в эти исследования внесли и сотрудники пущинского Института белка РАН, в частности М.М. и Г.З. Юсуповы, впоследствии работавшие в Калифорнийском университете у Гарри Ноллера. (Именно там была впервые получена структура целой рибосомы с высоким разрешением и найдены многие доказательства ведущей роли рРНК в ее работе.)

В последующие двадцать лет бактериальная рибосома из гладкой стала бугристой и, наконец, превратилась в вожделенный клубок проволоки, скрученной спиралями, —

атомарный уровень был достигнут. Так или иначе, первопроходцем, раньше всех начавшим работу и добившимся успехов, оказалась Ада Йонат.

В публикациях Венки Рамакришнана (2005) была представлена структура 30S субъединицы с высоким разрешением и дан ответ на вопрос, каким образом рибосома избегает ошибок при перекодировании РНК в белок. За точность отвечает РНК малой субъединицы — она как бы измеряет расстояние между нуклеотидами кодона и антикодона, и, если антикодон не соответствует кодону, неправильная тРНК вынуждена удалиться. Кроме того, были выявлены белки, отвечающие за взаимодействие между двумя субъединицами. Мутации в этих белках могут повышать и снижать точность, а взаимодействие антибиотиков малой субъединицей обычно снижает ее.

Заслугой Томаса Стейца с коллегами было усовершенствование методик кристаллизации и анализа, а также получение структур 50S-субъединицы, которое позволило другим авторам (С.Тробро, Й.Эквист, 2005) объяснить, как образуются пептидные связи при синтезе белка в рибосоме. Еще более качественная структура, опять же Стейца с коллегами, подтвердила, что объяснение верно. Теперь мы знаем, что ведущую роль в образовании пептидной связи играет 23S РНК большой субъединицы — еще один плюс сторонникам РНК-мира.

Есть основания полагать, что открытия нобелевских лауреатов 2009 года подарят нам новые антибиотики. Вещества, убивающие бактерий в организме, перевернули наши понятия о медицине во второй половине XX века. Казалось, навсегда побеждены такие ужасные болезни, как туберкулез. Но позднее человечество познакомилось с устойчивыми штаммами, которым антибиотики не страшны. Сейчас даже в благополучных Соединенных Штатах от бактериальных инфекций ежегодно умирает около 90 000 пациентов (двадцать лет назад — 13 000). С этим надо что-то делать.

Установление структуры бактериальной рибосомы позволит фармакологам перейти к дизайну антибиотиков, основанному на структуре (от английского *structure-based drug design*, SBDD). Теперь мы знаем, например, что старые добрые тетрациклины препятствуют взаимодействию тРНК с рибосомой, а макролиды (азитромицин, эритромицин и другие) блокируют образование пептидной связи. Понимая детали процесса, мы можем искать молекулы, которые будут делать это еще лучше. Кстати, Томас Стейц — директор экспертного совета компании, занимающейся разработкой новых антибиотиков против устойчивых штаммов. Как пишут в Сети знающие люди, многие из этих препаратов уже дошли до этапа предклинических испытаний. Есть надежда, что человечество все-таки выиграет эту битву.

Е. Котина

Вознагражденное любопытство

Нобелевскую премию по химии 2009 года получила Ада Йонат, директор Центра биомолекулярной структуры Института науки имени Хаима Вейцмана. Эту премию она разделила с гражданином Великобритании, индийцем по происхождению Бенкатраном Рамакришаном и американцем Томасом Стейтцем. Профессор Йонат стала четвертой женщиной — лауреатом Нобелевской премии по химии и девятым нобелевским лауреатом среди израильтян.

Такое может случиться только раз в жизни. Я имею в виду не Нобелевскую премию, которую некоторые ученые получили дважды. Меня поразил факт личного, даже бытового свойства. Милейшая Ада Йонат, ученый с мировой известностью, некоторое время была моей соседкой. Правда, тогда, в середине 90-х годов прошлого века, до Нобелевской премии было еще далеко.

В то время я с семьей снимал квартиру на улице Артура Рупина в Реховоте, почти напротив Вейцмановского института, самого знаменитого научного учреждения Израиля, выполняющего в стране роль Академии наук. Моя жена, постигавшая в те дни азы иврита, именвала нашу соседку не иначе как «профессор Голубева», ибо «Йонат» в переводе с иврита означает «голубка».

Доктор Ада Йонат напрочь лишена высокомерия, которым, что греха таить, страдают не только иные ученые мужи, но и не менее ученые дамы. Ада знала, что мои научные интересы лежат в сфере истории химии. Для меня крайне важно было услышать, что, в отличие от многих химиков-экспериментаторов, она всегда считала историю науки непременной составляющей любого академического образования. Более того, когда я попросил нобелевского лауреата Аду Йонат дать интервью журналу «Химия и жизнь», она сразу же согласилась. Профессор Йонат разрешила присутствовать на нашей встрече и моей дочери Маше, студентке факультета биотехнологии Бар-Иланского университета. «Я не могу отказать своей будущей коллеге», — с мягкой улыбкой сказала она.

Сразу же замечу, что Маша не была статистом на нашей встрече. Она не только внимательно слушала, но и задавала вопросы, чем немало помогла мне. Беседа протекала в уютном тель-авивском кафе «Нета», где в пятницу вечером собираются завсегда, большинство которых принадлежит к научной элите города.

Признаюсь, мне совсем не просто было выстроить беседу с Адой Йонат. Во-первых, потому, что наука, в которой она прославилась на весь мир, — это

даже не химия, а междисциплинарная область, в которой соединены биология, физика, химия и компьютерная техника. Во-вторых — и это, пожалуй, главное, — до сих пор имя профессора Йонат было известно только узкому кругу специалистов, занимающихся той же темой, что и она. Поэтому вначале я попросил Аду Йонат рассказать о себе. Она согласилась, однако, сославшись на то, что монологическая речь в СМИ выглядит претенциозно, попросила передать ее слова в третьем лице.

Итак, Нобелевский лауреат по химии 2009 года Ада Йонат родилась 22 июня 1939 года в Иерусалиме, в бедной семье выходцев из польского города Лодзь. Ее отец был раввином. Он умер, когда Аде было 11 лет, а ее младшей сестре Нурит два года. Мать, всю жизнь остававшаяся домохозяйкой, с трудом сводила концы с концами. Она сделала все возможное, чтобы помочь дочерям получить образование. Обе сестры отлично учились в школе, но девочкам приходилось подрабатывать частными уроками и мытьем полов у соседок.

Научную карьеру выбрала только Ада. После прохождения обязательной армейской службы она поступила в Еврейский университет в Иерусалиме. Училась с охотой, по выходным и в каникулы подрабатывала прядильщицей на ткацкой фабрике, чертежницей в автобусном кооперативе, помощницей повара в рабочей столовой. В 1962 году Ада Йонат стала бакалавром, а через два года получила степень магистра по химии. Специализируясь в Вейцмановском институте в области рентгеновской кристаллографии, в 1968 году Йонат защитила диссертацию на степень доктора наук (Ph.D), который в российском варианте приравнивается к кандидатской степени. Постдокторат — диссертацию на степень доктора химических, а точнее, физико-химических наук она начала делать в Питтсбурге, в авторитетнейшем университете Карнеги — Меллон, а завершила в не менее знаменитом Массачусетском технологическом институте.

Когда профессор Йонат упомянула свою армейскую службу, моя дочь поин-

тересовалась местом ее прохождения. И представьте себе — Маша служила на той же самой базе и в тех же самых медицинских частях. Правда, с временной разницей в полвека.

Маша — студентка первого курса. Доктор Йонат, вероятно полагая, что с ней беседует не только историк науки, но и ее полноправный коллега биотехнолог, стала увлеченно рассказывать о своей работе на профессиональном языке. Однако, увидев растерянную первокурсницу, немедленно перешла на язык научно-популярных статей.

«В функциональном смысле рибосому можно представить как клеточную машину синтеза белков, — начала свою первую нобелевскую лекцию профессор Ада Йонат. — Это сложно устроенная частица, в состав которой входит множество специализированных белков и несколько молекул РНК. Как объект структурных исследований рибосома привлекает внимание не только химиков и биологов. Ни одно химическое соединение нельзя изучать без использования физических методов».

После того как в 1956 году были открыты рибосомы, они несколько десятилетий изучались методами ультрацентрифугирования и электронной микроскопии. Ада Йонат исследовала механизм белкового синтеза, осуществляемого рибосомами, с помощью кристаллографических методов. Этот важнейший и одновременно трудный способ требовал огромной скрупулезности. Показательно, что исследовательские работы в этой области Йонат начала более четверти века тому назад. И она честно призналась, что не слишком верила в успех своей работы.

Мне очень хотелось узнать мнение профессора Йонат о ее российских коллегам. Вне всякого сомнения, мой вопрос вызвал у нобелевского лауреата приятные воспоминания. «Прежде всего, замечу, — сказала Йонат, — что российские исследователи очень умные и догадливые». (В иврите для понятия «умный» существует два слова — «хахама» и «пикеах», а для «догадливый» — «каль-твиса» и «меир-твиса». Для характеристики российских ученых моя собеседница использовала все четыре слова.) Особенно Ада Йонат



Фото автора



ПОРТРЕТЫ

Лауреат Нобелевской премии Ада Йонат, ее дочь Хагит и внучка Ноа, 2009 год

выделила работы физика-кристаллографа академика Бориса Константиновича Вайнштейна, ныне покойного, который впервые использовал для расшифровки структур биологических соединений одновременно дифракцию электронов и электронную микроскопию.

Ада Йонат, в свою очередь, задала мне вопрос: знаком ли я с Алексом Спириным. Разумеется, я понял, что речь идет об академике Александре Сергеевиче Спирине, основателе и многолетнем директоре Института белка РАН, который еще в начале 70-х годов прошлого века экспериментально доказал возможность биосинтеза белка на структурно модифицированных рибосомсах вне клетки.

«Нет, не знаком, хотя присутствовал на его интереснейших коллоквиумах», — этим я хотел свой ответ и ограничить, но по виду профессора Йонат понял, что без пояснений не обойтись. «Дело в том, — продолжил я, — что руководителем моей диссертации был Алексей Николаевич Шамин, автор монографии «История химии белка». Вместе с ним я несколько раз посещал коллоквиумы и семинары в Институте белка и присутствовал на конференциях в Институте биоорганической химии имени М.М.Шемякина». Услышав название института, Ада Йонат вспомнила академика Юрия Анатольевича Овчинникова, ныне покойного директора ИБХ, которого назвала «блестящим ученым и организатором». Что же касается академика Спирина, то нобелевский лауреат характеризовала его как выдающегося ученого современности. Среди знаменитых исследователей белков профессор Йонат назвала и профессора Игоря Сердюка, который сегодня работает в Гамбурге, в Институте кристаллографии. О российской научной школе в целом Ада Йонат высокого мнения.

В завершение нашей беседы моя дочь задала вопрос: «Какое качество характеризует истинного исследователя?» Ответ профессора Йонат прозвучал неза-

медлительно: «Любопытство». Конечно, доктор Йонат имела в виду не излишнее любопытство, которое иногда почему-то называют «женским», а любопытство как стремление понять нечто новое и удивиться своему открытию.

Познакомились мы и с дочерью нобелевского лауреата Хагит, врачом-генетиком, и с внучкой Ноа, ученицей восьмого класса. Хагит не только практикует в больнице, но и занимается научной работой.

Семейная жизнь Ады Йонат не сложилась. Она разошлась с мужем, когда Хагит было шесть лет. Дочь тоже рассталась с мужем и воспитывает Ноа одна. Ада обожает свою внучку. Много рисунков девочки, а также грамота «Лучшая бабушка года», полученная профессором Йонат в детском саду внучки, вместе с престижнейшими израильскими и зарубежными наградами красуются на «Стене почета», устроенной в рабочем кабинете Ады. «Стена» появилась по просьбе Элен Киммельман, миллионерши из Нью-Йорка, которая двадцать лет назад пожертвовала Вейцмановскому институту немалую сумму на создание Центра биомолекулярной структуры. Элен Киммельман и сегодня оказывает институту финансовую помощь.

Вот еще одно важное замечание Ады Йонат: по ее мнению, фундаментальная наука всегда будет «содержанкой» общества, и ученые не перестанут удовлетворять собственное любопытство за счет государства и спонсоров, ибо между научными открытиями и использованием их в прикладных целях проходит немало времени. Исследования рибосом Ада Йонат проводила не только на частные спонсорские средства. Ей был предоставлен грант от Министерства здравоохранения США и от Министерства науки Израиля. Так как в исследованиях принимали участие немецкие физики, часть средств перевело правительство Германии.

Доктор Ада Йонат объяснила «механику» выделения средств в Вейцмановском

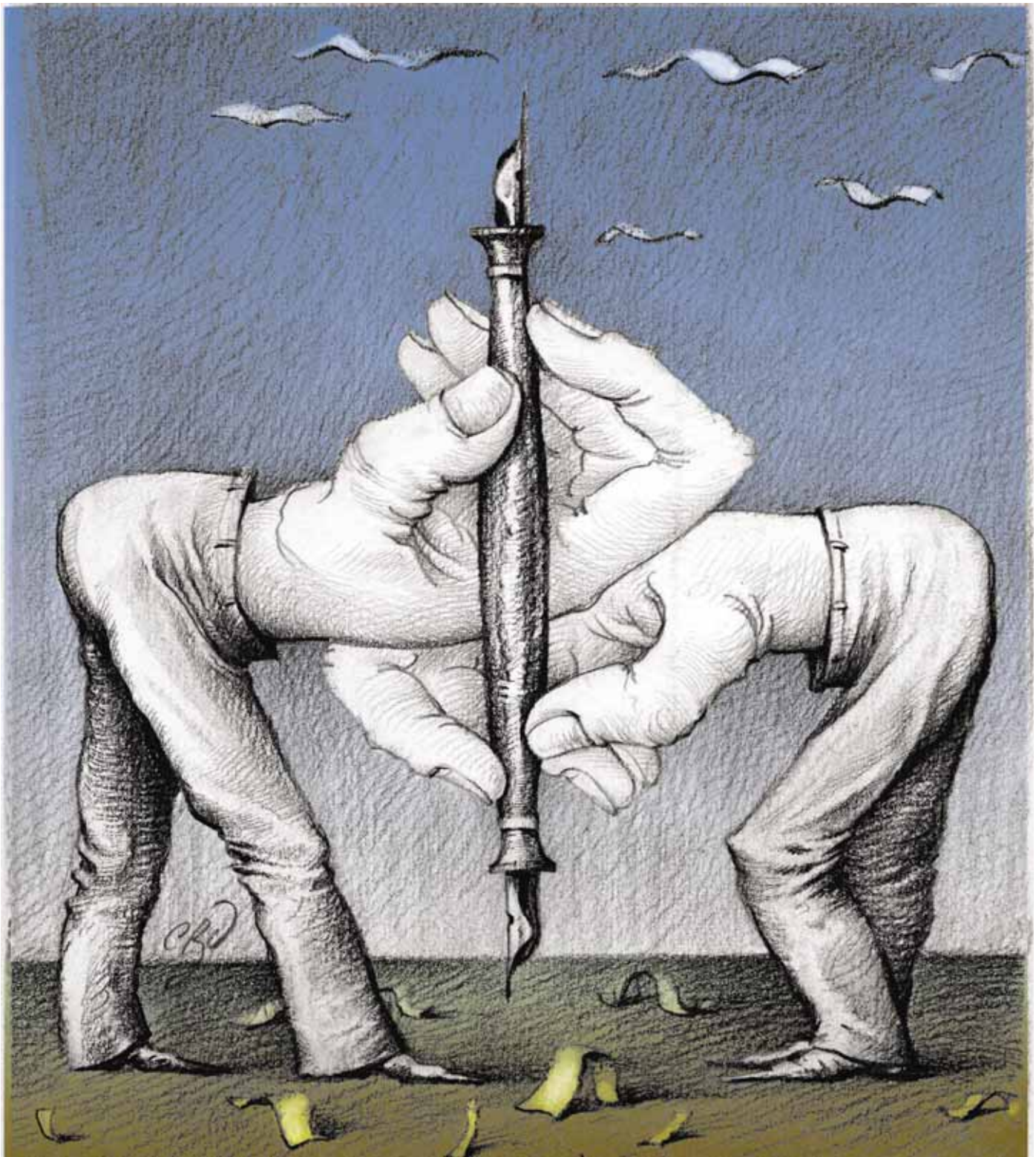
институте. Каждые три-четыре года в нем заседает специальная комиссия, определяющая приоритетные исследования. «Мне, вероятно, повезло, — задумчиво сказала Йонат, — среди членов комиссии оказались британцы Джон Кендрю и Аарон Клуг, которые сами получили Нобелевские премии за исследования белков, и они, оценив важность наших экспериментов, рекомендовали продолжить выделение средств моей лаборатории».

Ада Йонат гордится, что работает в Вейцмановском институте. «Четыре года назад, — вспоминает она, — престижный американский журнал «The Scientist» поставил его на первое место в мире по условиям, созданным для работы ученых».

По словам профессора Ципи Шакед, подруги и коллеги нобелевского лауреата по лаборатории молекулярной химии, Аду отличает целеустремленность и потрясающее трудолюбие. «Не у каждого ученого хватит сил и терпения продолжать исследования после длительных неудач, — сказала профессор Шакед автору этих строк, — но Ада Йонат не сдавалась, продолжала работать, и теперь ее открытия могут сыграть важную роль в создании новых антибиотиков».

Профессор Йонат не только возглавляет Центр биомолекулярной структуры в Вейцмановском институте, но и руководит Рабочей группой структурной молекулярной биологии общества Макса Планка в Гамбурге. Биохимик, генетик, кристаллограф Ада Йонат в день своего триумфа заявила, что не собирается почитать на лаврах: «В естествознании есть еще много непокоренных вершин». И в самом деле, премии были удостоены ученые, открывшие структуру рибосомы, а вот принципы ее работы пока ясны не до конца. Моя дочь на прощание пожелала профессору Йонат получить еще одну Нобелевскую премию. А что, разве такого не может быть?

Доктор химических наук
Захар Гельман,
Реховот (Израиль)



Художник С.Держачев

Дела оптические

Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

Решения Нобелевского комитета по премиям 2009 года вызвали много споров. Премию по медицине, как считают некоторые российские ученые, не дали тому, кто ее заслужил больше всех. Премию по химии дали вовсе не за химию. Премию мира дали за обещание мира. И выбор лауреатов премии по физике тоже заставляет задуматься.

В основе оптоволоконной связи лежит физический эффект, называемый полным внутренним отражением: если свет идет из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем, то существует предельный угол падения луча на границу, при котором свет выйдет наружу. При большем угле свет отразится внутрь и, таким образом, выйти из

Нобелевскую премию по физике в 2009 году вручили за две революционные оптические технологии. Одна половина досталась Чарльзу Као за инновационные достижения, касающиеся прохождения света сквозь волокно для оптической связи, а вторая — Уилларду Бойлу и Джорджу Смиту за создание полупроводниковой схемы для получения изображений — ПЗС-датчика



оптически более плотной среды не сможет, а станет распространяться внутри нее. Величина предельного угла зависит от соотношения показателей преломления обеих сред. Теория этого явления создана отнюдь не вчера — с научной точки зрения проблему рассмотрел сэр Исаак Ньютон. В общем, уже после его работ можно было бы создать систему передачи света по оптическому волокну, если бы у человечества имелись потребность в этом и технические возможности.

Зачем нужно передавать куда-то свет по волноводу? Для того чтобы можно было обойти его свойство распространяться прямолинейно и заглянуть в какое-то малодоступное место, например за угол. С такой задачей справляются системы зеркал — но их нельзя сделать гибкими, и, чтобы разглядеть, скажем, внутренность желудка, они не подходят. Однако гораздо более обширное применение — передача не изображения, а закодированной информации.

Электромагнитные волны используют для такой передачи со времен изобретателей радиосвязи А.С.Попова и Г.Маркони. При этом применяют метод модуляции — собственно информация закодирована в изменениях амплитуды колебаний несущей волны. Чем выше частота этой волны, тем больше информации можно передать в единицу времени. У света частота гораздо больше, чем у радио- или СВЧ-излучения. Однако чтобы этой возможностью воспользоваться, нужны два технических устройства — источник излучения и волновод для доставки сигнала по назначению.

Такой волновод и использует принцип полного внутреннего отражения. Отсюда следует, что для передачи информации требуется не абы какой световой луч, а монохроматический, ведь показатель преломления зависит от длины волны света. Белый свет в длинном волноводе разложится в спектр, и сигнал исчезнет. Значит, в качестве излучателя сигнала нужен лазер. И в самом деле, пока лазеров не было, разговоры о передаче информации по оптическому волокну на большие расстояния носили теоретический характер. А с 1960 года, когда лазеры были созданы, стало можно браться за дело всерьез.

И тут встал вопрос, из чего делать волновод, как он должен быть устроен и как работать? Чтобы ответить на него, Чарльз Као со своим коллегой Джорджем Хокхэмом (оба они тогда работали в британской компании «Standard Telecommunication Laboratories Ltd.») предприняли обзор известных к тому времени работ по этой теме, провели расчеты световода, сделали некоторые эксперименты и опубликовали результаты в журнале «*IEE Proceedings*», 1966, т. 113, № 7. Эта статья и указана в качестве основы для Нобелевской премии по физике за 2009 год. Вот как выглядит нарисованная ими картина будущего (на 1966 год) оптоволоконной связи.

Свет, волна которого состоит из электрической и магнитной компонент, при распространении в среде может вести себя несколькими способами — они называются модами. Во-первых, возможна поперечная волна, у которой векторы напряженности обоих полей направлены перпендикулярно оси распространения света. Во-вторых, у одной из компонент вектор может быть направлен и вдоль, и поперек оси луча. Это будет электрическая (Е) или магнитная (Н) мода. В-третьих, у

обеих компонент векторы могут быть направлены и вдоль, и поперек. Тогда возникнет гибридная HE-мода. Кроме того, поле может еще и меняться несколько раз по диаметру и окружности волокна, создавая моды более высоких порядков. Управлять всем этим разнообразием можно, изменяя диаметр волокна и нанося на него покрытие с несколько меньшим показателем преломления. И это надо делать, поскольку разные моды движутся с разными скоростями и при передаче на большие расстояния сигнал может размыться.

А нельзя ли сделать волокно, пропускающее только одну моду? Да: уменьшая его диаметр и разницу между показателями преломления волокна и покрытия, можно оставить только одну моду, и это будет низшая гибридная мода HE_{11} . Именно на ней сейчас держится вся оптоволоконная связь, проходящая по одномодовым световодам. Только этот результат получили вовсе не Као и Хокхэм. Например, в 1960-х годах в «*Journal of the Optical Society of America*» выходили статьи и Нариндера Сингха Капани, который тогда работал в Чикаго, в «*Armour Research Foundation*», и Элиаса Шнитцера из «*American Optical Company*», в которых было и теоретически рассмотрено, и экспериментально продемонстрировано прохождение света сквозь диэлектрическое волокно. Наверняка были и другие предшественники.

Мода HE_{11} при полном внутреннем отражении сильно выходит за пределы волновода и фактически значительную часть времени путешествует вне его, что чревато потерями. Чтобы от них избавиться, нужно нанести на оптическое волокно покрытие, причем с толщиной гораздо большей, чем длина волны света. Может быть, нобелевским лауреатам 2009 года принадлежит идея уменьшить потери света с помощью покрытия? И снова нет: эта идея возникла задолго до 1966 года.

Вскоре после окончания Первой мировой войны многие инженеры пытались использовать волоконные световоды для передачи изображений. Например, Кларенс Хансел из США надеялся таким способом создать системы телевидения, а Генрих Ламм из Германии разрабатывал гастроскоп из волокон кварцевого стекла и весьма преуспел в этом деле — он первым в начале 30-х годов сумел передать на некоторое расстояние изображение буквы «V» без использования линз и зеркал. Однако, узнав о работах Хансела, который запатентовал передачу изобретения по оптическому волокну, хоть и не создал никакого устройства, Ламм забросил работу, а потом Гитлер пришел к власти, и физику пришлось бежать в США из-за национального вопроса.

Впрочем, и у Хансела, и у Ламма свет проходил плохо, поскольку проникал за пределы волокна и быстро рассеивался. Решение пришло в начале 50-х, когда профессор Абрахам ван Хеел из Делфтского технологического университета (Нидерланды) работал над созданием гибкого перископа по заданию голландской разведки. Чтобы уменьшить рассеяние света, он решил использовать покрытие, однако сделал его из серебряной фольги, видимо рассчитывая на хорошие зеркальные свойства металла. Увы, серебро хорошо поглощает свет, и при многократном отражении луч быстро превращался в ничто. Председатель Американского оптического обще-

ства Брайен О'Брайен посоветовал голландскому коллеге испробовать альтернативный вариант — покрытие из прозрачного материала с меньшим показателем преломления. И это сработало: кабель из 400 волокон, каждый в оболочке из прозрачного пластика, передал изображение на полметра. Постав в мае 1953 года статью в «Nature» (где она пролежала год), ван Хеел застолбил приоритет публикацией в еженедельнике «De Ingenieur».

Тем временем аналогичного результата добились англичанин Гарольд Хопкинс из лондонского Королевского колледжа и его аспирант, уже упоминавшийся Нариндер Сингх Капани: через кабель, состоящий из 20 тысяч стеклянных волокон, они передали на расстояние в метр изображение слова glass, то есть «стекло». Статьи ван Хеела и Хопкинса с Капани вышли в одном номере журнала «Nature» за 1954 год, и с этого дня отсчитывается история волоконной оптики. Говорят, что и сам английский термин «fiber optics» принадлежит доктору Капани, во всяком случае, научно-популярную статью именно под этим названием он опубликовал в 1960 году в «Scientific American». Достижения Капани, который ныне в возрасте 82 лет продолжает заниматься изобретательством в Сан-Франциско, отмечены многими премиями, его имя, как отца волоконной оптики, значится на Стене изобретателей в Массачусетском технологическом университете, а вот в число нобелевских лауреатов он не вошел.

Итак, к середине 50-х стало ясно, что изображение можно передать на расстояние порядка метра по оптическим волокнам с покрытием. А кто предложил передать по ним не изображение, а закодированную информацию? Японцы уверены, что это сделал многократный нобелевский лауреат Дзюити Нисидзава, профессор университета Тохоку в Сендай, который покрыл волокно градиентным (то есть с переменным показателем преломления по толщине) покрытием, послал по нему сигнал полупроводникового лазера, который и поймал с помощью фотодиода. Эта работа была начата в конце 50-х годов и закончена в 1964 году. В университетском дворе стоит памятник, подтверждающий, что оптоволоконная связь была изобретена именно здесь.

Собственно, на этом физика оптоволоконной связи закончилась, и началась химия в своей материаловедческой ипостаси: какой материал следует выбрать и как его приготовить, чтобы луч смог преодолеть многие километры, не затухая. Анализ этой материаловедческой проблемы посвящено немало строк в нобелевской статье Као и Хокхэма.

Главный вывод состоит в том, что именно потери из-за поглощения света в материале диэлектрического волокна играют главную роль, и на их сокращении надо сосредоточиться. Для создания системы оптической связи нужен материал, во-первых, недорогой, во-вторых, изготавливаемый в большом количестве в виде достаточно тонких волокон, чтобы оставить одну моду световой волны. На момент написания статьи такими материалами были волокна из полимеров и кварцевого стекла. В них работают два механизма потерь: рассеяние света на инородных включениях и поглощение за счет возбуждения тех или иных молекулярных и электронных механизмов. Работа этих механизмов зависит от длины волны излучения.

Вот как рассказывают о них Као и Хокхэм. В области от 100 до 1 мкм существует множество резонансов, связанных с вращением или внутренними колебаниями молекул, поэтому поглощение в этой области для большинства материалов весьма велико. С другой стороны, в области 100—300 нм существует множество резонансов с электронной подсистемой, что также обеспечивает большое поглощение. Следовательно, область длин волн излучения, пригодных для оптоволоконной связи, — 1—0,3 мкм, иначе говоря, ближний инфракрасный и видимый диапазон. Кроме этих резонансов поглощения, в полимерных волокнах большое значение имеют микронные частицы пыли,

а в высококачественных кварцевых стеклах — ионы примесей, и прежде всего железа. Причем у ионов двухвалентного железа середина полосы поглощения приходится на длину волны 1 мкм, а у трехвалентного — на 0,4 мкм. Если снизить содержание двухвалентного железа до одной части на миллион, то затухание света из-за поглощения упадет до 20 децибеллов на км (то есть, пройдя километр по такому волокну, свет станет слабее в 100 раз). Лучшие кварцевые волокна 1966 года давали затухание 200 дБ/км, а полиметилметакрилатные — 600 дБ/км, поэтому рассчитывать на передачу информации по ним на значительные расстояния не приходилось. Однако прогресс в создании чистых стекол позволял надеяться на снижение содержания железа и получение кварцевого стекла с затуханием не более 20 дБ/км на свете с длиной волны 0,6 мкм.

В публикациях СМИ, посвященных Нобелевской премии 2009 года, можно встретить утверждение, что, дескать, именно Као указал: ионы железа — это главное зло, и если наоборот его, то свет по волокну удастся передавать на достаточно большое расстояние. Причем волокно следует делать не из полимера, а из кварцевого стекла — это и определило развитие всей отрасли на многие годы. Однако каждый, кто прочтет исходную статью лауреата и его соавтора, увидит, что Као здесь ни при чем. Работа, на которую он ссылается по этому поводу, так и называется: «Некоторые наблюдения поглощения железа в силикатных и боратных стеклах», а опубликована она Ф.Н.Стилом и Р.У.Дугласом в журнале «Physics and Chemistry of Glasses» (1965, т. 6, № 6). Статья Као вышла меньше чем через год, и, возможно, это исследование оказалось тем самым камнем, которого не хватало лауреату, чтобы достроить здание. То есть осознать: да, материал с низким поглощением создать можно, и оптоволоконная связь на большие расстояния осуществима, это не утопия. Однако осмысление экспериментального факта, полученного другим ученым, вроде бы не должно считаться поводом для Нобелевской премии...

Предвидение Као не подвело: опыты по поглощению света волокнами различного состава, которые он поставил вместе с другими коллегами, показали, что путь намечен верно. Через несколько лет американская компания «Corning Glass Works» методом химического осаждения из пара сделала первое сверхчистое стекловолокно. Это не было случайным успехом: компания еще в 30-х годах научилась получать тонкие и гибкие стекловолокна и плести из них стеклоткань, положив основу промышленности композиционных материалов.

Сейчас сверхчистые заготовки для стекловолокна делают, сжигая в атмосфере кислорода тетрахлорсилан. При этом получается диоксид кремния, который осаждается на внутренней стенке реактора — кварцевой трубки, и хлор, улетающий из зоны реакции. По завершении процесса трубку с осевшими слоями кварца нагревают, сплющивают, превращают в заготовку и затем из нее вытягивают волокно.

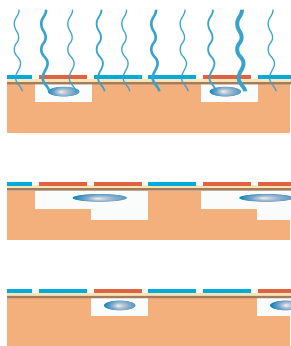
В материалах Нобелевского комитета сказано, что Као не только блестящий ученый, но и талантливый пропагандист своих идей. Действительно, надо было проделать титаническую работу, чтобы собрать вместе все данные, доказывающие: передача информации по оптическому волокну на дальние расстояния возможна, более того, понятно, как сделать волокно с нужными свойствами. А раз так, давайте соберемся с силами, рискуем денежными вложениями и доведем дело до победного конца. Убежденность позволила Као добиться своего: коллеги поверили, выбили финансирование, провели необходимые опыты, создали технологии — и вот он, оптический кабель, в середине семидесятых вступил в эксплуатацию.

Напомним читателям (см. «Химию и жизнь», 2000, № 1), что в СССР первый оптический кабель был сделан в горьковском Институте химии особо чистых веществ. К 1974 году удалось выявить все мешающие примеси, избавиться от них и в 1978



году получить опытную партию кабеля, с помощью которой проложили линию связи из Зеленограда в Москву. Но дальше этого эксперимента дело не пошло. Почему? Да потому что, помимо кабеля, для создания протяженных оптоволоконных сетей нужно еще так называемое концевое оборудование. Это всевозможные кодировщики/декодировщики сигналов и коммутаторы. А еще нужны усилители. Напомним, что рекордные потери составляют ныне 0,16 дБ/км на длине волны 1,55 мкм. Иными словами, сигнал затухает в два раза, пройдя 18 км. Значит, через сотню-другую километров надо ставить станцию по усилению и переизлучению сигнала. А без этого получается красивая игрушка для создания локальной сети.

Усилители, а именно стекловолокно с добавками эрбия (про которое мы рассказывали в репортаже с вручения технологической премии «Миллениум» 2008 года в Хельсинки, см. «Химию и жизнь», 2008, № 8) — такая же неотъемлемая часть глобальных оптоволоконных сетей, как сам оптоволоконный кабель. Более того, без них никакой глобальной оптической сети связи сейчас попросту не было бы, как и повода для вручения премии за этот вид связи. Однако Нобелевскую премию вместе с Као получили не создатели усилителя, но другие очень уважаемые инженеры, которые не имеют никакого отношения к оптическим системам связи. Это Уиллард Бойл и Джордж Смит, которые придумали модульный фотоприемник с накоплением заряда, CCD-матрицу (от англ. charge-coupled device, а по-русски — ПЗС-матрица, от «прибор с зарядовой связью»). ПЗС-матрицами сегодня оснащено множество приборов, от телескопов до бытовых фотоаппаратов. Несомненно, это изобретение также изменило наш мир: сделало чрезвычайно легким получение, просмотр и обмен изображениями и создало огромные проблемы для историков будущего, поскольку время жизни частных электронных архивов исчисляется годами (см. «Химию и жизнь», 2004, № 5), а не столетиями, как у архивов бумажных. Однако объединение двух столь разных тематических работ одной премией, при том что одна из них заслужила скорее премию по химии, кажется странным.



ПЗС-матрица работает так. Свет выбивает электроны из кремния, и они накапливаются в потенциальной яме под активным электродом. Затем на соседний электрод тоже подают напряжение и заряд перетекает в новую потенциальную яму, сдвигаясь на одну ячейку ближе к считывающему устройству

Как бы то ни было, история с изобретением ПЗС-матрицы вышла такая. Уиллард Бойл и Джордж Смит, инженеры американской компании «Bell Laboratories», вечером 17 октября 1969 года обсуждали, как бы им не потерять работу. Сам Смит описал это следующим образом в журнале «Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A» (2009, т. 607, с. 1). В исследовательском подразделении компании возникло увлечение созданием памяти на основе магнитных пузырей, и начальство было готово перебросить на это направление основной объем финансирования. Отдел, возглавляемый Бойлом и занимавшийся полупроводниковой памятью, мог лишиться значительной доли средств. В ходе обсуждения проблемы возникла мысль быстро сделать аналогичный электрический пузырь, поскольку на его разработку начальство обещало дать денег. Буквально за один час были придуманы основные принципы работы такого вида памяти, подготовлен набросок технологического процесса, который по-

зволил бы создать соответствующее устройство, и намечены возможные применения.

Суть идеи состояла в том, чтобы накопить электрический заряд в какой-то области прибора и не дать ему растечься, а затем целенаправленно переместить в другую область, где будет проведено считывание. Было предложено накапливать заряд в так называемом MOS-конденсаторе (от метал-оксид-диэлектрик). Основа такого конденсатора — толстая кремниевая пластинка, легированная бором: так она становится полупроводником p-типа, то есть проводящим с помощью положительно заряженных дырок. На эту пластинку наносят тонкий изолирующий слой оксида, а на нем располагают отдельные электроды из металла. Квадратик электрода и создает зерно будущего изображения, ныне называемое пикселем. На металлический электрод подается положительное напряжение, от которого возникает потенциальная яма: электроны будут притягиваться к электроду и покинуть пределы получившейся под ним ячейки для их сбора не смогут.

Фотоны света, проходя сквозь прозрачные (поскольку они очень тонкие) слои металла и оксида, выбивают из кремния электроны, и те накапливаются непосредственно под металлическим электродом. Процесс этот не может идти бесконечно, ведь ячейка когда-нибудь переполнится (в современных устройствах ее емкость составляет сотню тысяч электронов). Время от времени ее нужно освобождать. Поэтому каждая ячейка снабжена не одним, а двумя электродами. При накоплении работает первый электрод. Когда нужно освободить ячейку, на второй подается еще большее положительное напряжение. Потенциальная яма под ним становится глубже, и заряд быстро в нее перемещается, после чего с первого электрода напряжение снимается. Ячейка переместилась на один пиксель вбок. Так, шаг за шагом, накопленный заряд оказывается на краю матрицы фотоприемников и оттуда сваливается в счетчик. Процессор рассчитывает, из какой ячейки матрицы пришел этот сигнал, и преобразует всю полученную информацию в яркость соответствующей точки на изображении. После создания такой матрицы для черно-белых изображений сделать цветное было делом техники: на каждый пиксель приходится четыре приемника, один из которых фиксирует выделенную с помощью фильтра красную компоненту, один — синюю, а два — зеленую, как это свойственно человеческому глазу.

Вот так часовая беседа двух специалистов привела к возникновению цифровой фотографии и множества основанных на этом принципе полезных и бесполезных, но забавных приборов. Сейчас размер пикселя на фотоприемных матрицах составляет 10 мкм, однако возможно и десятикратное уменьшение этого размера. Самые большие матрицы стоят на телескопах: их размер может достигать нескольких миллиардов пикселей. Спору нет, Бойл и Смит получили премию по физике вполне заслуженно: поработав головой и руками, они совершили прорыв в технике, причем действительно на основе физических принципов.



ДЫРКИ, ЗАГОРОДИВШИЕ СВЕТ

Проделав дырки в полупрозрачной пленке золота, немецкие физики сделали ее надежным препятствием для света.

Physical Review Letters, 2009, т. 103, № 20, с. 3901.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕРВНЫХ КЛЕТОК

Еще один тип нейронов нашли немецкие биологи.

Magdalena Goetz, magdalena.goetz@lrz.uni-muenchen.de

ФУЛЛЕРЕН НЕ ПРОВЕДЕТ

Электрический ток между двумя соприкасающимися фуллеренами идет плохо, установили немецкие физики.

Richard Berndt, berndt@physik.uni-kiel.de

МЕТАСТАЗОВ НЕ БУДЕТ

Собирать раковые клетки с помощью магнитных наночастиц научились физики из США.

Владимир Жаров, zharowladimir@uams.edu

УПАКОВКА, КОТОРАЯ ПОДМИГИВАЕТ

Начато производство упаковки, способной воспроизводить мультфильмы.

Hanne Degans, пресс-секретарь IMEC, hanne.degans@imec.be

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

В 1998 году Томас Эббесен, работавший в исследовательском центре компании «Нэк» в Принстоне, обнаружил, что если в пленке металла просверлить отверстия нанометрового диаметра, то металл станет прозрачным. Удивительно здесь то, что, согласно принципам оптики, отверстия размером много меньше длины волны на ее прохождении никак сказываться не должны. С тех пор многие ученые исследуют это явление, ведь оно открывает пути к новым оптическим микроскопам или фотолитографии с разрешением меньше длины волны света.

Свежие результаты получили немецкие физики из Штутгартского университета во главе с Джулией Браун. Они просверлили в полупрозрачной пленке золота толщиной 20 нм отверстия диаметром 200 нм, причем расположили их в виде решетки с шагом 100 нм. Таким образом, в пленке осталось не более половины исходного металла. Однако, к удивлению исследователей, свет стал проходить сквозь нее гораздо хуже. Как выяснилось, в этом виноваты плазмоны — коллективные колебания электронного газа в оставшихся фрагментах пленки: они поглощали фотоны падающего света. Именно регулярное расположение дырок с периодом 300 нм и обеспечило возбуждение плазмонов.

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

Всего несколько лет назад нейробиологи установили, что в передней доле мозга человека образуются нейроны, но не любые, а только те, что используют в качестве медиатора при прохождении нервного сигнала гамма-аминомасляную кислоту. А теперь ученые из мюнхенского Центра исследований стволовых клеток Гельмгольца во главе с доктором Магдаленой Гётц нашли еще один тип нейронов, которые размножаются у взрослых мышей. Эти нейроны используют для передачи сигнала глутамат. Они живут в области мозга, ответственной за распознавание запаха, а также участвуют в формировании памяти.

Немецкие ученые считают, что если удастся контролировать образование таких клеток из стволовых нейронных клеток, то это поможет лечить людей с травмой мозга. Кстати, и для проектов продления жизни этот механизм тоже может пригодиться.

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

В будущем микросхемы собираются делать из отдельных молекул, скорее всего, из углеродных нанотрубок. А располагать их на подложке будут весьма плотно, ведь задача в том и состоит, чтобы создать сверхминиатюрные устройства. Насколько плотно можно их упаковать, не опасаясь за перетекание электрического тока в неположенных направлениях?

Ответ на этот вопрос нашли физики из Кильского университета во главе с профессором Рихардом Берндтом. Они провели следующий тонкий опыт. С помощью зонда туннельного микроскопа подцепили один фуллереновый шарик и доставили в заранее намеченное место. Затем подцепили вторую такую же молекулу и вплотную придвинули к первой. Точность перемещения при этом составила несколько триллионных долей метра. Пропустив через получившуюся пару электрический ток, исследователи обнаружили, что проводимость низка: в сто раз меньше, чем у самой молекулы фуллерена. Значит, при создании наносхем особая изоляция нанотрубочных проводов не понадобится.



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

Ракковая опухоль страшна своей склонностью к образованию метастазов: ее клетки попадают в кровь, разносятся по всему организму и порождают новые опухоли. Ученые из Арканзасского университета во главе с профессором Владимиром Жаровым при участии коллег из Саратовского университета и Института общей физики им. А.М.Прохорова, в настоящее время работающих в США, нашли способ, который позволяет уменьшить эту опасность.

В кровь мышей впрыскивали конструкции, состоящие из трех компонентов: магнитная наночастица, антитело к клеткам рака груди и углеродная нанотрубка, покрытая слоем золота. Антитела соединялись с раковыми клетками, а затем с помощью магнита наночастицы с грузом собирали у какого-нибудь внешнего сосуда. После этого их можно изучить с помощью фотоакустического метода, а можно и убить, нагрев золотые частицы лазером, свет которого проходит сквозь кожу.

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

Бельгийско-голландский исследовательский центр IMEC, Хассельский университет и компания «Артист скрин» создали новую компанию «Люмоза», которая будет фактически делать гибкие дисплеи. То есть печатать на тонкой или толстой пленке из поливинилхлорида изображение с помощью электролюминесцентных чернил, а также управляющую этим изображением электронику и драйвер с программным обеспечением. Под руководством последнего изображение станет меняться, показывая мультфильм. Эту пленку можно будет без всякого ущерба для картинки складывать, свертывать, сгибать и совершать прочие манипуляции.

Предполагается, что из такой пленки сделают прежде всего упаковку для видеофильмов, а также рекламу. Однако этим возможное применение не ограничивается. Видимо, уже совсем скоро сбудется мечта защитников леса — газеты станут печатать на электронном дисплее, а не на бумаге. Осталось только добиться, чтобы созданный бельгийцами дисплей стал многоцветным.



**БОРЬБА
С АРАХНОФОБИЕЙ**

Бороться со страхом перед пауками и тараканами поможет испанский тренажер.

Psychological
Assistance Service,
sap@uji.es

Ученые из Университета имени Хайме I в Кастелло под руководством профессора Кристины Ботеллы создали на основе системы смешанной реальности тренажер, который помогает избавиться от боязни пауков и тараканов. Хотя эти создания, в сущности, безвредны, у некоторых людей они вызывают неконтролируемый страх.

Система состоит из компьютера и видеокамеры. Человек, глядя на экран дисплея, видит, например, тараканов, которые ползают не только по столу, но и по рукам, изображение которых дает камера. Понимая, что на самом деле никаких тараканов нет, пациент может научиться собирать волю в кулак и не поддаваться панике. Чтобы облегчить задачу, во время сеанса рядом всегда находится психолог, который видит аналогичное изображение и помогает выбрать правильную линию поведения, чтобы справиться с задачей. Считается, что каждый может обратиться в университетскую службу психологической поддержки и ему помогут воспользоваться новой методикой.

**СТВОЛОВАЯ
КЛЕТКА
НЕ НУЖНА**

Макрофаги мыши стали размножаться под руководством французских ученых.

«Science», 2009, 326
(Nov. 6, 2009).

В будущем медики станут выращивать запчасти человека из его собственных клеток и так победят многие болезни, гласит один из нанотехнологических постулатов. Чаще всего утверждают, что это будут стволовые клетки, поскольку обычные не могут размножаться достаточно активно. Если же стволовой клетки нет, то можно взять обычную клетку восстанавливаемой ткани и вернуть ей способность к размножению. Однако подобные методики на самом деле очень опасны, поскольку бесконечно размножающиеся клетки образуют раковую опухоль. Создавая орган-запчасть, нужно быть уверенным: ничего онкогенного в нем нет и не может появиться.

Обеспечить такую уверенность решили французские биологи из Центра иммунологии Марселя Люмини во главе с Мишелем Сусье. Они взяли клетки иммунной системы мыши, а именно макрофагов, и с помощью генетической модификации инактивировали два фактора транскрипции — MafB и c-Maf. В результате произошла активация двух (c-Myc и KLF4) из четырех факторов транскрипции, которые как раз и нужны для перепрограммирования обычной клетки в стволовую. Макрофаги в стволовые клетки не превратились, но исправно делились в течение нескольких месяцев. При этом они выполняли свои функции по истреблению бактерий, а когда их ввели в кровь мыши, не образовали ни одной опухоли. Может быть, медицине будущего удастся обойтись и без стволовых клеток.

**РАСПОЛАГАЙ
ВЕТРЯКИ
ПЛОТНО**

Тогда плотность добываемой энергии возрастет стократно.

Robert Whittlesey,
robertw@Caltech.edu

«Когда плавает косяк рыб, каждая из них создает небольшой вихрь, который помогает двигаться соседу. Этот принцип мы и решили применить для повышения эффективности ветряных электростанций», — рассказывает аспирант Калифорнийского технологического институт Роберт Уиттлси, который работает в лаборатории профессора Джона Дабири, исследующего движения живых существ.

Дело в том, что если слишком плотно расположить ветряки, то их общая эффективность упадет, поскольку сила ветра израсходуется на вращение лопастей. Роберт Уиттлси рассчитал альтернативную систему ветряков. В них лопасти вращаются не перпендикулярно, а параллельно поверхности земли, причем сами ветряки расположены так же, как рыбки в косяке. Как оказалось, в этом случае каждая следующая турбина оказывается в зоне действия вихря, созданного предыдущей. В результате количество энергии, собираемое с единицы застроенной ветряками площади, возрастает в сто раз. Если идеей воспользуются ветроэнергетики, видимо, есть шанс, что себестоимость этого вида энергии понизится и приблизится к таковой для угольных или атомных электростанций.

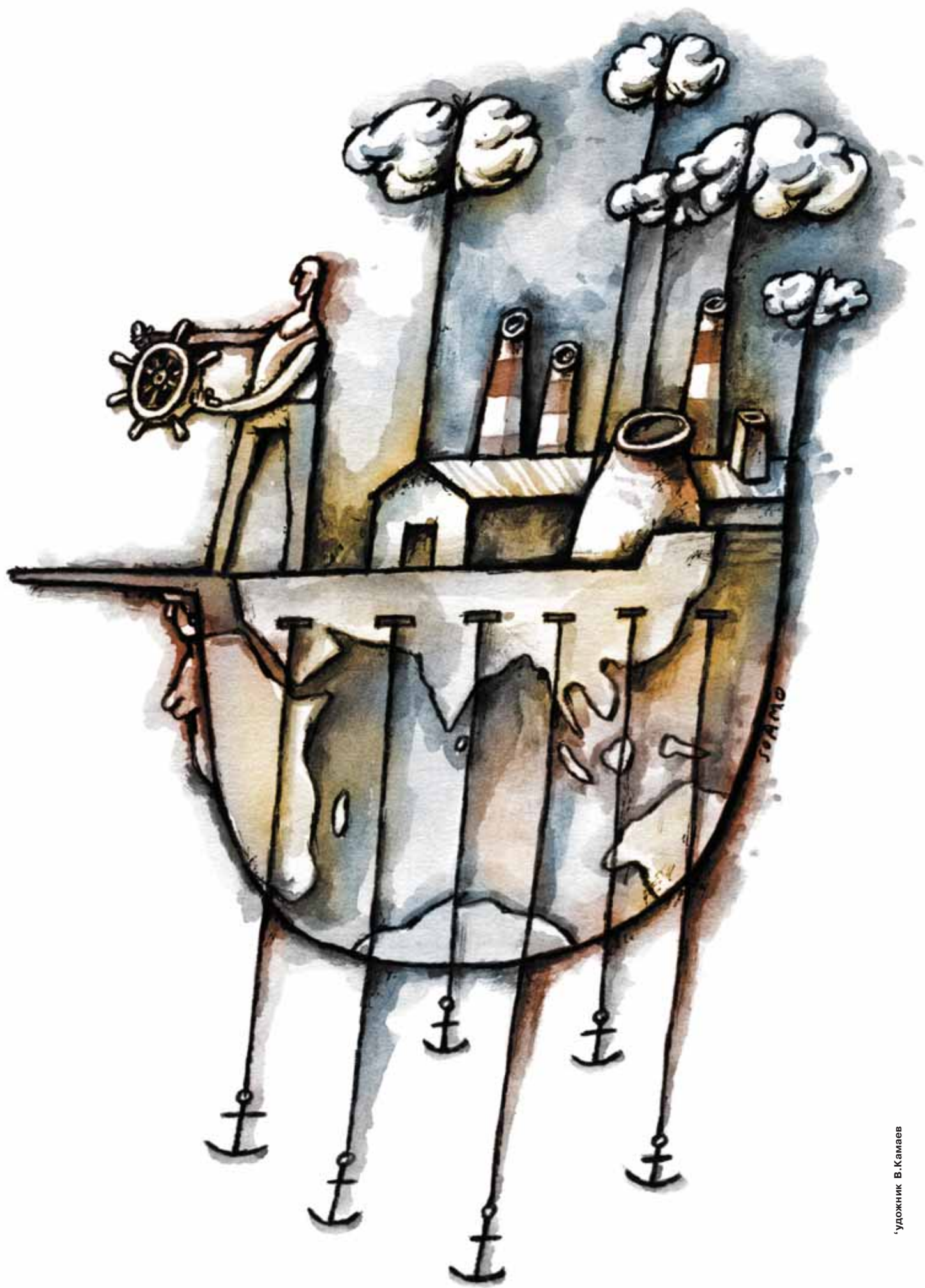
**ПОДГОТОВКА
К ЯДЕРНОМУ
ВЗРЫВУ**

Рассчитывая последствия ядерного взрыва в городе, американские физики заметили, что существующие модели плохо описывают его последствия.

Fernando F. Grinstein,
fgrinstein@lanl.gov

«Модели, которые описывают распространение продуктов ядерного взрыва в городе, нуждаются в существенном уточнении. К сожалению, отсутствие финансирования не позволяло провести эту работу», — говорит профессор Фернандо Гринштейн из Лос-Аламосской национальной лаборатории Министерства энергетики США. С этой целью он вместе со студентом Калифорнийского университета в Ирвине Адамом Уачтором просчитал последствия взрыва малого, мощностью в одну тонну, ядерного фугаса в современном городе, а результаты доложил на 62-й ежегодной конференции Американского физического общества в Миннеаполисе в ноябре 2009 года. Оказалось, что здания сильно влияют на движение потоков радиоактивных частиц и классический конус с подветренной стороны быстро меняет свою форму. Многие строения могут ослабить действие радиации, а даже небольшие изменения в расположении фугаса на территории города способны значительно изменить размер зараженной площади.

«Пусть это кажется невозможным, но мы должны быть готовы к событиям подобного рода», — говорит Фернандо Гринштейн. В работе принимали участие и другие организации США, связанные с разработкой ядерного оружия.



Мировая утопия

Кандидат физико-математических наук
С.М. Комаров

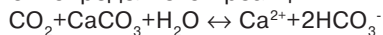


Напомним, что поводом к данной публикации послужили опубликованный в феврале 2008 года семью английскими учеными доклад о критических параметрах, преодоление которых приведет к переходу биосферы в новое состояние («Proceedings of the National Academy of Science», 2008, т. 105, № 6), и статья на аналогичную тему, подготовленная группой из двадцати шести ученых из институтов стран Европы во главе с Йоханом Рокстрёмом («Ecology and Society», 2009, № 9). В первой части была рассмотрена проблема потепления климата. Теперь — другие проблемы, связанные, по мысли авторов, с антропогенными изменениями окружающей среды (рис. 1).

Закисление океана

По поводу изменения климата Земли вопросов все еще больше, чем ответов, и дискуссия превращается из научной в политическую. С закислением океана, казалось бы, должно быть проще — это чистая химия. Растворимость углекислого газа в воде, согласно закону Генри, пропорциональна парциальному давлению газа. А коэффициент пропорциональности зависит от температуры. Для углекислого газа растворимость с ростом температуры падает существенно: в северных водах с температурой около нуля градусов она составляет (при нынешнем содержании углекислого газа в атмосфере) 335 мг на 100 граммов воды, а в тропических, где температура на поверхности около 30°C, — 125 мг. Увеличение давления усиливает растворимость углекислого газа. Это значит, что глубинные воды океана обогащены этим газом по сравнению с поверхностными, поскольку они и холоднее, и находятся под давлением водяного столба.

При растворении часть углекислого газа реагирует с водой и дает карбонат-ион или гидрокарбонат-ион, а так же протоны. Исход реакции зависит от кислотности воды. При щелочной реакции из молекулы углекислого газа получается два протона и карбонат-ион, который, встретившись с ионом кальция, может образовать нерастворимый карбонат и выпасть в осадок. Для этого pH должен быть больше 8,4. Если же pH меньше, от 4,2 до 8,4, то образуются гидрокарбонат-ион и карбонат-ион. При меньшем pH существуют только гидрокарбонат-ионы. Равновесие при этом определяется реакциями



Поскольку концентрации воды, карбоната кальция и иона кальция можно считать постоянными, равновесие определяется отношением активностей растворенного углекислого газа и гидрокарбонат-иона. Поэтому при недостатке гидрокарбонат-иона в него под действием протона превращается карбонат-ион, источником которого служат твердые карбонаты на дне водоема. Избыток гидрокарбонатов, наоборот, приводит к выпадению карбонатов. Так случается в районах, где глубинные воды выходят на поверхность: при высоком давлении в них растворено

Окончание. Начало см. в номере 11, 2009

РАЗМЫШЛЕНИЯ

много углекислого газа и, стало быть, много гидрокарбонатов. В момент выхода давление падает, углекислый газ улетает и получается избыток гидрокарбонатов, которые превращаются в карбонат-ион; он соединяется с кальцием и образует известковые отложения на дне источника и всевозможных попавших в него предметах, а также сталактиты и сталагмиты.

Пока что приповерхностная вода в океане имеет щелочную реакцию, и в среднем ее pH равен 8,1. Как указывает в своем докладе 2007 года Межправительственная комиссия экспертов по изменениям климата, в течение XXI века показатель кислотности поверхностных вод океана должен снизиться на 0,14—0,4 единицы pH, то есть до значений 7,96—7,7.

Вообще говоря, изрядный запас карбонатов на морском дне, которые отлагались там в течение миллионов лет, должен обеспечить океану высокую степень буферности — растворяясь, они будут связывать протоны в виде гидрокарбонатов. Поэтому кислотность, пока все карбонаты не



1 Пределы человеческой деятельности, предложенные Йоханом Рокстрёмом с коллегами (темная область в центре), и нынешнее состояние планеты относительно них

растворились, меняться не должна. Увеличиваться же в поверхностных водах она может потому, что их состояние далеко от равновесия — перемешивание происходит сравнительно медленно. Но факт остается фактом: из расчета климатических моделей следует, что карбонаты по мере роста содержания углекислого газа в атмосфере будут растворяться. И никакое потепление, которое снижает растворимость углекислого газа в воде и стабилизирует карбонаты, процесс остановить не сможет.

Чем же это опасно для морской экосистемы? А тем, что именно из карбонатов состоят панцири и внешние скелеты многих морских существ. Самый распространенный в живой природе карбонат — арагонит. Из него построены кораллы и раковины моллюсков. Другой карбонат, кальцит, служит строительным материалом для одноклеточ-



2

Колония средиземноморского коралла *Oculina patagonica* в исходном состоянии (а), спустя полгода пребывания в закисленной воде с pH 7,4 (б) и через год после возвращения в воду с pH 8,2 (из статьи Maoz Fine, Dan Tchernov, Science, 2007, т. 315, □ 5820)

ных, составляющих планктон. Третий, высокомагний кальцит, используют красные водоросли, живущие в кораллах, и морские ежи. Арагонит легче растворяется в кислой воде, чем кальцит, а магниевый кальцит в зависимости от содержания магния растворяется даже лучше, чем арагонит. Поэтому от закисления океана первыми начинают страдать морские ежи, кораллы и моллюски, а потом уж планктон.

Насколько сильными будут изменения, заранее сказать трудно. Очевидно, что одни виды исчезнут, а другие займут их место. Существующие организмы могут и сохраниться, но совершенно изменить свой образ жизни. Например, ученые из Израиля показали, что в кислой воде (pH 7,4) колония средиземноморского коралла *Oculina patagonica* распадается на отдельные организмы — гидроидные полипы, подобные миниатюрным актиниям. Они по-прежнему прикреплены к каменному основанию, но становятся крупнее и неплохо выживают в лабораторных условиях, то есть в отсутствие хищников. А когда кислотность воды снижается до pH 8,2, полипы снова собираются в колонии (рис. 2). Видимо, этот механизм не раз спасал кораллы от вымирания, ведь и прежде содержание углекислого газа в атмосфере поднималось и воды океана должны были закисляться. А вот многочисленным организмам, которые живут в коралловых рифах, при их растворении придется плохо, поскольку они потеряют и стол, и кров. С другой стороны, биологи из Монако и Франции («Biogeosciences Discussions», 2009, т. 6, с. 7103) показали на медленно растущих кораллах *Cladocora caespitosa*, собранных в Лигурийском море, что содержание углекислого газа в атмосфере на уровне 700 ppm (то есть почти в два раза больше, чем сейчас) никак не сказывается на их росте и образовании панцирей, повышение же температуры на три градуса действует убийственно. А вот быстрорастущим тропическим кораллам высокое содержание углекислого газа может быть вредно.

Опыты с моллюсками, которые путешествуют на днищах кораблей и поэтому постоянно попадают в закисленные поверхностные воды, показали, что их ракушки становятся тоньше, то есть хищникам проще с ними справиться. Французские исследователи из Лаборатории океанографии в Виллафранке (агентство «AlphaGalileo», 15 сентября 2009 года) пришли к аналогичному выводу, изучив поведение северной морской улитки *Limacina helicina* при ожидаемом в 2100 году pH 7,7 — у нее скорость образования и без того тонкого до прозрачности панциря уменьшилась на треть. Правда, другие исследования показывают, что не все так уж плохо. Например, Ким Дэвис, сту-

дент Дальхаузского университета (США), заметил, что моллюски, обитающие около гидротермальных вент, в районе которых из-под морского дна вырываются потоки углекислого газа, защитили свои ракушки от растворения, покрыв их толстым слоем органического вещества (агентство «NewsWise», 30 апреля 2009 года). Эти моллюски живут десятилетиями, и никакие хищники их не пожирают. Международная группа ученых, возглавляемая Институтом полярных и морских исследований им. Альфреда Вагенера (ФРГ), отметила, что закисленные воды не нравятся коколитофоридам — одноклеточным водорослям с кальцитовым скелетом (агентство «AlphaGalileo», 19 сентября 2006 года). Однако палеонтологические данные свидетельствуют, что в былые времена эти водоросли вполне приспособивались к закислению. Даже кораллы в прошлом умели менять состав своих скелетов, чтобы воспротивиться растворению (этот способ мог помочь и тем видам, которые не смогли бы продолжать существование в виде «актиний»).

Отсюда следует вывод: многие морские организмы смогут приспособиться к грядущим изменениям химического состава воды океана и занять освободившиеся места в экологических нишах. Вопрос лишь в том, хватит ли им на это времени.

Существует абсолютный предел закисления океана, при достижении которого катастрофа неизбежна: имеющихся в воде карбонат-ионов станет не хватать для того, чтобы связать все протоны, и карбонаты во всей толще океана сделаются неустойчивыми. Этот предел выражается степенью пересыщения — отношением произведения активностей имеющихся в воде ионов кальция и карбонат-иона к такому же произведению для насыщенного раствора карбоната, то есть когда существует равновесие между твердым веществом и его раствором. Если степень пересыщения меньше единицы, значит, твердых карбонатов в воде быть не должно. Двести лет назад степень пересыщения поверхностных вод океана по отношению к арагониту составляла 3,45. Сейчас она упала до 2,9, а при удвоении содержания углекислого газа в атмосфере снизится до 2,24. В глубине океана содержание углекислого газа растет и увеличивается растворимость карбонатов. Поэтому существует критическая глубина, на которой карбонаты становятся неустойчивыми: раковины погибших в верхних водах организмов по ее достижении начинают растворяться. Для арагонита эта глубина в Тихом океане проходит на уровне 500 м, а в Атлантическом — 2,5 км. Согласно расчетам, к 2100 году во многих районах Мирового океана глубина насыщения арагонита уменьшится до нуля.

Исходя из этих соображений, авторы идеи девяти пределов предлагают считать, что безопасная степень пересыщения поверхностных вод океана по отношению к арагониту составляет 2,76. Таким образом, до критического уровня, за которым, по их мнению, начнется перестройка морских экосистем, нам осталось не так уж и много. Видимо, этот предел будет перейден после 2030 года.

Озоновая дыра

Стратосферный озон — важнейший для биосферы газ. Он создает щит, который закрывает Землю от стерилизующего ультрафиолета. История с полярными озоновыми дырами свидетельствует о том, что, преодолев некую границу, планетарная система может перейти в новый режим работы, ведь озоновая дыра возникла после того, как концентрация этого газа упала ниже некоего критического уровня. Этому способствовали два фактора — хлорфторуглероды, как сделанные человеком, так и природного происхождения, а также стратосферные облака, возникающие из-за охлаждения стратосферы и увеличения содержания в ней водяного пара. (Пара стало больше из-за роста температуры и усиленного испарения воды, а охлаждается стратосфера из-за развития парникового эффекта — все больше идущего от поверхности Земли тепла задерживается атмосферой и не нагревает стратосферу.)

Считается, что с первым фактором общими усилиями удалось справиться: после принятия в 1987 году Монреальского протокола концентрация хлорфторуглеродов в стратосфере над полюсами уменьшилась на 10%. Как это сказалось на озоновых дырах, выяснили ученые из Европейского космического агентства. Они доложили результат многолетних спутниковых измерений концентрации этого газа на конференции в Барселоне в сентябре 2009 года (агентство «AlphaGalileo», 21 сентября 2009). С 1974 по 1997 год содержание озона в стратосфере над средними широтами в обоих полушариях снижалось со скоростью 7% в десятилетие. А в последние 14 лет оно растет со скоростью около 1% в десятилетие. Иными словами, установилось шаткое равновесие: распад озонового слоя прекратился, а его восстановление фактически еще не началось. Но еще при подписании Монреальского протокола сторонники человеческой ответственности за планетарные катастрофы говорили, что восстановление займет много десятилетий.

Со стратосферными облаками сложнее: пока продолжается потепление и растет концентрация CO_2 , непонятно, как с ними бороться. Более того, существует мрачный прогноз: по мере развития парникового эффекта облачность в стратосфере будет усиливаться, из-за чего озоновый слой может начать разрушаться над всей планетой. Пока что мы далеки от опасной границы, после пересечения которой ультрафиолет стерилизует Землю. Граница же эта обозначена, как считает Рокстрём с коллегами, температурой стратосферы на полюсах, которая должна быть не ниже -78°C . Если стратосфера стабильно остынет сильнее, то всего за год уже без всяких хлорфторуглеродов озон исчезнет над полюсами, а возможно, и над менее высокими широтами. Сейчас температура полярной стратосферы редко опускается ниже -60°C . Однако порой снижение бывает очень сильным — и не обязательно в районе полюса, и тогда сразу же образуется озоновая дыра, которая после нагрева стратосферы затягивается. Например, это неприятное явление наблюдали в начале января 2006 года над территорией Голландии и Бельгии, когда температура стратосферы там упала до $-86,8^\circ\text{C}$. В прошлый раз аналогичное падение температуры над этими странами метеорологи зафиксировали двадцатью годами раньше. Очевидно, о том, насколько близок переход планеты к состоянию глобальной озоновой дыры, можно судить по частоте подобных событий и их продолжительности.

Циклы азота и фосфора

Способность человека фиксировать атмосферный азот с помощью установок, созданных Карлом Бошем (см. статью о нем в предыдущем номере), и производить минеральные удобрения подняли сельское хозяйство на недостижимую ранее высоту. Сейчас таким способом из атмосферы еже-



РАЗМЫШЛЕНИЯ

годно изымается 80 Мт азота. Правильная агротехника, а именно посадка «зеленых удобрений» — азотфиксирующих бобовых растений — добавляет еще 40 Мт. Наконец, 30 Мт азота в виде оксидов получается при сгорании органического топлива — оксиды образуются из-за окисления азота воздуха при высокой температуре. В виде же фосфорных удобрений и добавок к моющим средствам человечество выделяет в окружающую среду 20 Мт фосфора. Если бы не было человека, то не было бы и такой прибавки к циклам этих веществ, а она, в отличие от антропогенных парниковых газов, вполне сопоставима с природными значениями. Дело не в том, что из атмосферы будет изъято слишком много азота — его запасы несопоставимо больше, все-таки это основной газ планеты, — а в том, что слишком много этого важнейшего для жизни элемента перейдет в легкоусваиваемую живыми организмами форму.

Расчет здесь такой. Есть два основных природных механизма связывания азота — азотфиксирующие бактерии и удары молний, однако цикл азота довольно сложен, и оценить вклад человека непросто. Например, тот же Сванте Аррениус считал, что бактерии связывают 400 Мт азота в год — тогда антропогенный вклад составляет чуть больше трети только от этого количества. По современным данным, вклад бактерий не столь велик — всего от 90 до 140 Мт. Молнии, подсчитать эффективность которых гораздо проще, дают еще 10 Мт. Получается 100—150 Мт природно связанного азота против 150 Мт связанного человеком. Рокстрём с коллегами считают, что это слишком много и доля человека не должна превышать четверти от средней оценки естественного потока, то есть 35 Мт. Очевидно, такое предложение ставит крест на синтетических удобрениях и высокопроизводительном сельском хозяйстве, а заодно и на сжигании органического топлива, хоть ископаемого, хоть возобновляемого, — оксиды азота будут образовываться в любом случае.

С фосфором провести расчет не проще. Он попадает в окружающую среду в результате выветривания, как считается, в количестве около одного миллиона тонн в год. А из тех 20 Мт, что используют на полях или в виде минеральных удобрений, 9 Мт смывается в реки и океан, остальное усваивают высшие растения. Смытый же фосфор идет на питание одноклеточных водорослей. Правда, процесс его усвоения — небыстрый: значительная часть фосфора сначала оседает на дне и затем постепенно вовлекается в круговорот живого вещества.

Чем грозит увеличение концентрации фосфора и азота в воде? Они служат питанием для развития водорослей, в том числе одноклеточных. Водоросли, расплодившись из-за обилия питательных веществ, во-первых, сделают воду мутной, во-вторых, при гниении используют значительную часть растворенного в воде кислорода, что не пойдет на пользу его обитателям и тем, кто этих обитателей использует в пищу. Примеры таких изменений имеются — это и цветение озер, в которые попадают содержащие удобрения стоки с полей, и возникновение бескислородных зон в Балтийском море. К тому же рост концентрации углекислого газа усиливает фотосинтез и, стало быть, размно-

жение водорослей. Вызванные избытком азота при относительном недостатке фосфора изменения видового состава планктона плохо сказываются на всей пищевой цепочке.

Размножившись, водоросли выделяют столько ядовитых веществ, что массово гибнут рыбы и другие морские обитатели. А Джеймс Кэсл и Джон Роджерс из Клемсоновского университета (агентство «NewsWise», 19 октября 2009 года) обнаружили интересное свидетельство в пользу того, что водоросли способны вызывать и глобальные катастрофы. Ученые задались целью понять, почему удар астероида мог сопровождаться массовым вымиранием не только наземных, но и морских организмов. Анализ геологических слоев показал, что каждый раз в эти моменты формировались толстые маты из одноклеточных водорослей. Кэсл и Роджерс предположили, что питательными веществами их обеспечивало огромное количество пыли, попадающее в океан при взрыве и пожарах: водоросли активно размножались, отравляя все вокруг своими токсинами.

В общем, по мнению Рокстрёма и коллег, человечество давно перевалило за безопасный рубеж по азоту и фосфору и движется к глобальной гипоксии океана. Полностью бескислородное состояние, при котором в океане восстановится древнейшее анаэробное царство, из-за недостатка фосфора, видимо, вряд ли наступит. Вместо этого появятся обширные зоны гипоксии в прибрежных районах, где концентрируются стоки с полей. Пример такой зоны можно найти в Мексиканском заливе.

Именно азот оказывается главным злом: как показывает расчет Рокстрёма с коллегами, при сохранении нынешнего потока фосфора неизменным, даже через тысячу лет доля вызванных им зон гипоксии в Мировом океане увеличится с нынешних 14% до 22%. Но неизменным поток не будет, потому что на Земле всего 20 Гт фосфора. Вряд ли весь этот фосфор удастся извлечь, а иначе на тысячу лет его не хватит.

К сожалению, сократить поток антропогенного азота и фосфора весьма затруднительно, поскольку именно минеральные удобрения и органическое топливо позволили прокормить и обогреть человечество в XX веке. Путь здесь два. Во-первых, переход на получение энергии без сжигания топлива и применение таких удобрений, которые полностью потребляются растениями. Во-вторых, использование иных методов выращивания еды. А это связано с изменением системы землепользования.

Использование земли

Человек расчищает землю, чтобы выращивать себе пищу, и площадь освобожденных от леса земель в последние полвека стабильно растет со скоростью 0,8% в год. Сейчас 12% площади суши, свободной от ледников, занято сельскохозяйственными культурами. Очевидно, что при этом изменяются круговороты углекислого газа, воды, азота и фосфора, а также снижается биоразнообразие, то есть возрастает риск приближения ко всем пределам, связанным с этими параметрами. Рокстрём с коллегами считают, что увеличение доли используемой человеком земли еще на 400 Мга, в результате чего общая используемая площадь составит 15% площади свободной от ледников суши, может привести к глобальным негативным последствиям.

Если считать, что площадь обрабатываемой земли на одного человека представляет собой константу, которая при нынешнем населении планеты в 6 млрд. составляет примерно четверть гектара, получается, что предела по используемой площади мы достигнем при численности населения в 7,5 млрд., которые ожидают нас отнюдь не в далеком будущем. Поэтому Рокстрём с коллегами советуют не распахивать новые земли, а лучше использовать имеющиеся. Например, со-

средоточить сельское хозяйство, оснащенное по последнему слову науки и техники, в южных районах, где растения дают больше всего продукции, а на севере, где оно убыточно, — забросить поля, и позволить природным экосистемам восстанавливаться самостоятельно либо с помощью человека. Тем более что именно у нас на севере растут так называемые бореальные леса, в которых происходит захоронение углекислого газа, изъятая из атмосферы в виде органического вещества: из-за холода растительные остатки не успевают перегнивать, в отличие от тропиков, где все растет быстро, но столь же быстро и разлагается на составляющие. Именно бореальным лесам угрожает серьезная опасность в связи с глобальным потеплением: по расчетам британских ученых, подготовивших упомянутую в первой части статью в PNAS, при потеплении на 3–5°C они исчезают за полвека.

Проблему уменьшения площади возделанных земель можно решать и за счет регулирования численности населения, и за счет изменения стандартов питания. Видимо, наиболее радикальный вариант развития этой идеи должен привести человечество к продуктам из белков дрожжей и прочим ужасам, описанным в фантастических антиутопиях. Впрочем, Рокстрём с коллегами считают, что без радикальных действий удастся обойтись: они возлагают особые надежды на создание агроприродных ландшафтов, в которых природные и сельскохозяйственные, а также городские экосистемы будут гармонично сочетаться и уживаться друг с другом, увеличивая таким безопасным способом и площадь возделываемых земель, и продуктивность сельского хозяйства, а также на ограничения роста городов и использования земель для производства биотоплива.

Биоразнообразие

По мнению Рокстрёма и его коллег, мы живем в период шестого массового вымирания в истории планеты. Ежегодно исчезает примерно 100—1000 видов из миллиона, а естественная скорость, по данным палеонтологов, — 0,1–1 вид в год из миллиона. Считается, что в недалеком будущем скорость исчезновения видов, вызванного непосредственно деятельностью человека, возрастет еще десятикратно. Сейчас в среднем четверти видов угрожает вымирание: от 12% у птиц до 68% у цикад. Очень быстро вымирают лягушки и прочие амфибии. До недавнего времени основное вымирание шло на тропических островах, однако в последние двадцать лет половина исчезающих видов приходится на континенты. Причины этого — разрушение природных экосистем и замена их искусственными — городскими или сельскохозяйственными, а также проникновение в экосистемы посторонних для них видов и изменение климата. Новые системы неустойчивы и сильно зависят от действий человека.

Падение биоразнообразия опасно тем, что в каждой экосистеме существует множество связей между видами. Изъятие любого из них разрывает связи, и если их оборвется слишком много, то экосистема распадется. Более того, при изменении условий проигрыш одних видов компенсируется выигрышем других, и это делает экосистему устойчивой. Но при ее оскудении такой компенсации может не получиться, и прежнее сообщество живых существ исчезнет, оставляя экологическую нишу на долгие годы незанятой. Обеднение экосистем видами делает ее более уязвимой и к другим факторам, таким, как потепление климата, закисление океана или избыточное поступление азота и фосфора, — все это ускоряет вымирание.

К чему приводит значительное снижение биоразнообразия, известно из геологической истории: одни группы животных сменяются другими, совсем непохожими на преды-

дущие, а доминировавшие ранее виды вымирают или переходят на маргинальное положение. Нелишне напомнить, что сейчас у нас расцвет млекопитающих, пришедших на смену динозаврам, а доминирует вид *Homo sapiens*.

Определить граничную скорость исчезновения видов, при которой биосфера скачком переходит в новое состояние, нелегко. Рокстрём с коллегами считают, что приемлем уровень 10—100 видов из миллиона в год.

Вода

Пресная вода нужна человеку для сельскохозяйственных и бытовых нужд. В природе ее функция иная: формировать облака и пополнять реки, озера и моря за счет осадков. Эти функции находятся в сильном противоречии. Так, около 25% рек из-за использования человеком уже не достигают своего устья, а высыхают ранее. К чему это приводит, показывает крупнейшая экологическая катастрофа в Средней Азии — распад Аральского моря на две части. Естественно, все это сопровождается гибелью водных экосистем и снижением биоразнообразия.

Однако человек влияет не только на сток рек. Существует еще влага, содержащаяся в почве. Ее испарение в значительной степени определяет формирование дождевых облаков и выпадение осадков, которые замыкают круговорот воды. Повышенное испарение из-за замены лесов на поля приводит к высыханию земли, изменению режима выпадения осадков и может вызвать опустынивание.

Чтобы сохранить устойчивость, нужно ограничивать как нарушение испарения воды с суши, так и употребление воды рек и озер на уровне, обеспечивающем существование водных экосистем. Поток пресной воды в реках сейчас оценивают в 12—15 тысяч км³ за год. Согласно оценкам, которые приводят Рокстрём и коллеги, при его уменьшении на 5—6 тысяч км³ в год возникнет серьезный недостаток пресной воды. По другим данным, уже снижение на 4 тысячи км³ в год совершенно изменит режим испарения с поверхности суши, количество осадков и, как следствие, перестроит наземные и водные экосистемы. Сейчас использование речных вод для полива — 2,6 тысячи км³ в год. Это меньше обозначенного порога в 4 тысячи км³ в год. Однако к 2030 году предполагается увеличение на 25—50%. Таким образом, предел может быть достигнут в обозримом будущем. К тому же из-за глобального потепления изменятся количество осадков и их распределение по поверхности планеты, а это также скажется на круговороте пресной воды.

Аэрозоли

Под аэрозолями понимают прежде всего оксиды серы и азота, которые образуются при сгорании ископаемого топлива.



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Оксиды обоих этих элементов при растворении приводят к закислению вод за счет образования серной и азотной кислот, но проблема не только в этом. Собираясь в верхних слоях атмосферы в виде капелек серной и азотной кислоты, они экранируют поверхность планеты от солнечного света и таким образом охлаждают ее. С одной стороны, это неплохо, поскольку снижает парниковый эффект. С другой стороны, локальное охлаждение поверхности Земли из-за аэрозолей может привести к серьезным последствиям. Прежде всего скопление аэрозолей у южных склонов Гималаев изменит режим осадков в Индии, а это, в свою очередь, повлияет на Индийский муссон: вместо регулярного он станет хаотическим. В конце концов это приведет к чередованию чрезмерных дождей с чрезмерной засухой на Индостане. За это будут ответственны не только упомянутые оксиды, но и твердые частицы, также образующиеся при сгорании топлива. «Переключение» Индийского муссона на новый режим может произойти внезапно, буквально за год, если альбедо, то есть степень отражения солнечных лучей, в районе Гималаев повысится до 0,5 (ныне среднее альбедо Земли 0,3). Так, во всяком случае, считают авторы статьи, опубликованной в PNAS. Рокстрём с коллегами сейчас не готовы обсуждать положение того уровня аэрозолей, при преодолении которого планета перейдет в какой-то новый режим, равно как и аналогичный предел для загрязнения окружающей среды множеством продуктов химической и фармацевтической промышленности. Но проблему обозначают.

Картина получается довольно мрачной, даже если не все эти прогнозы сбудутся. Однако сама по себе идея — ограничить человеческую деятельность во имя сохранения голоценовой стабильности — выглядит несколько утопичной, поскольку еще никому и никогда не удалось остановить прогресс человечества на длительное время. Видимо, надо искать другие пути и другие механизмы, которые позволят не консервировать стабильное прошлое, а жить в изменяющемся будущем.



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.



Синтетическому каучуку 100 лет?

Вдруг выяснилось, что синтетическому каучуку 12 сентября 2009 года исполняется 100 лет и открыл его немецкий химик Ф.Гофман. Этому событию посвящены статьи и конференции. А где же С.В.Лебедев, который, как известно любому российскому химику, был первым в этой области? Пришлось идти в библиотеку, залезать в справочники, читать архив «Химии и жизни» и смотреть в Интернете.

В Интернете обнаружилось довольно много статей, в которых написано, что сто лет назад немецкий химик, профессор, доктор Фриц Гофман впервые в мире разработал способ получения метилкаучука из диметилбутадиена. 12 сентября 1909 года в Имперском патентном ведомстве был зарегистрирован его химический патент № 250690 на процесс производства синтетического каучука. Ф.Гофман проводил исследования в лабораториях компании «Elberfelder Farbenfabriken», традиции которой продолжает сегодня концерн специальной химии «LANXESS». Также из интернет-публикаций можно узнать, что уже в 1910 году Германия наладила промышленный выпуск синтетического каучука и начала делать из него шины. В некоторых интернет-статьях, посвященных столетию каучука, нет ни слова о вкладе русских ученых. Во то же время в Большом энциклопедическом словаре написано, что русский химик-органик Иван Лаврентьевич Кондаков в 1899 году открыл каталитическую полимеризацию диметилбутадиена в синтетическое каучукоподобное вещество. Правда, там не

сказано, получил ли он патент. Кроме того, в энциклопедии можно прочесть, что в 1932 году в СССР был запущен первый в мире завод по производству синтетического каучука (технология С.В.Лебедева), и в этом приоритет советских ученых бесспорен. Да и в архиве нашего журнала ни разу не упоминается Ф.Гофман, хотя «Химия и жизнь» писала о каучуке не один раз и подробно. Так кто был первым?

В начале XX века во многих лабораториях мира пытались синтезировать искусственный каучук. Дело в том, что натурального катастрофически не хватало, а каучук был очень нужен бурно развивающейся автомобильной промышленности. Особенно страдали страны, зависящие от импорта, — те, у которых не было плантаций каучуконосов. Но на самом деле история синтеза искусственного каучука началась еще раньше, в середине XIX века. Вот что писал по этому поводу Сергей Васильевич Лебедев в 1913 году в своей диссертации и статье, опубликованной в 1913 году журнале РХО:

«Первый по времени получения представитель углеводородов ряда дивинила — изопрен был выделен Г.Вильямсом из продуктов сухой перегонки каучука. Вильямс наблюдал способность этого углеводорода полимеризоваться и высказал предположение, что каучук и гуттаперча образуются полимеризацией изопрена. Эта мысль была предвидением, которое получило подтверждение только в последние два-три года. Таким образом, с именем Виллиамса и с датой 1860 год надо связать первый этап в исследовании и полимеризации двуэтиленовых углеводородов». После того как была доказана связь каучука с изопреном, в частности, благодаря работам Ф.К.Химли (1835 году) и Г.Бушарда (1875), химиков все больше начала привлекать обратная задача — получение синтетического каучука из изопрена.



Художник Н. Колпакова

Впервые это удалось сделать профессору Высшей школы фармации в Париже Г. Бушарда. В 1879 году он получил некоторое количество каучукоподобного полимера. В 1882 году эту работу подтвердил английский химик В. Тильден — он наблюдал самопроизвольную полимеризацию изопрена, полученного из скипидара.

Опять читаем у С. В. Лебедева: «Дальнейшие наблюдения над веществами, родственными изопрену, показали... что ближайшие гомологи обладают той же способностью. Указание на это свойство приведено уже у Мариуцы (русский химик П. П. Мариуца, его статья вышла в 1889 году. — *Примеч. ред.*), получившего этот углеводород впервые». Были и другие исследования, но особый интерес у коллег вызвало наблюдение И. Л. Кондакова — профессора химии Юрьевского университета (теперь университет Тарту), который в 1901 году получил каучукоподобное вещество. Многие химики того времени считали, что Кондаков получил первый известный гомолог каучука, который дал надежду на промышленный синтез этого вещества.

Перспективы казались грандиозными, и к 1910 году интерес к этой проблеме вырос с необыкновенной быстротой. «Количество опубликованных исследований, однако, значительно меньше числа взятых патентов», — заметил по этому поводу Лебедев. Сам он начал активно работать в этой области в 1908 году, и первый доклад на эту тему зафиксирован в протоколе заседаний отделения химии Русского физико-химического общества 3 декабря 1909 года. Лебедев пишет: «Из сопоставления этой даты с датой нескольких патентов, взятых на получение искусственных каучуков, следует, что та же область исследовалась одновременно и другими лицами». (Мы в нашем кратком историческом экскурсе перечислили далеко не всех, кого упоминает Лебедев в своей публикации 1913 года.)



РАССЛЕДОВАНИЕ

Один из тех оформленных патентов, видимо, и принадлежал Ф. Гофману. Впрочем оформленный патент не делает хорошего немецкого химика изобретателем каучука, но дает немецкому концерну, в котором он работал, информационный повод с круглой датой для хорошей, правильно выстроенной рекламной акции.

Чтобы закончить эту тему, приводим цитату из «Технической энциклопедии» 1935 года издания. «Вопрос о синтезе каучука как о практической задаче был впервые поставлен в 1909 году. В этом году и в ближайшие годы производилось обследование явлений полимеризации и связанного с этим вопросом получения синтетического каучука независимо и одновременно С. Лебедевым в России, Гарриесом и Гофманом в Германии, Перкином и Метьюсом в Англии. Впоследствии вопросами синтеза каучука в России занимались И. Остромысленский и Б. Бызов».

Чтобы синтезировать каучук в промышленном масштабе, надо было решить вторую, не менее важную задачу — получить много дешевого исходного продукта (изопрена, бутадиена...). Кстати, малотоннажное производство по производству синтетического каучука из ацетона, запущенное в Германии в 1910 году во время мировой войны, быстро закрыли из-за того, что каучук был низкого качества и стоил дорого. Всего было произведено 2,5 тыс. тонн каучука, и сразу же после заключения мира завод закрыли.

В 1926 году советское правительство объявило международный конкурс на «наилучший способ получения искусственного каучука». Через 20 месяцев надо было предоставить комиссии не менее двух килограммов искусственного каучука и технологию его получения в промышленном масштабе. За выполнение задачи полагалась очень большая премия, но исследования надо было вести за свой счет, и срок был совершенно нереальным.

Сергей Васильевич Лебедев, профессор химии, читал в то время лекции для будущих врачей в Военно-медицинской академии и одновременно руководил исследовательской лабораторией в Ленинградском университете. Он собрал группу из семи человек и решил эту невыполнимую задачу — в конце декабря 1927 года в Москву привезли два килограмма искусственного каучука, сделанного в бутылках из-под лимонада.

В 1930 году заработал первый в мире завод по производству бутадиенового каучука из этилового спирта (тогда его делали исключительно из картофеля). Когда первая шина из синтетического каучука прошла 16 070 километров, ее разрезали. Часть резины использовали для лабораторных исследований, а два фрагмента шины стали экспонатами: один — Музея Революции, другой — музея Всесоюзного научно-исследовательского института синтетического каучука им. С. В. Лебедева. Надо отметить, что в других странах подобные производства заработали позже. Так, промышленное производство синтетического буна-каучука в Германии (город Шкопау) запустили в 1936 году.

Кандидат химических наук
В. В. Благутина

Быль о каучуке

Я.М.Слободин

В апрельском номере за 1979 год «Химия и жизнь» публиковала воспоминания Я.М.Слободина — последнего оставшегося тогда в живых члена научной группы Лебедева, решавшей сверхсложную задачу по созданию промышленной технологии получения искусственного каучука. Мы решили с небольшими сокращениями перепечатать их — и как интереснейший исторический документ, и как пример нашим авторам и читателям-химикам.

Тридцатого декабря 1927 года бывший комиссар полка Красной армии, а теперь аспирант Ленинградского университета Валентин Петрович Краузе сошел с утреннего поезда, только что прибывшего в Москву, держа в одной руке портфель с бумагами, а в другой — тщательно упакованный ящик с наклейкой «Диолефин». Полчаса спустя он сдал свой груз под расписку в приемной Технического совета химической промышленности ВСНХ. В ящике находилось два килограмма желтоватого полупрозрачного вещества, похожего не то на губку, не то на затвердевшее желе. Это был первый в нашей стране искусственный каучук, полученный из спирта группой химиков под руководством профессора Сергея Васильевича Лебедева.

О том, как был создан синтетический каучук, написано много. И все же я снова возвращаюсь к тем дням. Дело в том, что вся эта литература: мемуары, диссертации, главы в учебниках, юбилейные и неюбилейные статьи — по большей части ограничивается промышленной историей каучука. Синтез каучука в заводском масштабе был, как известно, осуществлен в СССР в 1930–1932 годах. Но этому предшествовал лабораторный синтез, который был сделан в лаборатории Лебедева маленькой кучкой энтузиастов. Нас было только восемь человек. Сейчас, через пятьдесят с лишним лет, пишущий эту краткую повесть — единственный из них, кто остался в живых. В те времена я был зеленым юнцом. Все, что происходило вокруг, казалось лишь предисловием к чему-то более важному и интересному. Мне не приходило в голову, что важным было именно то, что совершалось тогда. Теперь я понимаю, что это было лучшее время моей жизни. Мне повезло, я был свидетелем и участником события, украсившего историю нашей науки.

Учиться у Сергея Васильевича Лебедева было одно удовольствие, работать же с ним было куда сложнее. Насколько снисходителен, терпелив и добросердечен был он к студентам — находил время для каждого, мягко поправлял ошибки, ненавязчиво поучал, — настолько жестким, придирчивым и деспотичным становился его нрав, как только вчерашний школяр переходил к нему в сотрудники. Словом, что говорить — патрон наш был не ангел. Но зато каждый, кому приходилось хотя бы немного побыть под его началом, приучался к точности, исполнительности, аккуратности и порядку.

О научных заслугах С. В. Лебедева говорить здесь не буду — это одна из крупнейших фигур отечественной химии. Но и как личность он был наделен резкими, выделяющимися чертами. Он мог нравиться или не нравиться, но не заметить, не запомнить его было невозможно. Работал он

великолепно. У паяльного стола, за выдуванием стекла, сборкой аппаратов — это был артист в лучшем смысле слова, с задумчиво-внимательным взглядом, с изящными движениями крупных холеных рук. У химиков старой школы было выражение: человек «чувствует вещество». Лебедев ценил это качество и сам был таким человеком — ученым с засученными рукавами. События, о которых я собираюсь рассказать, происходили в 1926 году, когда я окончил университет и стал сверхштатным аспирантом С. В. Лебедева на руководимой им кафедре.

Весной 1926 года, точнее, в первых числах апреля в газетах было опубликовано постановление Пленума ЦК ВКП (б) о хозяйственной политике. Восстановительный период, говорилось в нем, подошел к концу, возможности до-революционной техники, доставшейся нам, исчерпаны. Пора подумать о том, чтобы освободить отечественную экономику от иностранной зависимости. Через два дня после закрытия пленума, 11 апреля, Всесоюзный совет народного хозяйства объявил конкурс на лучший способ получения синтетического каучука.

Условия были необыкновенно тяжелыми. Каждый участник соревнования должен представить экспертной комиссии образец изготовленного им материала весом не менее двух килограммов. К нему приложить подробную документацию: описание технологии, аппаратуры, расчет стоимости продукта при массовой выработке. Цена — не выше средней рыночной цены на каучук за последние пять лет, а качество — не хуже обычного вулканизированного каучука. Участвовать могут все желающие — конкурс международный, — но сырье для заменителей каучука должно быть обязательно отечественное, советское. И всю эту работу надо выполнить до 24 часов 31 декабря 1927 года.

Хотя к участию в конкурсе приглашались все специалисты-органики, было очевидно, что задача по плечу только очень хорошо подготовленным коллективам. Если ее вообще можно решить за такой короткий срок. Во всей стране было всего две специализированные лаборатории, которые с трудом могли удовлетворить этим требованиям: лаборатория Лебедева да еще работавшая на опытной станции при заводе «Красный треугольник» лаборатория Б.В.Бызова (почему-то теперь он почти везде фигурирует как Б.В.Вызов. — *Примеч.ред.*).

В январе 1926 года Лебедев начал сколачивать рабочую группу. Нас было восемь душ вместе с нашим руководителем, и мы собрались в кабинете Лебедева на углу Пироговской набережной и Нижегородской улицы, у Литейного моста. Все уже было обсуждено и договорено, и каждому Сергей Васильевич повторил, что работа потребует максимального напряжения, что никакого подсобного персонала у нас нет — все, вплоть до черной работы, придется делать самим, что платить нам ничего не будут, а результат в высокой степени проблематичен: то ли получится, то ли нет. Ведь ни у кого из уважаемых участников, если говорить начистоту, нет необходимого опыта работы в данной области. К тому же мы не собираемся копировать природный каучук. Всякая новая



модификация синтетического каучука не просто воспроизводит те или иные качества естественного продукта, но приносит новый комплекс свойств, которых нет ни у природного вещества, ни у других искусственных каучуков. Неизвестность! Риск! Быть может — провал. Вот что нас ждет.

Уважаемые участники важно кивали головами, чем-то напоминая заговорщиков. Участниками были А.И.Якубчик, ассистент и секретарь шефа, С.Г.Кибиркштис, лаборант, В.П.Краузе и я — аспиранты Лебедева, И.А.Виноградов-Волжинский, ассистент лаборатории химии нефти и угля Ленинградского университета, супруги А.В. и Ф.Н.Вороновы — москвичи, работавшие на опытной станции завода «Бога-тырь», где работала установка по производству дивинила (бутадиена) методом И.И.Остромысленского. Если первенство в производстве синтетических красителей, лаков и основанных на них лекарственных средств в начале века, бесспорно, принадлежало Германии, то Россия могла по праву гордиться своей химией ненасыщенных углеводородов. Именно на эту отечественную традицию мы имели возможность опереться.

По условиям конкурса, искусственный каучук должен был фабриковаться из своего, отечественного сырья — доступного и недорогого. Речь могла идти о нефти, древесине (скипидар) или сельскохозяйственном сырье (спирт). Наиболее перспективным исходным веществом для получения синтетического каучука считался бутадиен. Другим кандидатом был изопрен, который добывали из скипидара. Выяснилось, однако, что всего производства скипидара в стране не хватит для того, чтобы обеспечить сырьем хотя бы один каучуковый завод. Изопрен отпал.

Оставался бутадиен; но из чего же его добывать? Из нефти или из спирта? Выход дивинила из нефти невелик — от силы пять весовых процентов. Прибавьте к этому трудную и хлопотную технологию, сложную процедуру разделения фракций. Лебедев решил оставить нефть в резерве, а для начала воспользоваться спиртом, который в те времена изготавливался почти исключительно из картошки. С одного гектара картофельного поля, как показывали расчеты, можно было получить столько же каучука, сколько его дает один гектар тропических каучуконосов.

Конечно, переработкой картофельного крахмала мы не занимались. Лаборатория получала готовый 96-градусный спирт со склада Военно-медицинской академии. Но этим, собственно, и ограничивалось все наше обеспечение. Только молодостью и верой в нашего учителя можно объяснить ту нерассуждающую готовность, с которой мы взялись за выполнение проекта, достаточного для того, чтобы загрузить работой на несколько лет небольшой научно-исследовательский институт.

Нужно было научиться отщеплять от молекулы этилового спирта одновременно частицу воды и атомарный водород. Нужно было сложить из остатков спиртовой молекулы молекулу дивинил. Дивинил нужно было полимеризовать — соединить звенья в цепочку. Наконец, нужно было изучить условия переработки полимера в резину. Легко сказать...

Была одна центральная трудность, от решения которой зависело все остальное: катализатор. Требовалось найти безотказный полифункциональный катализатор, способный одновременно отщеплять от спирта воду и водород. И этот же катализатор должен был сростить осколки, в каждом из которых по два углеродных атома, создав новую молекулу с четырьмя атомами С. Чтобы не повторять известное из специальной литературы, скажу сразу, что Лебедев воспользовался дегидратирующе-дегидрирующим катализатором, который носит теперь его имя. Пары спирта пропускали через трубку с катализатором, помещенную в электрическую печь, и затем охлаждали, причем остатки спирта и тяжелые фракции собирали в колбу, а газ выходил через отводную трубку. Этот газ и был предметом наших вожделений. Он представлял собой в основном смесь водорода, этилена, окиси углерода и дивинила.

Газ пропускали через трубу, забитую коксом и орошаемую скипидаром. Дивинил растворялся в скипидаре; путем отгонки его можно было выделить из скипидара в чистом виде. Задача — добиться, чтобы степень превращения спирта в дивинил была максимальной.

Уже через несколько недель после начала опытов стало ясно, что даже вдвое большего срока не хватит, если работа лаборатории не будет подчинена самому жесткому, прямо-таки военному распорядку. Вот когда пригодился педантизм нашего шефа! Все было расписано по минутам. Начало рабочего дня в 9 утра, конец — в 11 вечера. Выходные дни, праздники — отменяются.

В большом лабораторном зале стояли три печи разной величины, как три медведя в сказке Толстого. Первая печь-малютка, длиной около 20 сантиметров, была предназначена для предварительного испытания различных вариантов катализатора; каждый такой опыт длился час или полтора. Если он был удачен, пробу повторяли во второй печи, которая была раза в три длиннее. Здесь продолжительность опыта составляла два-три часа. Наконец, в третьей, самой большой печи, длиной в полтора метра, реакция шла пять часов. На этом испытание катализатора заканчивалось, и он вводился в основную рабочую установку, которая пропускала за сутки один литр спирта.

Газ, выходящий из печи, нужно было охладить (температура кипения дивинила — минус 4°C). Холодильника у нас не было, да и вообще техника охлаждения была в то время примитивной. Мы рубили лед на Неве, покупали в магазине соль — смесь льда с солью, как известно, способна понизить температуру среды до -21°. В иные дни в лабораторию приходилось натаскивать до полусотни ведер колотого льда.

То и дело перегорала обмотка электропечей. Обмотка — дело довольно деликатное: не так легко поддерживать одинаковый температурный режим по всей длине печи. На Александровском рынке приобретали трубы, проволоку, арматуру. Ведь лабораторию, само собой разумеется, никто не снабжал ни оборудованием, ни подсобными материалами.

Мы трудились уже несколько месяцев, но ничего путного не получалось. Это сейчас я рассказываю как о чем-то само собой разумеющемся, что дивинил выходил из печи в смеси с другими газами, что его нужно было вылавливать с помощью скипидара. Вначале думали, что при температуре -21° он соберется в приемнике. Но в первых крупных опытах с уже, казалось бы, апробированным катализатором выход нужного нам продукта вообще отсутствовал. Дивинил не конденсировался. Пришлось реконструировать установку, присоединить две трубы, орошаемые скипидаром.

Наконец, осенью 1927 года нам удалось получить первые 200 г жидкого дивинила ректификата. Это был день торжества! Мы чувствовали себя как адепты вокруг наставника, добывшего после долгих трудов и бдений вожделенную ал-



химическую тинктуру. Никто из нас до этого никогда не держал в руках и даже не видел настоящий «живой» дивинил. Драгоценный продукт оставили до утра в закупоренной толстостенной посуде. Ночь была холодной; колбу выставили за окно между рамами. Утром приходим — колба пуста. Дивинил улетучился сквозь пробку... Пришлось все начинать сначала. Наученные горьким опытом, мы стали искать другую тару. Кто-то предложил попробовать бутылки из-под лимонада, способные выдерживать давление до 15–18 атмосфер. В такой бутылке можно было и хранить, и полимеризовать наш дивинил.

Главная задача была решена: основной продукт мы добыли. Для поисков оптимального способа полимеризации времени уже не оставалось. Решили использовать метод, описанный в литературе, — с металлическим натрием. Выглядело это так. В бутылку налили дивинил, вогнали в нее натриевую проволоку. Горлышко закупорили пропитанной парафином корковой пробкой, сверху положили трехкопеечную монету, прикрутили ее снаружи толстой проволокой, как в бутылках шампанского. Внутри, вокруг серой натриевой проволоочки, постепенно обозначилось что-то вроде красноватого ореола. Дивное фиолетовое существо росло у нас на глазах, похожее на моллюска или на какой-то фантастический морской овощ. Как кочан капусты растет, изнутри раздвигая капустные листья, так и дивинил проникал сквозь слой уже образовавшегося на натриевой проволоке каучука, разрывая его. Надо было как-то назвать этот процесс, и мы окрестили его «капустизацией».

«Капустизация» продолжалась чуть больше недели. К исходу восьмого дня жидкости в сосуде не было. Сквозь полупрозрачную массу просвечивала разлохмаченная натриевая проволока, окутанная фиолетовым ореолом. Бутылку охладили. Открутили наружную проволоку, штопором извлекли пробку. Пришлось сконструировать специальное приспособление — Сергей Васильевич назвал его «абортным инструментом», — чтобы извлечь нашу добычу, полупрозрачное упругое вещество, немного напоминающее вареный хрящ. Мало-помалу запас СК увеличивался, каждую неделю мы добавляли к нему очередную порцию, как Скупой рыцарь сыпал в сундук свои монеты...

Не успели оглянуться, уже конец ноября. Декабрь. Нас терзали сомнения. Ведь последнее условие конкурса — отработка технологической схемы для промышленного производства — оставалось невыполненным. Не могло быть и речи о том, чтобы сейчас заниматься еще и этим. Чего доброго, получим от ворот поворот с нашим «диолефином» (девиз, выбранный нами для конкурса). И изнурительный марафонский бег окажется напрасным. С тяжелым сердцем вечером 29 декабря, когда до отхода московского поезда оставалось уже каких-нибудь два часа, мы собирали документы, упаковывали каучук. Ровно два килограмма. Присели перед отъездом. Потом проводили Валю Краузе на вокзал.

Как выяснилось позже, на конкурс прислали пять работ. Группа профессора Б.В.Бызова представила образец синтетического каучука из нефтяного дивинила. Два исследо-

вания были посвящены извлечению каучука из растительного сырья. Наконец, какой-то изобретатель-самоучка из Италии прислал кусочек каучукоподобного материала, якобы полученного из изопрена. Три последние работы не удовлетворяли условиям конкурса, и комиссия отвергла их, не рассматривая. Остались лаборатории Лебедева и Бызова. И мы, и они выполнили все условия, кроме одного, поэтому комиссия решила рассмотреть наши работы.

Девятого февраля 1928 года в Ленинград приехали члены конкурсного жюри. Их было четверо: инженер-химик А.А.Иванов, профессор О.А.Зейде, профессор В. П.Кравец и инженер В.П. Сорокин. Председатель жюри профессор А.Е.Чичибабин приехать не смог. Гости обошли лабораторию, долго листали лабораторные журналы, особое внимание уделяли, естественно, катализатору. Членам жюри вручили в запечатанном пакете пробу катализатора для последующего анализа. После этого катализатор загрузили в реактор и оставили греться до утра. Назавтра в восемь часов все снова собрались в лаборатории.

Нужно было проверить еще качество спирта — нашего исходного материала. Вкус и запах не вызывали сомнений, но для полной уверенности жюри решило проверить точку кипения. Сто граммов спирта налили в перегонную колбу и начали кипятить на «чижике» — применявшейся в то время бензиновой горелке. Спирт закипел, как положено, при 78 градусах, а затем, ко всеобщему недоумению, столбик ртути в термометре пополз выше — 90°... 100°... Вот так номер. Члены жюри переглянулись. Сергей Васильевич Лебедев нервно расхаживал по комнате, глядя в пол и бормоча: «Вредительство!..» Температура в колбе поднялась до 130 градусов, но тут кончился спирт. Я подошел к Сергею Васильевичу и сказал, что перегонка шла на слишком сильном пламени. Пары спирта перегрелись, и термометр дает завышенные показания. Хорошо еще, что колба не взлетела на воздух.

— Вздор! — прорычал. Лебедев.— Перегрев может быть на два-три градуса, не больше...

Все же он разрешил повторить перегонку. Налили новую порцию и стали греть на водяной бане. На этот раз обошлось, спирт кипел в одной точке, и все — экзаменаторы и экзаменуемые — вздохнули с облегчением. Так в анналы нашей лаборатории вошел анекдот о том, как три профессора химии не могли перегнать спирт.

Наконец, дивинил получен и разлит по лимонадным бутылкам; в бутылки добавили натрий, закупорили; лабораторию опечатали. Часы показывали сколько-то минут седьмого, на дворе было еще совсем темно. Контрольный опыт длился 22 часа без перерыва. Комиссия отбыла в Москву. Через восемь дней она возвратилась. С комнаты сняли печать. В бутылках был каучук. Жюри удостоило «диолефин» первого места (результаты группы профессора Бызова уступали нашим) и присудило нам премию. Правда неполную — 25 тысяч рублей вместо 100 тысяч — из-за отсутствия технологической разработки.



Изопреновый каучук: новая технология



ТЕХНОЛОГИИ

Н. П. Кузнецова

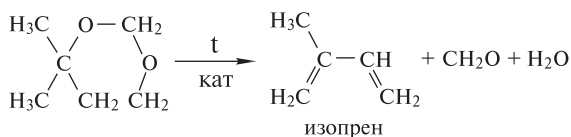
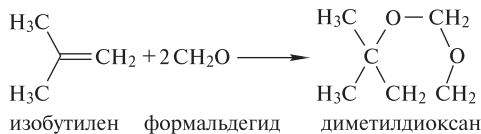
Внедрить новые химические технологии непросто. Ведь, к сожалению, для этого недостаточно провести научные исследования и придумать инженерно-технические решения. Нужно желание что-то поменять к лучшему, нужны люди, способные продвигать эти технологии. Яркий пример — производство изопрена, сырья для производства синтетического каучука.

С тех пор как Христофор Колумб привез в Европу эластичный мяч из «древесной смолы», которую индейцы называли «каучу» — слезы млечного дерева, она стала столь же необходима людям, как глина, металлы и стекло. Но природные запасы чудо-смолы ограничены, да и распределены по планете неравномерно, что естественным образом ставило одни страны в зависимость от других. Все это можно было бы пережить, если бы в начале XX века не начала бурно развиваться автомобильная промышленность. Шины поглощали четыре пятых всего добываемого каучука, и его катастрофически не хватало. Синтетический аналог каучука стал необходимостью. Советские инженеры решили эту задачу: первый в мире завод бутадиенового каучука был пущен в 1932 году в СССР. Бутадиеновый каучук (сырьем для него служит бутадиен) очень хорош по многим параметрам, но все же не может полностью заменить натуральный.

Вскоре появилась технология получения изопренового каучука. Это

было большим шагом вперед — изопреновый каучук гораздо ближе по свойствам к натуральному, чем бутадиеновый. Сегодня существуют и другие разновидности синтетических каучуков: бутандиенстирольные, галобутилкаучуки, акрилатные, силоксановые... Только в России их получают более 1550 тыс. тонн в год, в том числе 408 тыс. тонн изопренового. Все синтетические каучуки немного различаются по свойствам, и потому каждый имеет свою специализацию. Однако изопреновый каучук по эластичности ближе всего к натуральному и считается его наилучшим заменителем. Кстати, из-за дороговизны Россия почти не закупает натуральный каучук (доля импорта всего 9%), а заменяет его изопреновым, который успешно экспортирует.

Выпуск изопренового каучука впервые в мире наладили в СССР в 1964 году. С тех пор основной способ получения изопрена — двустадийная технология из изобутилена и формальдегида. На первой стадии образуется 4,4-диметил-1,3-диоксан



1

Классическое получение изопрена

(ДМД), а на второй его выделяют и разлагают, возвращая альдегид на первую стадию (рис.1).

Надо сказать, что процесс, который используют в промышленности более 40 лет не очень эффективен. Дело в том, что на первой стадии вместе с ДМД образуются диоксановые спирты и выход этих побочных продуктов достигает 20–22% от объемов исходного сырья, а вторая стадия (разложение ДМД при 350°C) очень малоэффективна и экологически небезопасна. Поэтому технологи все время пытались найти другие решения.

Неплохой альтернативой стала технология одностадийного синтеза из тех же исходных продуктов, но без стадии выделения и разложения промежуточных продуктов.

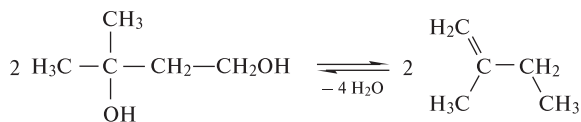
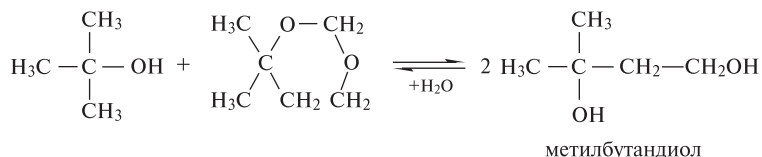
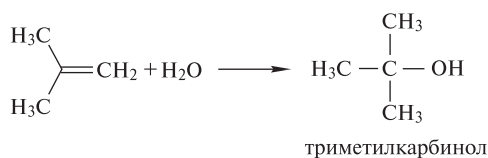


Именно эту технологию предлагает японская фирма «Курарей». Аналогичные технологии разрабатывают и у нас — на НПП «Ярсинтез».

Одностадийная технология требует меньше энергозатрат (ведь ДМД больше не надо разлагать), но существенного повышения селективности так и не происходит. Кроме того, этот способ требует достаточно сложной конструкции реактора, работающего в агрессивной среде, при температуре около 200°C и повышенном давлении. Поэтому поиски более совершенной технологии продолжались.

В Санкт-Петербурге под руководством доктора технических наук А. С. Дыкмана (ОАО «ВНИИНефтехим», ООО «Еврохим-СПб-Т») создали новую жидкофазную технологию синтеза изопрена. Исходным сырьем служат формальдегид или ДМД и триметилкарбинол (ТМК). В чем же новизна? При повышенной температуре (больше 150°C) триметилкарбинол легко дегидратируется, и в результате образуется изобутилен с высокой концентрацией в реакционной среде (рис.2).

При таких условиях изобутилен успевает прореагировать с основной частью ДМД, не вступая во взаимодействие с продуктами реакции, —



2

Новый способ получения изопрена

поэтому и мало побочных продуктов. Так получается очень чистый изопрен практически без отходов — то, чего не достигли технологии предшествующих поколений. Еще одно преимущество в том, что требования к сырью весьма невысокие — можно использовать изобутиленсодержащую фракцию. Изопрен по новой технологии можно получать на установке, до этого работавшей по старому диоксановому методу, с некоторой ее реконструкцией. При этом производительность установки увеличивается в два раза.

Как мы уже упоминали в начале статьи, новую технологию недостаточно придумать. Многие неплохие идеи до сих пор ждут своего часа. Технологию производства изопрена удалось реализовать в 2006 году на ОАО «Нижнекамскнефтехиме» благодаря генеральному директору доктору экономических наук В.М.Бусыгину и главному инженеру кандидату технических наук Х.Х.Гильманову. Задача была действительно непростой. Ведь проблема не только в том, что собственных новых нефтехимических технологий у нас мало. За после-

дние 20 лет практически ликвидированы отраслевые институты и опытные заводы, поэтому производственники сегодня должны браться за внедрение без длительных опытно-промышленных испытаний на пилотных установках. Риск неудачи при таком сценарии очень велик, поэтому можно сказать, что руководство комбината и его технические специалисты проявили решительность и смелость, когда взялись за это дело.

Сегодня благодаря новому жидкофазному процессу производительность завода по изопрену увеличилась почти в два раза. Снизилось содержание микропримесей в изопрене — поэтому на стадии полимеризации расходуется на 10% меньше катализатора. В три раза сократился выброс сточных вод и в десять раз — вредных газообразных веществ.

Соответственно улучшились показатели по сырью и энергозатратам. Если учесть, что ОАО «Нижнекамскнефтехим» выпускает практически половину всего производимого в России изопренового каучука, то масштабы экономии становятся яснее. Ожидаемый срок окупаемости капиталовложений — около двух лет, а годовой экономический эффект работы установки составляет более миллиарда рублей.

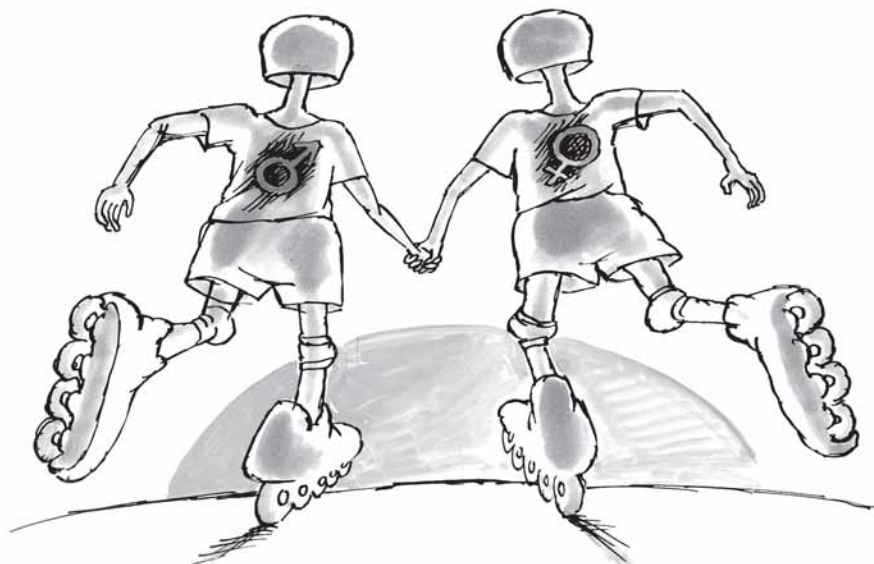


О подписке

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки с доставкой по РФ — 600 рублей за полгода (при получении в редакции — 480 рублей).

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; «МАП» (Почта России), индексы 99644 и 99645. Кроме того, обращайтесь в агентства «Урал-пресс», uralpress.ur.ru; «Информнаука» (495) 127-91-47, www.infomnauka.su; «Артос-Гал», (495) 981-03-24 и другие.



Микроволновка — химический реактор



ТЕХНОЛОГИИ

Низшие олефины (этилен, пропилен и др.) получают в основном термическим пиролизом углеводородов в трубчатых печах. Это хорошо освоенный процесс, но его все время пытаются усовершенствовать — хочется, чтобы выход нужных продуктов был побольше, а кокса и тяжелых смол получалось меньше. Сегодня наступил век новых методов. Таких, например, как обработка реакционной смеси физическими полями — акустическими, электромагнитными, микроволновыми.

Впервые микроволновое излучение для проведения органического синтеза начали использовать в 1979 году Э.Уолл и Р. Дамрауэр. Именно тогда вышли их первые работы, доказывающие, что этот вид энергии ускоряет многие химические реакции. Вскоре выяснилось, что практически все реакции — алкилирование, арилирование, гидролиз, гидросилирование, декарбокислирование, изомеризация, окисление, сульфирование, этерификация, синтез гетероциклов — ускоряются при этом в десятки и сотни раз по сравнению с традиционными способами. Во многих случаях увеличиваются селективность и выход нужных продуктов.

За последние 15–20 лет микроволновое излучение начали использовать и для пиролиза углеводородов. По литературным данным, эффект от него и от других полей примерно такой же, как и от катализаторов: пиролиз идет быстрее, целевых продуктов получается больше, а смол меньше. Кроме того, оказалось, что предварительная микроволновая обработка катализатора и исходных материалов также улучшает процесс.

До сих пор не очень понятно, как именно микроволновое излучение влияет на механизм реакции. Многие исследователи предполагают, что результат достигается за счет высокой скорости нагрева и объемного теплового эффекта. Однако в большинстве случаев эффект от действия микроволнового излучения так велик, что объяснить его только тепловой составляющей достаточно сложно. Поэтому сегодня высказывают предположения о других механизмах и обсуждают «нетермические» составляющие эффекта микроволнового воздействия.

Так, например, нетермический эффект микроволнового излучения проявляется, если предварительно обработать исходное сырье (прямогонную керосиногазойлевую фракцию) перед каталитическим пиролизом. Тогда выход газовых продуктов, этилена, пропилена и непредельных углеводородов вырастает примерно в полтора раза, а выход кокса уменьшается. Авторы исследования — ученые Московской государственной академии тонкой химической технологии — предполагают, что излучение как-то изменяет физико-химические свойства сырья.

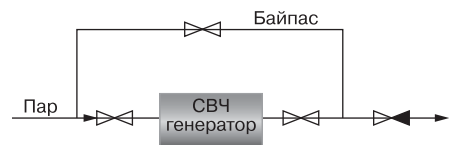
Изучив литературные данные, в НИЦ им. Н.Тесла (www.teslacentr.ru) решили модифицировать эксперимент. Пиролиз углеводородов проходил, как обычно, в лабораторном реакторе трубчатого типа — это кварцевая труба длиной 900 мм и внутренним диаметром 20 мм. Реактор обогревали по всей длине (температура 845°C). Сырье пиролиза и воду, предварительно обработанную микроволновым излучением, нагревали до 350–450°C и перед подачей в реактор смешивали.

Если исходным сырьем служит прямогонный бензин, то предварительная обработка воды микроволновым излучением приводит к тому, что этилена и пропилена образуется на 10 и 7% больше, бензола — на 24%, а неароматических углеводородов, тяжелой смолы пиролиза и кокса на 37% меньше. Оказалось, что можно в качестве сырья использовать и более тяжелый прямогонный бензин — с высокой температурой конца кипения и с большим содержанием ароматических углеводородов, чем в обычном прямогонном бензине.

Когда сырьем пиролиза были бутановая фракция и этан, результаты также получались существенно лучше — этилена и пропилена образовывалось на 7% и 3% больше, а кокса на 23% меньше.

Лабораторные испытания были настолько обнадеживающими, что ученые НИЦ им. Н.Тесла пошли дальше — провели опытно-промышленные испытания на этиленовой установке ОАО «Нижнекамскнефтехима». Была сделана установка для СВЧ-активации пара мощностью 5–10 кВт, которую установили непосредственно перед печью на паропроводе (рис.).

Новое решение позволило отказаться от магнетронов большой мощности и заменить их магнетронами малой мощности с постоянными магнитами — это значительно снизит массу, раз-



меры установки и расходы на эксплуатацию. К тому же схема построена таким образом, что при поломке легко заменить любую часть установки. Можно также подключать несколько магнетронов, чтобы увеличить мощность обработки. Такой СВЧ-излучатель может работать круглосуточно, с жидкостями или газом.

Кому-то проценты увеличения выхода могут показаться небольшими. Но если прикинуть в цифрах, то они окажутся весьма внушительными. Так, если взять для расчета производительность ОАО «Нижнекамскнефтехима» по производству этилена во втором полугодии 2007 года и посчитать всю прибыль, которая получится при внедрении новой технологии (учитывая прирост всех полезных продуктов), то за год наберется 1,6 млрд. руб.

Надо иметь в виду, что эффект получается комплексный. Использование этой технологии в промышленности приводит не только к увеличению выходов целевых продуктов пиролиза и более высокой конверсии сырья, но это, в свою очередь, снизит затраты на переработку продуктов. Кроме того, уменьшение смоло- и коксообразования увеличивает срок службы печей. При этом в образующемся коксе становится больше углеродистых соединений с относительно низкой температурой разложения, что дает более качественный и полный окислительный выжиг. И еще один плюс — при такой технологии можно использовать прямогонный бензин с более высокой температурой конца кипения без потерь по выходам целевых продуктов.

**А.И.Румянцев
А.Д.Свинцов**

Коммуникация животных: от стимула к символу

Кандидат биологических наук

В.С.Фридман

В предыдущих статьях мы рассказывали о том, что близкие виды, как правило, используют для общения гомологичные демонстрации (то есть сходные и имеющие общее происхождение). Но гомологичные демонстрации могут функционировать по-разному: у одного вида, обычно более древнего, это могут быть сигналы-стимулы, у более молодого — сигналы-символы. (Первые выражают только внутреннее состояние, или мотивацию животного — уровень страха, агрессии, полового возбуждения и т. д. — и вызывают у других особей стереотипные ответные реакции. Сигналы-символы адресованы вовне — они несут другой особи информацию о каких-либо важных явлениях окружающего мира, например о нахождении пищи или приближении опасности. Их значение не зависит от состояния «передающей» и «принимающей» особи.)

Естественно предположить, что сигналы-символы развиваются из сигналов-стимулов в ходе эволюции. Каким образом это может происходить?

Очевидно, что эволюционная история всякой системы сигнализации начинается с сигналов-стимулов. Вне системы социальных связей все мы — «эгоистические индивиды», способные сообщать лишь о своем состоянии и о событиях в узком секторе контролируемого пространства. Но такие сигналы дают возможность другим особям узнать, как выглядит ситуация с иных точек зрения, и благодаря этому возникают социальные отношения. Затем сигналы совершенствуются отбором, поскольку передавать и получать объективную информацию полезней, чем действовать на основании несигнальных факторов, таких, как «давление» партнера и «подталкивание» собственными эмоциями изнутри.

В книге американского антрополога Теренса Дикона (Deacon T., 1997. *The symbolic species: The co-evolution of language and the human brain*: London) описан следующий эксперимент. Испытуемому предлагали выбрать из двух кучек конфет большую или меньшую, но выбранное отдавали другому. Нетрудно догадаться, что в такой ситуации (пронаблюдая разок-другой поведение экспериментатора) выгодно схитрить и выбрать меньшую кучку. Но обезьяны и дети младше двух лет до такой хитрости не додумывались: раз за разом они выбирали большую и раз за разом огорчались. А вот шимпанзе, хотя им предлагали не сами конфеты, а цифры (которые их ранее научили соотносить с количествами), делали выбор, опираясь на «сознание», а не на эмоции: выбирали меньше конфет и получали больше.

Можно предположить, что в ходе эволюции животные «учатся» избегать подобных ошибок: передавать друг другу информацию и выбирать поведение на основе полученной информации. Сигналы превращаются в знак, сообщающий об опре-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

деленной градации ситуации (например, о степени опасности) или о программе поведения, запуск которых разрешит именно данный конфликт интересов.

Имеются ли доказательства такой эволюции сигнальных систем? Мы уже убедились на примере сурков, что при переходе от более древних видов к молодым репертуар сигналов обогащается, они становятся более дифференцированными. Рассмотрим эволюционное формирование сигналов-символов на примере другого рода наземных грызунов — сусликов.

Значение свиста и щелбета

У сусликов рода *Spermophilus* из Северной Америки, есть два основных типа сигналов, предупреждающих об опасности, — свист и трели, или щелбет. Бывают также промежуточные сигналы — серии звуков, первый из которых часто представляет собой «чистый свист», а дальше следуют трели. Но даже если промежуточные сигналы имеются, крайние варианты ряда — свист и трели — альтернативны друг другу: в определенных ситуациях употребляется только один из этих сигналов. Примечательно, что подобной альтернативности нет у более древних евроазиатских видов сусликов, за исключением арктического *S. parryi* и азиатского *S. undulatus*, родственным североамериканским видам (Никольский А.А. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. М.: Наука, 1984).

Североамериканский суслик Белдинга *S. beldingi* издает трель, когда опасность невелика — угрожающий объект далеко и приближается медленно (см. «Химию и жизнь», 2009, № 10). При близкой, быстро возрастающей опасности (появлении атакующего хищника) он свистит. Трели и свист здесь маркируют разные уровни беспокойства животного и лишь косвенно — разную степень опасности. Сигнальная система вида еще не различает наземных и воздушных хищников.

У более продвинутых видов те же самые два типа сигналов стали относиться к качественно разным типам опасности. Ка-

Окончание. Начало в № № 9, 10.

лифорнийский суслик *S. beecheyi* издает свист в ответ на появление опасности с воздуха, щебет — в ответ на угрозу наземного хищника (это показано в работах Кристофера Эванса и других).

Казалось бы, перед нами система общения, где тип сигнала кодирует категорию потенциальной опасности. Но более тщательный анализ показывает, что это не совсем так. Обычно суслики обнаруживают воздушного хищника лишь на самой короткой дистанции (чаще всего в начале попытки броска), а собак, лис, койотов замечают на значительном расстоянии. Однако суслики, увидевшие воздушных хищников еще издали, в этих редких случаях издают трель, а столкнувшиеся с наземным хищником вблизи — свист. Следовательно, сигналы в то же время указывают на уровень страха. В такой промежуточной системе коммуникации знак еще не полностью отделился от пантомимы: одни и те же сигналы передают общезначимую информацию об опасности и выражают степень страха животного. Фактически сигнал обозначает, насколько срочно нужно реагировать на опасность (по «мнению» кричащей особи, которое может и не соответствовать положению другого суслика), но он не «называет» тип опасности. Это сильно снижает эффективность коммуникации: сигналы здесь остаются стимулами.

Еще один родственный вид, арктический суслик *S. parryi* также предупреждает о наземных хищниках трелью, а свистом — о нападении с воздуха. Но характер сигнала почти не зависит от расстояния до опасного объекта. Арктический суслик свистом реагирует на появление хищных птиц, а если враг остается в поле зрения, число свистов увеличивается до восьми. Когда пернатый хищник (болотная сова) опускается рядом со зверьком, тот все равно издает свист, а не трель. С другой стороны, суслики реагировали трелью на сокола, когда тот ходил по земле.

Напротив, у видов с менее специализированной системой сигналов (у суслика Белдинга, в меньшей степени у калифорнийского) свист нельзя считать обозначением хищной птицы. Суслики Белдинга в 17 случаях из 126 издавали свист в ответ на появление самых разных млекопитающих, когда те резко двигались или близко подходили к сусликам: на рысь, койота, американского барсука и чернохвостого оленя. Следовательно, сигналы примитивных видов сусликов только кажутся сигналами разных типов ситуаций. На деле они отражают разные уровни страха или стресса в опасной ситуации, которые часто — но не всегда — сопряжены и с разными типами опасностей.

А что, если такой эксперимент провести с арктическим сусликом, связав резкие движения с наземным хищником (в природе это бывает достаточно редко): сохранится ли специализация сигналов? Например, если человек неожиданно появится вблизи зверька и бросится к нему или издали кинет в зверька предмет, имитируя нападение с воздуха?

Специализация сигналов сохранилась. Ни на какие действия наблюдателя с дальнего расстояния животные не ответили свистом ни в одном из 41 случая. Резкие движения наблюдателя с близкого расстояния вызывали исключительно разнообразные реакции у разных особей. Суслики «ошиблись», издав свист, лишь в восьми случаях из 29, еще в четырех случаях реагировали серией звуков, в которых первым был свист, а последующие представляли собой трель. В остальных случаях резкие движения наблюдателя были верно идентифицированы как «тревога от наземного хищника» (Никольский, 1984).

Итак, мы видим, что два последовательных этапа эволюции систем сигнализации «сделаны» на базе гомологических демонстраций. Все виды сусликов общаются собратями об опасности с помощью свистов и щебета. Но у примитивных видов эти звуки скорее указывают на степень страха, чем на тип опасности. Сигналы продвинутых видов указывают на разные типы хищников независимо от уровня страха, то есть

«символизируют» такую достаточно абстрактную переменную, как объективная степень опасности.

Отсюда мы можем сделать вывод, что примитивные виды сусликов в тревожной ситуации используют сигналы-стимулы — индивидуальную пантомиму, выражающую состояние и намерения особи, а продвинутые — сигналы-символы, знаки ситуаций. Совокупность же сигналов-символов представляет собой семиотическую систему, то есть язык, и к ней относится все то, что обычно пишут про язык, включая произвольность знаков и пр. Как и тревожные сигналы верветок («Химия и жизнь», 2009, № 10), разные сигналы сусликов указывают на разные типы потенциальных опасностей. Но самое интересное — они могут указывать на разные категории стрессорирующих ситуаций.

Дело в том, что у многих наземных беличьих те же сигналы предупреждения об опасности используются и в конфликтах между особями, и точно так же обозначают «степень проблемности» ситуации, созданной появлением противника, и «степень неотложности» ответных действий. Вместо приближения опасности — агрессия противника, вместо оповещения и бегства в укрытие — развертывание ответной агрессии, но сигналы те же самые! Это еще раз подтверждает, что мы наблюдаем не знаковые стимулы, а настоящие знаки. Общность значений сигналов об опасности и предупреждений противнику обнаружена также у белок рода *Sciurus*, у красных белок *Tamiasciurus hudsonicus*, арктических и ютасских сусликов *Sp. armatus* (Никольский, 1984).

Для особи и для сообщества

Сравнительный анализ эволюции систем предупреждения об опасности четко демонстрирует, что во всех группах развитие сигналов тревоги идет именно так: в направлении от стимула к знаку. Это показано для птиц, наземных беличьих, низших обезьян (марышки, тамарины, игрунки), для таких социальных грызунов с дневным образом жизни, как большая песчанка или полевка Брандта. Сигналы-стимулы, которые в ритуализованной форме выражают конфликт побуждений «продолжать кормиться, тревожиться или уже бежать», преобразуются в системы сигналов-символов.

В работе Эрин Шелли и Даниэля Блумстейна из университета Калифорнии в Лос-Анджелесе (E. Shelley, D. Blumstein, 2005) изучено 209 видов из 17 родов разных семейств грызунов, у которых имеются сигналы предупреждения об опасности. Чтобы точно определить, какие виды относятся к эволюционно древним, а какие более продвинуты, использовали филогенетические деревья родов, построенные по данным молекулярной систематики (то есть независимым методом). Во всех случаях недифференцированные системы сигнализации фиксируются у предковых видов, а более дифференцированные — у продвинутых.

Что означают эти различия сигнальных систем для сообщества в целом? В примитивной системе сигнализации тревожный сигнал-стимул скорее удерживает хищника от нападения, чем сообщает об опасности. Звуки, издаваемые потенциальной жертвой, показывают хищнику, что он обнаружен, и побуждают его отказаться от охоты. В дифференцированной системе сигнализации отдельные сигналы — это знаки, указывающие на принципиально разные внешние проблемы, которые появление того или иного хищника создает для сообщества сусликов.

Именно для сообщества, не для отдельной особи. Как успешно будет убежать конкретный зверек, который находится на определенном расстоянии от хищника, зависит от его уровня осторожности и готовности прервать кормление ради бегства. Для всех сусликов, которые находят на разных расстояниях от хищника и не все одинаково встревожены, важнее узнать о типе хищника и характере нападения. Следовательно, сигнал не будет равно действенным для всех

членов группировки, если он выражает только субъективную оценку опасности: у каждой особи она своя. Если же сигнал имеет специфическое действие, общее для всех членов группировки (несмотря на значительные различия контекста), то он предназначается сообществу в целом.

Чтобы подчеркнуть качественные изменения формы, функции и способа действия сигналов при специализации сигнальной системы, известное этологическое понятие «ритуализации» должно быть дополнено понятием «означивания», которое впервые предложил известный орнитолог, доктор биологических наук Г.Н.Симкин (МГУ). Ритуализация — это начальная стадия образования демонстраций из экспрессивных действий животного (см. «Химию и жизнь», 2009, № 10), означивание — завершающая стадия того же процесса, совершенствование уже образованных демонстраций. На этой стадии пантомима превращается в знак, воздействие сменяется информированием.

Различать в эволюции сигналов ритуализацию и означивание важно еще и потому, что превращения пантомимы в знак сплошь и рядом происходят в человеческой коммуникации. Например, когда образуется жестовый язык глухонемых в сообществе, где прежде подобный язык отсутствовал.

Так, до свержения диктатуры Сомосы в 1979 году глухие в Никарагуа были изолированы друг от друга, языку их никто не учил. Победив, сандинисты открыли первые школы, но детей в них пытались обучать чтению по губам и говорению. Так можно научить слабослышащего, глухого — никогда. Однако дети сами изобрели систему коммуникации, основанную на жестах собственного изобретения, которые они использовали в семьях. Данная система закрепились и стала называться «никарагуанским жестовым наречием» (НЖН). Это типичный пиджин: каждый использует его по-разному, «говорящие» больше опираются на перефразирование и наводящие слова, чем на постоянную грамматику. Жесты похожи на жесты слышащих людей — они «обрисовывают» ситуацию. Но когда в школе появились дети четырех-пяти лет, у которых еще не закончился «чувствительный период» овладения языком, а число общающихся между собой глухих превысило двухсот человек, жестовое наречие претерпело существенные изменения и превратилось в никарагуанский жестовый язык (НЖЯ). Видеозаписи этого языка можно найти в Интернете (http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/07/2/_I_072_04.html).

Жесты стали менее иконичными, более стандартизованными, приобрели дискретность (т.е., в отличие от пантомимы, в этой системе, как в любом настоящем языке, нет плавных переходов от одного знака к другому). Вместо целостного обозначения ситуации стали использоваться комбинации жестов. Это позволило описывать большее количество ситуаций — уже не нужно было придумывать и запоминать жесты для каждой из них. «Речь» стала более беглой и компактной. Например, носитель НЖН делает жест «говорить с кем-нибудь», а потом проводит рукой от своего местонахождения к месту, где находится слушатель. Носитель НЖЯ изменяет сам жест, сокращая его до одного движения между двумя точками, изображающими собеседников. По сути, этот прием идентичен изменению окончания у глагола при согласовании в устных языках. В результате сильно повысилась выразительность. Ребенок может посмотреть сюрреалистический мультфильм и «пересказать» его другому ребенку, вызвав у него соответствующее впечатление. Дети начинают использовать этот язык в шутках, стихах, рассказиках из жизни, и он цементирует возникшее сообщество (Стивен Пинкер. Язык как инстинкт. 2004).

В символических формах человеческой коммуникации переход от ритуализации к означиванию можно наблюдать постоянно. Так, папуасы эйпо на западе Новой Гвинеи плетут сетки для переноса предметов и меняют их на каменные топоры, которые изготавливают за пределами зоны расселения

эйпо. Плетение сеток — немалый труд, и они высоко ценятся. Некоторые сетки разукрашивают: вплетают в них волокна орхидей, создавая узор из цветных линий. Такие изделия ценятся еще больше — в особенно крупные и тщательно сработанные сетки мужчины наряжаются во время танца, иногда добавляя к ним перья, которые носят на спине.

Это — ритуализация: вещь из сферы индивидуального быта переходит в сферу социального ритуала, изменяется уже в связи с потребностями последнего (это в основном потребности сигнализации о чем-либо). Народ ин обитает по соседству с эйпо и говорит на другом языке той же языковой группы. Ин довели танцевальные сетки до такого совершенства, что их нельзя использовать для переноса предметов.

То же самое происходит на Новой Гвинее и с каменными топорами. К их изготовлению часто прилагают столько усилий, что топор теряет свое исходное предназначение. Его тщательно полируют, рукоятку покрывают резьбой, топор делают маленьким, и он превращается в украшение, назначение которого — служить «деньгами», участвовать в товарообмене между племенными общностями (Иренеус Эйбл-Эйбесфельдт. Биологические основы эстетики. Здесь и далее цитируется книга «Красота и мозг» под ред. И.Ренчлера, Б.Херцбергера и Д.Эпстайна. М.: Мир, 1995).

Это — означивание: из способа «сигнализации о чем-то» (сугубо индивидуального) вещь становится средством «коммуникации для чего-то», которым пользуется уже общество в целом, а не конкретный индивид. «Сигнальность» внешнего облика в этом случае сохраняется, но уже для того, чтобы его устойчиво распознавали разные реципиенты в разных ситуациях, а не ради точного выражения индивидуального состояния (статуса, намерений...) отправителя. Поэтому стереотипность демонстраирования берет верх над «демонстративностью» и «экстравагантностью» — это обычное направление развития, когда речь идет о песне, жесте или танце.

Сигналы-символы и ритуальные танцы

Сигналам-символам позвоночных животных, инстинктивно реализуемым и вызывающим ответные реакции во взаимодействиях, легко найти соответствия в человеческой коммуникации. Это прежде всего фигуры ритуальных танцев, которые давно изучают этнографы. Сходство демонстраций птиц, особенно спаривающихся на току, вроде манакинов, с человеческим танцем еще в 1952 году привлекло внимание Конрада Лоренца.

Действительно, по степени автоматизма, стереотипности и произвольности фигуры ритуального танца не уступают ритуализированным демонстрациям у животных, а зачастую и превосходят их. Хотя движения и действия, создающие фигуры танца, не могут быть врожденными, в определенных случаях они должны совершаться с той же произвольностью, так же автоматически, как «настоящие» инстинктивные реакции. В первую очередь тогда, когда фигуры танца настолько сложны, что их нельзя перенять путем копирования движений учителя. Например, некоторые движения балийского танца «легонг» весьма замысловаты, даже противостественны. Танцора приходится обучать путем прямого физического воздействия: учитель «ставит» движения, удерживая его руками, и подвывает произвольные попытки любых движений в сторону.

Но главное в танце — совсем не последовательности движений танцоров. Каждое движение в отдельности гораздо менее стереотипно и точно, чем пространственно-временная структура танца. (Вслед за Вальтером Зигфридом, автором статьи «Танец — искусство движения: красота как свойство поведения», опубликованной в сборнике «Красота и мозг», мы будем использовать аббревиатуру — ПВС.) Формирование определенной ПВС, ее устойчивое воспроизведение как раз и создает тот целостный образ танца, который мы имеем в



Сетки папуасов племени зйпо (слева) и племени ин (Из книги «Красота и мозг». М.: Мир, 1995)



виду, когда называем его фрейлехсом, орой или чардашем. При этом незначительные изменения во взаимной ориентации партнеров могут привести к радикальной перестройке ПВС — фактически создать новый танец с другими фигурами, если только подобные перестройки скоординированы во всей группе танцующих.

Именно через ПВС танца и ее закономерные изменения во времени проявляется согласие между поведением и идеей — например, идеей красоты, победы, справедливости, силы и мощи, всего того, что танец символизирует зрителям. В коллективном танце видно лучше всего, как создание и поддержание ПВС превращает пластику человеческих движений в инструмент проявления общегрупповых смыслов.

ПВС подчиняет себе танцоров, отсекая все лишнее и переходное. Последовательная передача «символов», или «смыслов», и определяет членение танца на отдельные фигуры. Это еще одно доказательство несводимости системного целого — ПВС к сумме ритуализированных движений танцоров или к их стремлению подражать друг другу.

С этой точки зрения были изучены танцы тихоокеанских, азиатских, африканских, южноамериканских народов. Ради эксперимента танцы воспроизводили также студенты-медики без танцевальной подготовки (и это не изменило результата). Во всех случаях ПВС группового танца возникала путем самоорганизации по общим правилам, а не ступенчато, через установление взаимного внимания и подражания в отдельных парах танцоров. Формирование ПВС «вчерне», но во вполне узнаваемом виде занимает буквально секунды, тогда как групповая координация и особенно синхронизация па отдельных индивидов длится существенно дольше.

В каждом случае зарождения и развития танца в группе людей, собравшихся в одном месте по какой-то иной причине и решивших потанцевать, сперва определяется ПВС, потом движения и действия участников взаимно синхронизируются во времени и согласуются по характеру действий. Сразу все танцующие достигают необходимого уровня взаимной координации. Наконец, движения и действия танцоров ритуализируются настолько, что могут быть классифицированы как различные фигуры танца.

Самое замечательное, что точность взаимной координации внутри группы танцующих (так же, как и сохранение постоянства темпа в музыке, сопровождающей ритуальный танец) превышает психофизические возможности каждого индивида в отдельности. Если бы участники сами отслеживали действия ближайших соседей и стремились попадать им в такт, они не смогли бы достичь такой точности, которая получается как бы сама собой, когда участник использует «сигнальность» ритуализированных движений партнеров. Точность оказывается выше физиологического предела — и это несмотря на постоянные помехи (рядом с танцорами зачастую

идет повседневная жизнь деревни) или отсутствие ритмичного музыкального сопровождения (Дэвид Эпстайн. «Соотношения темпов в музыке: везде и всюду одни и те же?». В сборнике «Красота и мозг»).

Сравнение коммуникации с танцем тем более продуктивно, что человеческий танец — это образ общества, с его дифференциацией ролей, взаимосвязанностью и взаимозависимостью действующих лиц, требующей эффективной координации именно в силу их социальной разнокачественности, непохожести, подчеркнутости отличий.

«Представим себе в качестве символа общества группу танцующих. Подумаем о придворных танцах, менуэтах и кадрилиях или о крестьянских танцах. Все шаги и поклоны, все жесты и движения, которые здесь производит каждый отдельный танцующий, полностью согласованы с другими танцорами и танцовщицами. Если каждый из танцующих индивидов рассматривался бы сам по себе, то невозможно было бы понять смысл и функции его движений. Стиль поведения отдельного индивида определяется в данном случае через отношения танцующих друг к другу. Нечто подобное имеет место и в поведении индивидов вообще. Взаимодействуют ли они друг с другом как друзья или враги, как родители или дети, как мужчина или женщина или как рыцарь и крепостной крестьянин, как король и подданные, как директор и служащие, поведение отдельных индивидов всегда определяется через их прошлые или настоящие отношения с другими людьми» (Норберт Элиас. Общество индивидов, 2001).

Синхронизация и координация социального поведения членов сообщества во время обмена демонстрациями и на более длинных временных интервалах сопоставимы с согласованными движениями танцующих. Те и другие воспроизводят «социальную норму» — типичные отношения определенного социума в первом случае, специфическую пространственно-временную структуру танца во втором.

Здесь мы завершаем рассказ о стимулах и символах и предлагаем читателям краткие выводы.

1. *Взаимодействие особей в популяции никогда не остается только «обменом ударами». Логика эволюционного совершенствования взаимодействий требует включения подсистемы информационного обмена, которая развивается путем семантизации (то есть установления смысла, значения) телодвижений или криков животных, связанных с возбуждением или непосредственно с силовой борьбой.*

2. *«Честность» коммуникации выгодна для обоих участников, поскольку прием и передача информации увеличивает предсказуемость поведения как передающей, так и принимающей особи.*

3. *Часть телодвижений и/или криков особей выходит из категории индивидуальных и «резервируется» для образования видовых сигналов.*

4. *Путь эволюционного развития, превращающий индивидуальные реакции в видовой сигнал, проходит две стадии. На первой стадии (ритуализации) экспрессивные реакции животного превращаются в демонстрации; они сигнализируют о состоянии и (или) намерениях особей, по форме представляют собой пантомиму (только уже не индивидуальную, а видовую) и обозначаются как сигналы-стимулы. На второй стадии, означивания, совершенствуется сигнальная функция уже сложившихся демонстраций: они превращаются в настоящие знаки и даже символы.*

5. *Эволюционный переход от сигналов-стимулов к сигналам-символам наблюдается у самых разных групп. Более древние виды имеют в репертуаре сигналы-стимулы, которые у более продвинутых превращаются в сигналы-символы. По всей видимости, это общая тенденция эволюции сигнальности у позвоночных.*



Менделѣевія

Часть шестая

Доктор
химических наук

Е. В. Бабаев,
МГУ им. М. В. Ломоносова

Гены и гении

В предыдущих статьях мы подробно разобрались с родословной Менделеева и контурно обрисовали некоторые факторы, повлиявшие на становление личности будущего гения. Феномен гениальности продолжает будоражить умы человечества, споры о его причинах не утихают, и существует масса наблюдений, обобщений и теорий, которые устанавливают причины гениальности той или иной личности. В этом плане родословная и биография Менделеева дает обширный материал, поскольку его жизненный путь и история семьи весьма подробно задокументированы не только им самим, но и его родственниками, современниками и многочисленными биографами.

Гениальность нередко связывают с генетикой, и авторы некоторых особенно смелых гипотез в числе возможных причин называют мутации. Есть версия, что у более поздних детей вероятность таких мутаций выше. Дмитрий же, как известно, был «последышем» в семье, имевшей 14 (а может, и 17) детей, причем в год его рождения отцу было 51, а матери — 41. По другой версии, яркая одаренность (в любой сфере) должна проявляться и в предыдущих поколениях. Мы не знаем, насколько и в чем были талантливы удомельские священнослужители, но все они — прадед Максим, дед Павел, два дядьки — как минимум успешно закончили семинарию, раз уж каждый из них получил по собственному приходу. Что касается линии купцов Корнильевых — фамилии, гремевшей на всю Сибирь, — то их купеческий талант неоспорим. Вспомним имена еще двух Корнильевых, которых иногда путают — Дмитрия Васильевича (дед Менделеева, издатель «Иртыша») и Василия Дмитриевича (московский дядя Менделеева, хлебосольный «друг всех литераторов»), — они были хорошо известны культурной России начала XIX века. Наконец, как мы уже писали, наиболее талантливый из всей плеяды тобольских купцов, Василий Яковлевич Корнильев (дед химика) сам был шестым, последним ребенком в семье и родился, когда его отцу было 57, а матери 40.

Разумеется, считать предпосылками гениальности одни лишь генетические факторы было бы неверно. Ключевую роль играют воспитание и среда, а на раннем этапе — личности и жизненные установки родителей.

Иван да Марья: семейный экстракт

Еще раз обратимся к тому, как сложились каждая из линий судьбы у родителей Дмитрия Менделеева и как, собственно, это повлияло на него самого. «Попович» Иван Павлович как-то загадочным образом выпал из «непорочного круга»: дети священнослужителей наследовали приходы в той же местности, он же нарушил эту закономерность. Лишь недавно мы выяснили, что произошло это не по его воле, а по разнарядке сверху (выпускников-семинаристов попросту обяза-

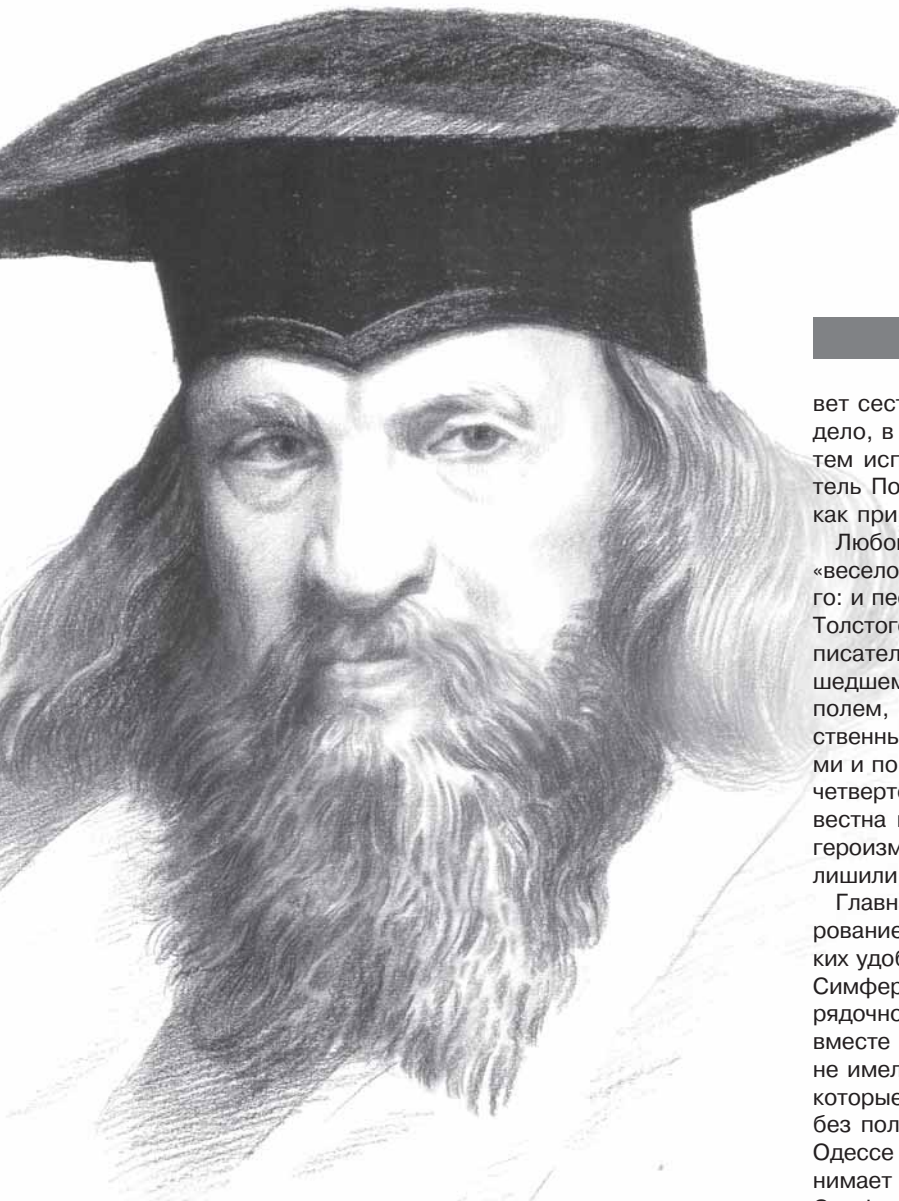
ли стать будущими учителями во вновь учрежденном Главном педагогическом институте). Следовательно, он с самого начала просто плывет по течению. В итоге выпускнику предлагают ехать в глубинку на восток, тогда как его более активные однокурсники по пединституту (тот же Чижов, а позднее Воскресенский и Тихомандрицкий) уезжают стажироваться на запад. Его идеал — скромное служение, он скорее созерцатель, чем деятель. Он старателен и лоялен к начальству, которое именно за это его и ценит, предлагая повышение: Тамбов, потом Саратов. (Шанс изменить судьбу, перейти в Казанский университет, отвергнут из-за невысокого жалования.) Между тем именно эта гипертрофированная лояльность и сыграла с ним злую шутку (когда он неосторожно «подставляет» Лажечникова, любимца господина попечителя). Следует увольнение, крушение идеалов, и хотя двухлетней саратовской мукой все же выстрадано директорство в Тобольске, протекает оно довольно бесцветно, как и дальнейший остаток жизни.

Совершенно противоположный тип являет собой Мария Дмитриевна. Она вроде бы незаметна, верная спутница мужа. Но именно ее неггибаемая воля держит семью в Саратове в ожидании официального перевода в Тобольск (где была фабрика), а не в Вятку, где, судя по всему, и должен был бы родиться ее последыш... Именно она, внучка купца и дочь «первопечатника», спасала тонущий семейный корабль и по примеру своей матери и бабки твердой рукой держала в узде непокорных фабричных, обеспечивая, насколько могла, сносное существование семьи, до тех пор пока фабрика не сгорела.

Эти два начала семьи, пассивное и активное, причудливо перевернутые инь и ян Менделеевых, ни в коей мере не были антагонистичны: до глубокой старости родители Дмитрия, столь разные по характеру, уважали и любили друг друга. Именно эту гармонию двух начал, как нам кажется, и усвоил их сын, именно она оказала основное влияние на его характер и судьбу. Часто пишут, что своим крайне деятельным характером (бесчисленными поездками, частой сменой тематик и интересов, а главное — попытками их практического воплощения) Менделеев явно обязан матери. Это, конечно, так, но вспомним, что самым близким людям он всегда говорил обратное: хочу лишь одного — покоя.

Роль и влияние отца явно недооценены биографами великого химика. Несмотря на служебную неудачу, Иван Павлович смог добиться титула потомственного дворянина, что облегчило в будущем судьбу его детей. Его неяркая опала (после возвращения в Тобольск) стала магнитом, притянувшим к семье директора просвещенных декабристов, оказавших влияние и на развитие Дмитрия. Вынужденная неприязнь отца к Казанскому университету — главная причина, по которой его сын оказался в столице. Наконец, об особой благожелательной атмосфере «тверских» профессоров института к студенту, потомку их земляка, мы уже писали. Возможно, что, решившись взять Дмитрия за тридевять земель учиться в одну из столиц, мать и хотела сыну чуть лучшей доли, чем та, что досталась его отцу. Поразительно, однако, что из всех вариантов (а перебор действительно был) сработал лишь единственный — все тот же педагогический институт. Даже в

Окончание, начало в № 2, 4, 6, 8, 10.



вет сестра Ольга опасается «чтобы тебя не увлекло ратное дело, в котором ты пользы никакой не принесешь, а между тем испортишь всю свою будущность», а его бывший учитель Попов, муж сестры Маши, дает практические советы, как примириться «с военщиной».

Любопытно, что в одном из писем Менделеев упоминает «веселого батарейного командира Льва Николаевича Толстого: и песни писал веселые, и начальства не боялся». Какие у Толстого могут быть песни? Оказывается, будущий великий писатель участвовал в кровопролитном сражении, произошедшем 4 августа 1855 года на Черной речке, под Севастополем, проигранном по вине генералов. Едва ли не единственный раз в жизни будущий прозаик побаловался стихами и по горячим следам написал сатирическую песенку «Как четвертого числа...», на манер солдатских. Песня стала известна всей России, облетев ее во множестве списков. За героизм Толстого произвели в поручики, а за едкие куплеты лишили шанса стать адъютантом великого князя.

Главная же тональность менделеевских писем — разочарование. «Веселья я не искал, хотелось спокойствия, маленьких удобств. Ни того, ни другого не имеют почти все жители Симферополя». Нет их и у молодого учителя. «Я не имел порядочного обеда <...>, своего угла <...>, должен был жить вместе с инспектором, комната которого не топилась <...> не имел ни знакомства, ни книг, ни даже всех своих вещей, которые отправил в Одессу, а потому время текло и скучно, и без пользы». Именно поэтому весть о том, что его место в Одессе вакантно и он может его занять, Менделеев воспринимает как подарок судьбы. «До того плохо было жить мне в Симферополе, что я старался всеми силами выбраться из Крыма — и, благодаря Бога, выбрался». В итоге симферопольский период его жизни занял не более двух месяцев.

неприемный год сыну удалось поступить именно туда, где когда-то учился отец, причем с помощью его же друга. Всмотрюсь в его путь чуть пристальнее.

Симферопольские рассказы

Закончив летом 1855 года институт, Менделеев должен был прослужить последующие восемь лет в должности учителя. Сам выпускник не имел ничего против такой карьеры: именно к этому его готовили любимые профессора, да и сам он с этой мыслью сжился и считал такую службу своим долгом. Казалось бы, он поплыл по течению, как когда-то отец. Разница, однако, в мелкой детали: Дмитрий изначально почувствовал себя несправедливо обманутым чиновниками, направившими его вместо Одессы в Симферополь. Его бурный протест министерством не был принят, и он отправляется к месту службы в прифронтовой город в разгар Крымской войны. Дата выдачи Менделееву подорожной (27 августа 1855 года) — день взятия Малахова кургана и сдачи героического Севастополя.

Несмотря на близость театра военных действий, Менделеев ведет занятия в Симферопольской гимназии, как он пишет, «классы идут». (В наши дни на здании мемориальная доска в его честь.) Этажом выше — лазарет; там происходит его знаменитая встреча с хирургом Пироговым. Все мысли о войне; по его письмам той поры можно составить точную карту передислокации войск. Темы героизма, бездарности военачальников занимают его настолько, что в от-

Учитель с Дерibasовской

Уже в ноябре Менделеев в Одессе и ведет уроки математики в гимназии при Ришельевском лицее. Нагрузка большая: «...дела пропасть — 16 уроков в неделю — все в 5, 6, 7 классах». Тем не менее здесь ему вполне комфортно: «...я нашел здесь все <...> живу себе тихо: нанимаю комнату — высокую, светлую и чистую с отоплением, прислужгой и мебелью <...>, стол имею, как все здесь, в гостинице, <...> дешево. Словом, я доволен всем пока».

Дмитрий выступает с инициативой создать в гимназии кабинет естественных наук. В феврале 1856 года он пишет план изучения естественных наук в гимназии, особенно настаивая, что «местные произведения природы» наиболее «завлекают к занятиям», ибо с особым «удовольствием встречает ученик в уроке известную ему птичку, гриб или траву, замеченную им». При выборе же коллекций «должно предпочесть бесполезным — полезные человеку (или вредящие ему)». Видимо, последнее соображение повлияло на включение им в список предметов для кабинета (кроме образцов минералов, трав, черепов животных) таких экспонатов, как «глисты в спирте» и «собрание местных пауков». В память об энтузиазме юного учителя на здании сейчас мемориальная доска.

Параллельно с повседневной рутинной школьных будней развивались три линии событий, три важнейших процесса, оказавших влияние на всю дальнейшую карьеру Менделеева. Во-первых, на середину мая (период летних каникул) — в Петербурге было запланировано его «магистрирование» — сдача экзамена и публичный диспут, на основании которых он мог бы получить степень магистра. Для этого требовалось представить рукопись цельного научного исследования. В качестве темы Менделеев избрал литературно-компилятивное исследование на тему «Удельные объемы», написанием которого он и занимался в свободное от уроков время. Степень магистра была важной ступенькой продвижения по службе, но никак не отменяла восьмилетней отработки.

Второй процесс инициировал профессор Куторга, методично издавая минералогические труды уехавшего студента в «Горном журнале». Первую статью, об ортите, он перевел на немецкий и издал еще в 1854 году, а через год опубликовал и вторую, о пироксене. Кроме того, в декабре 1855 году в том же журнале была издана выпускная работа Менделеева об изоморфизме (в январе 1856 года она вышла еще и отдельной брошюрой). Поскольку читать целиком обширную литературную работу было затруднительно (в чем нетрудно убедиться и сейчас), Куторга затребовал у выпускника краткую выжимку. Этим Менделееву также пришлось заниматься в феврале; «реферат», однако, опубликовали лишь 100 лет спустя...

Третий процесс касался глубоких перемен, наступавших во всем российском обществе после смерти царя Николая I в феврале 1855 года. Позорное поражение в войне, необходимость реформ были очевидны всем, и в первую очередь новому императору Александру II. Хотя коронация была назначена на август 1856 года, уже в декабре начались перемены (упразднение цензурного комитета, амнистия декабристам, свободная выдача заграничных паспортов и т.д.). Весной 1856 года, через пару недель после подписания уничижительного мира, была провозглашена желательность ознакомления русских ученых с европейской наукой. Это означало возможность стажироваться за границей. Железный занавес рухнул, породив в среде ученых и студентов обостренный интерес к европейскому естествознанию.

Разумеется, все эти новости моментально доходят до Менделеева, ведущего обширную переписку с профессурой и однокашниками. Черноморский климат явно идет ему на пользу: как он замечает в апреле, «здоровье мое обстоит великолепно». Внезапно он понимает, что вольный город Одесса-мама хотя и комфортный, но по духу ему совершенно чужой: «При дешевых апельсинах, при скоро обещающейся дешевизне всего, <...> при всем хорошем, пропасть есть худого, беспокойного... Холод здесь такой — конечно, сердечный, — какого не видывал в Питере, внимания, участия ни на грош, зато услышишь на каждом углу о пшеничке».

Ход конем и двойная защита

В одном из писем Менделееву его университетский друг Папков сообщил о первой ласточке перемен. Администрация педагогического института искала выпускника для направления директором в Пекинскую обсерваторию сроком на шесть лет. Менделеев колеблется, советуется с Куторгой, пишет письмо Давыдову, в котором его отношение к дальнейшему учительству в Одессе обозначено предельно ясно: «Не могу ли я быть причислен к тем, которые будут иметь счастье быть отправленными за границу. Уже одна возможность надежды волнует во мне всю кровь, особенно, когда подумаю о том застое, что меня ожидает здесь, если останусь на следующий год... Тяжело подумать о том, что, может быть, придется воротиться в Одессу после экзамена.... Чувствую в себе много неокрепшей еще душевной силы, жаль ее зарыть, а потому прошу Вас — дайте мне возможность работать, идти вперед».



Менделеев на приеме у Пирогова (художник И.Тихий)

В ответ оба сообщают, что его кандидатура уже одобрена институтской комиссией и включена в списки рекомендованных министерству претендентов на поездку. Предусмотрительный Куторга в нужный момент успел снабдить членов комиссии свежевыведшими оттисками статей любимого ученика. В итоге в середине мая окрыленный Менделеев примчал в Петербург и успел за две недели сдать экзамены на должность магистра. Диспут должен был состояться после каникул, в начале сентября. Видимо, в эти летние месяцы Менделеев получил известие от Воскресенского о вакансии приват-доцента на кафедре химии в Петербургском университете. Чтобы занять ставку, однако, требовалось представить вторую диссертацию на право чтения лекций (*pro venia legendi*). Сообразительный диссертант догадался разбить начатый в Одессе труд на две части и все лето их дописывал. (Так и подал в рукописном виде, напечатать в типографии лишь «Положения» для первой части; времени и средств печатать все не было.)

Первую часть, «Удельные объемы», он защитил 9 сентября и получил степень магистра, а через три дня подал прошение о защите второй диссертации. Командировку ему продлили, и 21 октября он защитил вторую часть работы, «Строение кремнеземистых соединений», на право преподавать. На обеих защитах кроме Воскресенского ему оппонировал профессор Скобликов — еще один добрый гений, встретившийся на пути Менделеева. Именно Скобликов и освободил ему вакансию в университете, а через несколько лет передаст ему другую вакансию — редактора энциклопедии «Технология по Вагнеру». Вскоре по ходатайству Петербургского университета Менделеев был официально переведен из старших учителей в приват-доценты (в должность он вступил с января 1857 года). Новый начальник Одесского учебного округа — хирург Пирогов — не возражал: прыть бывшего пациента лишь подтверждала его оптимистичный диагноз годичной давности.

Приватная жизнь приват-доцента

Летом 1856 года в жизни Менделеева произошло еще одно важное событие: он впервые влюбился. Разумеется, в Петербурге он навестил своих земляков, и Феофана Лещева (к кото-



Портрет С.М.Фогель (урожденной Каш), невесты Менделеева. Любезно предоставлен И.С.Дмитриевым

рой Дмитрий в ту пору относился как к старшей сестре) познакомила его у себя дома с неким ангельским созданием, 15-летней Сонечкой Каш. Она была дочерью тобольского аптекаря, обрусевшего немца, старинного знакомого семьи Менделеевых, ныне перебравшегося в столицу. Софья смутила Дмитрия воспоминанием о том, как лет семь назад в Тобольске тот отказался с ней танцевать на елке. Выяснилось, что Соня настолько чиста и невинна, что до сих пор пеленает кукол, а ее мир — это комнатка, полная цветов и птичек. В театрах она не бывала, читала сказки вместо романов (при слове «романы» она краснела и убегала).

Менделеев был так очарован ее наивностью, что зачастил в дом семейства Каш с цветами и конфетами. В мае 1857 года (видимо, после совершеннолетия Сони) он попросил у родителей ее руки. Те не возражали, а Сонечку, спрятавшуюся за диваном, беспокоил серьезный вопрос: «Как же я ему отдам руку и зачем ему ее?» Матери Софьи Дмитрий говорил, что из такого ребенка сделает такую подругу, какую сам захочет. Свадьба была назначена на август, и Менделеев уже принимал поздравления (сохранившиеся в архивах) от сибирских родных, которые неплохо помнили будущего тестя. Сонечка же, с приближением дня свадьбы, все горше плакала по ночам, боясь расставания с мамашей и своей комнаткой. «Если, барышня, вы не хотите, то скажите в церкви "нет"», — посоветовала ей горничная. Софья решила так и поступить и сообщила об этом отцу незадолго до венчания. Пораженный Менделеев три дня не вставал с постели и пил только воду. При последней встрече он рыдал, а она впервые поцеловала его в лоб и убежала прочь, едва сдерживаясь, чтобы не согласие. Свои воспоминания Софья Марковна Фогель (урожд. Каш) опубликовала в 1908 году уже после смерти великого химика. Сам же он оставил скупую запись в воспоминаниях «Знакомство с Соф. Марк. Каш и отказ».

Журналист поневоле

Итак, учителем Менделеев проработал всего год, а затем «линия отца» на какое-то время будто бы прервалась. В итоге прекратилась и та материальная стабильность, которой так дорожил отец. Расставшись с Одессой и лишившись посто-



ПОРТРЕТЫ

янного оклада, Менделеев оказался перед проблемой: как зарабатывать себе на жизнь. Постоянного жалования приват-доценту не полагалось (раз в год проводилась выплата из особого фонда, если он не пустовал). Приходилось выкручиваться: «...жил уроками, работал у Никитенко для Журнала министерства народного просвещения. Давал уроки П.П.Демидову. Обедал у Воскресенского». Менял адреса, выбирал подешевле; из квартиры у арки генштаба (дом Вейдле) переехал на Съезжинскую улицу (дом Журинина).

Мечты о заграничной стажировке развеялись как дым: на всех уровнях шла реорганизация, особенно лихорадило педагогический институт, и заниматься этим вопросом было некому. Какие-то занятия со студентами он потихоньку вел, но полноценный курс (органической химии) начал читать лишь с осени 1857 года. Поэтому основным его занятием с момента приезда в столицу стала научная журналистика. В Журнале министерства просвещения он стал вести рубрику «Новости естественных наук». За год он написал около 70 заметок на самые разные темы, в основном об отдельных химических веществах, но также о растениях и животных, пиявках, нервах лягушек, фосфоричности грибов, растительности Амура и т.д. и т.п. В собрании его сочинений они в совокупности занимают 150 страниц. Как он вспоминал, «эти компилятивные статьи писались легко, потому что читал я тогда очень много, а Никитенко — охотно их помещал, что давало мне заработок... по 25 руб. с печатного листа». Стоит отметить, что Менделеев почти в точности повторил то, чем его родной дед занимался в 1790-е годы, когда писал для собственного журнала короткие занимательные заметки. Можно, пожалуй, сказать, что именно в тот момент, когда перестал проявляться «ген отца», включился до поры скрытый корнильевский «ген матери».

Наивно полагать, что в этот сложный период Менделеев был способен серьезно сосредоточиться на решении сложных проблем, а уж тем более «предвосхищать» свой периодический закон. До конца 1857 года он лишь оттачивал журналистское перо и научный стиль; затем в 1858 году стал все больше погружаться в преподавание в университете. К тому же этот период был омрачен депрессией из-за несостоявшегося брака. За это время он смог издать разве что вторую часть магистерской рукописи, написал пространный комментарий к одному из учебников по органической химии и небольшую заметку о сернисто-энантоловой кислоте. Тем не менее в его рукописях марта 1859 года можно найти первые размышления о капиллярности. Именно в этом состоянии Менделеева и застало известие об утверждении его кандидатуры для заграничной командировки в 1859 году. В апреле, едва дождавшись завершения семестра, Менделеев выехал за границу.

Тогда он еще не мог предполагать, что вскоре станет отцом немецкого ребенка, что его лучший друг на себе самым экспериментально определит летальную дозу цианистого калия, что он встретит композитора, способного играть носом на пианино... Но все это — начало совсем другой истории, отнюдь не короткой.



ИНФОРМАЦИОННАЯ НАУКА, РОСНАУКА

Алкоголиков будут лечить бактериями? №2, 5
Алюминий с наноалмазами, №12, 2
Альтернатива тепловым электростанциям №3, 30
Бактерии против синезеленых водорослей №7, 3
Биение замерзшего сердца №1, 51
Биогаз без диоксида углерода — двойная выгода №9, 2
Биочипы против гепатита С №8, 3
Болезнь Альцгеймера можно остановить? №10, 3
Вирусы работают на биотехнологов №9, 3
Вода и клей дают дополнительную нефть №7, 2
Водорастворимый витамин А №11, 3
Водород из воды №11, 2
Водородная безопасность №10, 2
Водородные автомобили в России №8, 2
Возьмем селен из растений №4, 2
Воровству электроэнергия — нет №6, 2
Выделить ДНК — это просто №7, 3
Вылечить рак поможет холестерин? №2, 51
Генетика рекордных надоев №6, 3
Генетический паспорт для картошки №8, 3
Гигантским устрицам не нравится в Черном море №3, 31
Гипноз и кратковременная память №5, 2
ДНК-лекарство поможет кардиологам №12, 3
Для ДНК-вакцин сделали упаковку №2, 50
Зеленая пустыня №9, 3
Зеленый датчик «ловит» загрязнения №8, 3
Землетрясения: предсказать и предотвратить №10, 2
Измерения мутагенности №12, 2
Источники разные, ток один №7, 2
Как изготовить нанопорошок металла №11, 2
Как открыть наноларец? №2, 50
Как появился многоклеточный мир №5, 3
Каркас для печени и почки №11, 3
Катализатор из пыли и плазмы №6, 2
Клетка светится в ответ на лекарство №12, 3
Кондиционер для машиниста №8, 3
Консервированное электричество №11, 2
Кровь, вино и пот №1, 50
Куда девать попутный нефтяной газ? №10, 2
Лекарство против тромбоза №10, 3
Малая ряска консервирует кровь №1, 51

Много чистых наноалмазов №8, 3
Московскому банку стволых клеток 5 лет №3, 3
Нанокластеры против угарного газа №12, 2
Нанокремний защищает от солнца №4, 2
Нанолечение лучше лечит и меньше вредит №6, 3
Нанотрубки и фуллерены продолжают радовать №10, 3
Нанотрубки из лиственницы №1, 5
Наноуглерод ловит пыль №10, 3
Не дожигать, а сжигать №9, 2
Нефть сделали в автоклаве №1, 4
Новые технологии для лечебного питания №2, 51
Новый год под землей №2, 4
Новый источник стволых клеток №3, 3
Оксид циркония в операционной №7, 2
Отличное зрение до глубокой старости №6, 3
Парниковые газы животноводства №3, 31
Переход на летнее время вреден для здоровья №4, 3
Повязка XXI века №11, 3
Прибор рассматривает атомы №11, 2
Природный газ из вечной мерзлоты №6, 2
Растворить нерастворимое №3, 30
Резина с наночастицами прочнее №12, 2
Робот ползет по сосуду №7, 3
Стволые клетки из жира небезопасны? №6, 3
Суп из перьев №9, 3
Тепло человеческого тела №5, 2
Трансгенное сердце №10, 3
У кого псориаз излечим №11, 3
Убить зараженную клетку №9, 3
Фоторобот преступника по ДНК №11, 3
Хитозановая пена восстановит кости №12, 3
Что меньше пикселя? №7, 2
Чтобы имплантат лучше прижился №9, 3
Чтобы ткань не мялась, а кожа не мокла №8, 2
Экономия топлива — миллионы тонн №9, 2
Электричество из солнечного тепла №8, 2
Ядерно-магнитные лекарства №1, 4

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ,
Анофелес С. Инопланетные новости №6, 49
Безруких М.М. Почему в три года ребенок не читает №8, 24
Благутина В.В. Вспомнить всё №10, 18

Блохин Д.Ю. Как убить бессмертную клетку №3, 20
Викторов А.Г. Невыдуманные риски трансгенных растений №4, 28
Владимирский Б.М. Космическая погода и физическая химия №2, 14; Солнечная активность и жизнь №1, 10; Солнце и социум №3, 4
Гельфанд М.С. Что может биоинформатика №9, 10
Горбачева Е.И., Купрейченко А.Б. Россияне и деньги №11, 34
Инге-Вечтомов С.Г. Экологическая генетика: первые шаги №10, 4
Каку Митио Невидимость №7, 40; №8, 36
Квадрат П. Жизнь без свинопаса №4, 34
Кизилштейн Л.Я. Геохимия и древний облик земли №2, 30
Клещенко Е. Генетика дня восьмого №3, 14
Козлов А.П. Опухоли, гены и эволюция №8, 18
Комаров С.М. Робот-ученый №8, 10; Тайны второй планеты №9, 4
Коновалов А.И. Физико-химическая загадка сверхмалых доз №2, 6
Левицкий М.М., Перекалин Д.С. Химический подсолнух №6, 26
Литвинов М.Б. Гены, среда, отношения №10, 7
Мальцева В.В., Болдырев А.А. Размышления о концепции здорового старения №5, 18; Снова о стволых клетках №9, 18
Пальмина Н.П. Механизм действия сверхмалых доз №2, 10
Перельман М.Е. Рост снежинки по радиоволне №12, 44
Петров С.А. Созидающий катаболизм №1, 26
Резник Н.Л. Путь к благородным сединам №11, 9
Синтез трансуронов — без ускорителя №4, 46
Стрельникова Л. Долголетие как побочный эффект №5, 12; О пользе дырок в черепе №1, 6
Товмаш А.В., Садовский А.С. Крохотная модель жизни и смерти №4, 22
Фридман В.С. Коммуникация животных: от стимула к символу №10, 12; №11, 26; №12, 34
Шкроб М.А. Паразит впереди хозяина №8, 14; Когда б вы знали, из какого сора... №10, 8

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА, ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ, ЭКСПЕРИМЕНТ, СПРАВОЧНИК, КАЛЬКУЛЯТОР, ЭЛЕМЕНТ №
Гурвич Е.М., Быстрова О. Беломорские рогульки №3, 32

Жилин Д.М. Химия в неогеографической революции №1, 34
Котина Е. ПЦР в реальном времени, или кое-что из жизни цианобактерии. №3, 10
Леенсон И.А. Левое или правое №5, 44; Нарастивай правильно №4, 43; Огонь без спичек и зажигалок №3, 50
Лябин М.П., Строкатова С.Ф. Марганец №7, 32
Манилов Ф. Энергия для электромобиля №6, 18
Марков А.В. Необычные свойства обычных полимеров №7, 27
Намер Л. Вещь, ау! Отзовись! №2, 34
Паравян Н.В. Эффект буриданова осла №1, 60
Резник Н.Л. Третий газ №10, 40
Рогов Е.И. Технические проблемы исследования древней ДНК №6, 4

ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ, ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА, НОУ-ХАУ
Анофелес С. Мусорная воронка в океане №10, 28
Антипов Е.М. Глина+полимер=чистота №10, 30
Демина Т.С. Опухоли в колбе №3, 26
Заболотский С.А. Химия и кризис №7, 22
Каравосов В.Т. Проблема навозоудаления №10, 36
Комаров С.М. Биогаз и потепление №4, 18; Тулунский бутанол: топливо из леса №5, 8; Сверхполиэтилен №7, 30; Профессии метаматериалов №8, 39; О дендритах №12, 46
Кричевский Г.Е. Наношестининая лапка №10, 26
Кузнецова Н.П. Изопреновый каучук: новая технология №12, 31
Лучников В.А. Экономика управляемого термояда №1, 14
Манушина О.Е. Чистота — залог болезни? №12, 48
Мотыляев А. Рекордные швейцарские обороты №6, 19; Искусственные острова №9, 48
Румянцев А.И., Свинцов А.Д. Микроволновка — химический реактор №12, 33
Селезнева Н.В. Верь глазам своим! №7, 44; Верь ушам своим! №8, 30
Спектор Э.М. Вкус зимнего яблока №3, 36
Стрельникова Л.Н. Нанопицца уже рядом №11, 16
Трчунян А. Бактерии, антибиотики и миллиметровые волны №10, 38
Хатипов С.А. Фторопласт: закалка радиацией №8, 4

РАЗМЫШЛЕНИЯ, НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР, ЗНАКИ БУДУЩЕГО, ИНТЕРВЬЮ, А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?, ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ

Анофелес С.В. Вода на Луне №11, 44
Багоцкий С.В. Взлет и падение советской науки №3, 44; Биологические олимпиады школьников №8, 42
Биршердт А.А. Шахты без взрывов №9, 42
Болл Филипп Великие задачи химии №4, 4
Гольдфайн И.И. Химики и футболисты: что между ними общего? №3, 48
Каку Митио Физика невозможного: телепортация №4, 10
Кальменс В. Новая целина №9, 45
Калюжный С.В. Без поллитической воли никакого биогаза у нас не будет №4, 19
Клещенко Е. Реакция начала жизни №7, 4
Коллинз Фрэнсис Доказательства Бога №9, 24
Комаров С.М. Плетение из ионов бора №4, 8; Мировая утопия №11, 4; №12, 20
Крюков П.В. Нанографит для автомобиля №6, 14
Миркин В.И. Галактика в капле молока №6, 46
Намер Л. Дискретная многомерная модель времени №9, 38
Островский В.Е., Кадышев Е.А. Жизнь возникла в залежах гидрата метана №5, 24
Резник Н.Л. Где стояла колыбель жизни №9, 30
Старухина Л.В. Химия небесных тел №11, 46
Черников А.М. Монгольское наследство трематод №4, 26
Шварц Лорен Рак — нарушение метаболизма? №3, 29
Юревич А.В., Купрейченко А.Б. Шопомания: каприз или болезнь №11, 32
Ямпольский Ю.П. Этика в науке №5, 4

РАССЛЕДОВАНИЕ

Анофелес Б. Соленый лед №4, 48
Благутина В.В. Синтетическому каучуку 100 лет? №12 26
Верховский Л.И. Шекспировы сонеты: загадка посвящения №5, 38
Гельфанд М.С. Взлет и падение «Журнала научных публикаций аспирантов и докторантов» №4, 36
Индриков Борис Великие велики №9, 50
Клещенко Е. Снова о генетике царской семьи №6, 8

Леенсон И.А. Радиоактивность внутри нас №7, 36; Все ли школьники шулеры? №11, 37
Намер Л. И чтобы блестело, как... №10, 46
Резник Н.Л. Y-хромосома: остаток или итог? №7, 16
Харасов Р.М. Почему предсказывала пифия №6, 32

СОБЫТИЕ, СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ, АРХИВ, ПОРТРЕТЫ, ХИМИКИ — НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

Аблесимов Н.Е. Спектрам для химии 150 лет №11, 42
Анина Н. Игнобель—2009. Текила, панда и бюстгальтер №11, 12
Бабаев Е.В. Менделеева №2, 52; №4, 50; №6, 51; №8, 48; №10, 50; №12, 38
Багоцкий С.В. Он был первым №11, 48
Гельман З. Вознагражденное любопытство №12, 12
Горяшко А. Загадки котамурлыки №1, 54
Комаров С.М. Дела оптические №12, 14
Котина Е. Удлинение против укорочения №12,4; План белковой фабрики №12, 10
Леенсон И.А. Вант-Гофф: первый «нобелевский» химик №1, 20; Сванте Август Аррениус, основоположник физической химии в Швеции №2, 22; Уравнения Аррениуса — необычные приложения №2, 28; Третий мушкетер №6, 20
Литвинов М.Б. Школа разных стран №10, 48
Ломоносов М.В. Явление Венеры на Солнце, наблюдаемое в Санкт-Петербургской императорской академии наук №9, 29
Мандельштам Осип Ламарк №11, 50
Осокина Д., Черникова В. Молекулярные счеты клетки №12, 8
Садовский А.С. Карл Бош — создатель азотных удобрений №11, 38
Слободин Я.М. Быль о каучуке №12, 28
Троцкий Л.Д. Менделеев и марксизм №2, 57

С МИРУ ПО НИТКЕ, ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Анофелес С. Жизнь на планетах №9, 35
Резник Н.Л. Та порода №4, 32
Серов Г.Д. Дятлы на балконе №2, 60; Осы в домах людей и птиц №9, 60

ЗДОРОВЬЕ, ЧТО МЫ ПЬЕМ, ЧТО МЫ ЕДИМ

Аншина М.Б. ЭКО: от сенсации до клинической практики №7, 6
Благутина В.В. Гормоны с отменным аппетитом №2, 42
Вельков В.В. Мертвая петля свободных жирных кислот №2, 46
Коваль С.В. Жидкий хлеб №6, 42
Комаров С.М. Силикатная безопасность №10, 34
Литвинов М.Б. Лекарство от технологий №11, 21
Романихин В.Б., Кузьмин М.Б. Пейте, люди, молоко... №6, 38
Черемных Е.Г., Симбирева Е.И. Инфузории пробуют пищу №1, 28

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Клещенко Е. След амебы №4, 40
Шварцбург П.М., Вайнштейн М.Б. Нанобактерии и кальцификация плаценты №7, 14

КНИГИ, НАША КНИЖНАЯ ПОЛКА

Гольдфайн И.И. Два вида научно-популярной литературы №5, 36
Докинз Ричард Корни религии №1, 44
Лясота Е. О собаках и других. Никола Тесла: правда и ложь. №9, 36; Библия советских гурманов. Правила жизни в эпоху кризиса. №10, 44; Подтверждение своим мыслям. Мир химии на 170 страницах №11, 56; Наука от Джеймса Бонда и Шерлока Холмса №12, 52
Сляднева А. Бизнес: крупный и российский №12, 51
Рулев А.Ю., Воронков М.Г. Пегниохимия, или о химии с улыбкой №3, 40; Вы пишите, вам зачтется! №3, 41

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Анофелес С. Нанобама, или трубочное наноискусство №1, 40
Резник Н. Ода ахатине №7, 52

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Викторова Л. Селедка №2, 68; Чеснок №1, 68
Ручкина Н. Гранат №12, 54; Инжир №11, 52; Лещина и фундук №8, 60; Одуванчик №5, 60; Репа №6, 60; Рябина №10, 60; Слива №9, 54; Укроп №7, 54; Хрен №4, 60; Чечевица №3, 60

МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

Демина М. Жидкие кристаллы №7, 64; Как с гуся вода №4, 64; Не

только грудь №5, 64; Нитка прочнее каната №3, 64; Огненные забавы №12, 64; Пластмассовая пена №10, 64; Поверхностно-активные №6, 64; Попробуй его разбить! №2, 72; Резец из металлокерамики №11, 64; Резиновые слезы №8, 64; Склеит навечно №9, 64; Полиэтилен №1, 72

УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

Марков А.В. Разноцветная химия №5, 53
Панченко Г. Дино сапиенс №7, 48

СКАЗКА, ФАНТАСТИКА

Викторова Галина За твоей спиной №9, 56
Егорова Наталья Агриппина №12, 56
Катлас Эдуард Последние обряды лета №5, 56
Краснов Иван Пока не прилетел дракон №11, 58
Кривомазов Владислав Закона №1, 62
Медведева Екатерина Скрипучая хибарка №4, 54
Мхитарян Эдуард Хогнит №8, 54
Нестеренко Юрий Время одуванчиков №10, 54
Нестеренко Юрий Камера смертников №2, 64
Папков Виктор Колобок и другие №3, 56
Средин Ник Тучка небесная №6, 56
Цепенюк Евгений Первая заповедь дуэлянта №7, 56

ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Гольдфайн И.И. Еще раз о роли первопроходцев №8, 53
Добрынин А.В. Трудности перевода №8, 46
Харасов Р.М. Чеснок и Мацеста №1, 52
Ярков И.Г. Дед Мороз — творец жизни №9, 34

СЛОВАРЬ НАУКИ

Аблесимов Н.Е. Сколько химий на свете №5, 49; №6, 34

Мифы нашего времени

Рубцов В.И. Маска для простуды №12, 47

Рост снежинки по радиоволне

У физики скоро юбилей — 400 лет назад, в 1611 году, великий Иоганн Кеплер опубликовал эссе «О шестиугольных снежинках» (см. «Химию и жизнь», 1983, № 12). Тем самым была основана новая и очень широкая область исследований — кристаллофизика. Это было действительно новое слово: форму кристаллов до Кеплера никто не исследовал, поскольку находили их, как правило, в виде обломков (одно из немногих исключений — кварц, иногда встречающийся в виде правильных кристаллов), а главное внимание обращали на цвет и твердость драгоценных камней. Симметрии же рассматривали архитекторы и художники. Кеплер провозгласил ее законом природы, который, как стало ясно сейчас, действует чрезвычайно широко, от кристаллографии до физики элементарных частиц. Кеплер начинает с рассмотрения причин возникновения шестиугольной (наиболее распространенной) формы снежинок, сравнивает ее с формой пчелиных сот, с зернышками граната, с цветами — сейчас эта область исследований называется геометрией покрытий (в ней, в частности, ставится задача нахождения всех одинаковых фигур, которые могут полностью заполнить ту или иную поверхность, для плоскости это только квадраты, шестиугольники и равносторонние треугольники). Разглядывая формы лучиков снежинок, Кеплер апеллирует к соображениям симметрий... Чуть позже проблемы возникновения и структуры снежинок рассматривает Рене Декарт (трактат «Метеоры» 1637 года — приложение к «Рассуждениям о методе»).

Первым зарисовывать снежинки под микроскопом начал неугомонный Роберт Гук. И до сих пор выходят альбомы с зарисовками и фотографиями снежинок и узоров изморози, похожих на образцы для кружевниц и дизайнеров. Как будто бы все узоры снежинок различны, их с трудом удается классифицировать. Вдобавок снежинки обычно изображают плоскими, хотя, образуясь в свободном падении, они трехмерны: хрупкие нижние лучики обламываются при приземлении. Однако до сих пор никто не смог объяснить, почему при конденсации водяного пара в облаках получается именно снежинка с веточками-дендритами вычурной формы, а не округлый кусочек льда. Моделей предложено много, но все они скорее умозрительные, чем основанные на строгой физике. Потом и мы оказались вовлечены в эти проблемы.

Немного истории

Наш Институт кибернетики в Тбилиси занимался поиском новых физических возможностей для вычислительных устройств и систем. Я заведовал в нем теоретической лабораторией, занимавшейся лазерами и, шире, оптическими системами. Но у теоретиков есть особенности, не всегда одобряемые начальством: своеволие и неумеренное стремление залезать в посторонние, казалось бы, области.

Будучи изначально теоретиком по направлению ядерной физики, я рассматривал лазеры с позиций квантовой электродинамики: она была для меня проще и естественней общепринятой тогда радиопизики. Разработанные подходы было естественно опробовать и на других объектах. Например, меня всегда интересовал вопрос: как при конденсации пара или кристаллизации жидкости удаляется громадная теплота перехода? Пишут, что путем теплопроводности, но ход этого процесса зависит от разности температур, которая может быть ничтожной. А тепловой эффект кристаллизации огромен. Например, при замерзании кубометра воды выделится 80 млн. калорий. Такого

тепла (если его собрать и израсходовать на нагрев) хватает, чтобы расплавить стальной бак для этой воды.

Интерес к дендритам возник оттого, что они образуются почти на всех кристаллах и мешают их выращиванию в нужных формах. Так что стоило зайти по соседству в лабораторию к кристаллофизику (у них хорошо варили кофе), как все разговоры неизбежно упиралось в проблему: «Отчего растут эти проклятые дендриты и как от них избавиться?»

Мои ссылки на то, что есть, мол, новое математическое направление — теория фракталов, описывающая такие структуры, — прагматичные ростовики отвергали. «Нам не описание нужно, а объяснение, — нудили они, — тогда найдем, как справиться!» Но объяснений не было — проще было изменить место кофепития...

Следуя принципам лазерной физики, я рассматривал кристалл и пар как два электронных уровня, нижний и возбужденный, а кристаллизацию — как излучение скрытой энергии перехода по типу лазерных переходов, когда ранее заброшенные на возбужденный уровень атомы одновременно сваливаются и излучают фотоны характеристических, для данного вещества, частот. Пользуясь этой аналогией, удалось подсчитать, что, например, водяной пар должен при конденсации излучать в инфракрасной области — в районе 3,6 и 6,4 мкм. Эту странную для тех, кто занимается физикой фазовых переходов, идею одобрил академик А.Д.Сахаров. Статьи по его представлению в академических журналах вышли в 1972 году, а выкрики на конференциях вроде «шутите», «ну и ересь!» мгновенно смолкли с появлением на экране слов: «Представлено академиком А.Д.Сахаровым» — авторитет его был абсолютным. К тому же группа экспериментаторов нашего института вскоре подтвердила вместе со мной наличие предсказываемых максимумов при конденсации пара и замерзании воды. (Обо всем этом я писал в воспоминаниях о великом ученом и в журнале «Химия и жизнь» в 1994 году.)

Эта тема меня не оставляла, и через 35 лет, в 2007 году, я опубликовал большую статью по общей теории фазовых переходов в британском «Philosophical Magazine». (В промежутке были и другие статьи по этой тематике, но они сейчас менее интересны.)

Письма из далека

И вдруг получаю электронное письмо: пишет Виталий Александрович Татарченко. Мы не знакомы, но в 1979—1984 годах он опубликовал три заметки с экспериментальной проверкой моей теории: смог зафиксировать, точно на расчетных частотах, излучение при кристаллизации некоторых галогенидов. Тогда он работал в Черногоровке, в Институте физики твердого тела, а сейчас живет в Париже и хочет продолжить эту работу.

Мы начали активно переписываться, пересматривать все существующие эксперименты и наблюдения. В Ленинграде уже ранее обнаружили нужные частоты при конденсации паров алюминия, в Красноярске — в процессах кристаллизации, еще раньше такие частоты отмечали при внезапном образовании тумана в атмосфере. В результате, так лично и не встретившись, мы написали и опубликовали статью с анализом моей теории и ее проверок: (М. Е. Perel'man, V. A. Tatartchenko «Phase transitions of the first kind as radiation processes», Physics Letters A, 2008, т. 372, с. 2480). Более полный текст был, как сейчас принято, помещен в Интернете: arXiv.org: 0711.3570v2.

В ходе переписки Виталий буквально засыпал меня статьями по росту кристаллов. По льду, помимо самых авторитетных К.Г.Либбрехта из Калифорнии и В.Ф.Петренко из Канады, оказался неизвестный нам А.Шибков из Тамбова (журнал «Природа», № 9, 2000). Он со своими сотрудниками обнаружил, что в процессе кристаллизации воды возникает радиоизлучение широкого спектра с центром в районе 150 кГц. Но мое-то, предсказанное и обнаруженное, принадлежит к инфракрасному диапазону, то есть к частотам около терагерца, порядков на шесть-семь выше!

Диполь-радиостанция

Проще всего, конечно, было выкинуть это сообщение из головы — мало ли какие фокусы проделывают атомы и молекулы при переходах, да и авторы ничего не объясняют. А к скрытой теплоте перехода оно прямого отношения не имеет — мощность излучения составляет стотысячную долю теплового эффекта, если не меньше! Но есть еще и такие понятия, как упорство и интуиция. А они говорили, что неспроста такое излучение проявляется именно при кристаллизации: думать надо, господа-товарищи, думать! Самое лучшее в таких ситуациях — забыть все, что знаешь, и начинать с самого начала.

Итак, что такое конденсация? Имеется затравка-кристалл, к нему из пара подходит очередная молекула и присоединяется, излучая, как уже знаем, энергию связи (скрытую теплоту перехода). Все ли равно этой рядовой молекуле, к какой части кристалла подойти и присоединиться? Давайте рассматривать подробнее.

Молекула воды несимметрична: правильнее ее записывать как H—OH, потому что одна водородная связь длиннее другой. Такая молекула оказывается электрическим диполем с немалым дипольным моментом. Но когда диполь подходит к поверхности, то заряды в приповерхностном слое перестраиваются таким образом, что внутри среды образуется «зеркальный» диполь, а потому притяжение подошедшей частицы к среде возрастает — диполь должен будет втягиваться вовнутрь. (Поэтому же, кстати, истинно нейтральные атомы благородных газов и симметричные молекулы типа CO₂ или CH₄ конденсируются при очень низких температурах.)

Нужно, однако, учесть и другое обстоятельство. Когда мы говорим, что твердое тело имеет строго определенные границы типа геометрических плоскостей, надо понимать, что такое представление справедливо лишь отчасти: на расстояниях порядка атомных такие границы размыты, соответствуют более или менее плавному переходу от одной среды к другой. И в воде или во льду такая переходная зона ближе всего к выстроенным диполям — это столь близкий сердцу химиков двойной электрический слой.

Отсюда уже легко дойти до главного, до излучения Шибкова с соавторами. Чтобы молекуле воды было легче подойти к поверхности и войти в нее, ее дипольный момент должен быть правильно ориентирован — ему необходимо развернуться в нужном направлении относительно приповерхностного поля. А так как приближающиеся молекулы ориентированы хаотично, то в среднем они будут поворачиваться на 90 градусов. Диполь H—OH при развороте должен излучать, и притом в среднем, как нетрудно сосчитать, именно 150 кГц!

Дипольный рост снежинки

Таким образом, проблема возникновения излучения разрешена, но физика этим не ограничивается. Поскольку моя жена тоже физик, хотя и несколько иной направленности, то мы обычно вместе обсуждаем всякие проблемы. А тут важным оказался именно ее опыт по втягиванию диполей в электрическое поле — явление это можно назвать диполефорезом: так создавались световоды с градиентом показателя преломления. Вот эти представления здесь и понадобились.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Ясно ведь, что молекулы будут более всего притягиваться к максимуму электрического поля, то есть, очевидно, к углу кристалла, если таковой имеется, или к случайной неоднородности на его грани. Следовательно, кристалл будет нарастать именно в этом месте: вот и начинается убыстренный рост ответвления — лучика или даже дендрита. А уж у самого дендрита таких неоднородностей для дальнейшего ветвления хватает.

Но дипольный момент (естественный или наведенный) имеется у множества разных молекул, а, кроме того, если у частиц есть магнитный момент, то на поверхности может быть и двойной магнитный слой — опять-таки можно рассматривать развороты и притяжения. Роль могут играть и кластеры: так, например, у атомов лития нет электрических моментов, но в пару содержатся кластеры Li₂ и более сложные, у которых такие моменты могут быть. Так что здесь остается огромное поле для дальнейших исследований материаловедов, но это уже не по нашей епархии.

Итак, как представляется, причина появления дендритов становится наконец-то физически ясной: она изложена в статье: M.E.Perel'man, G.M.Rubinstein, V.A.Tatartchenko. «Mechanisms of dendrites occurrence during crystallization: Features of the ice crystals formation» Physics Letters A, 2008, т. 372, с. 4100, или в Интернете: arXiv.org: 0712.2564v2. И таким образом, задача, поставленная Кеплером 400 лет тому назад, в принципе решена. Дело не только в симметриях, то есть в статике, — появляется динамическое объяснение.

Не нужно, конечно, думать, что все исследования на этом закончены: наступает, говоря словами историка науки Томаса Куна, период нормальной науки. Нужно продолжить исследование излучений при фазовых переходах — начиналось оно аналогией с лазерным эффектом, а лазер на этом излучении еще не построен, хотя по всем канонам квантовой теории индуцированные фазовые переходы обязаны существовать и вести к кристаллизации в заданном направлении (об этом я писал в первой же статье в «Докладах Академии наук СССР», 1972, т. 203, с. 1030). Нужно продолжить поиск излучений при встраивании частиц в конденсат, благо теперь можно заранее оценить его вероятные частоты. Нужно научиться подбирать конфигурацию полей, препятствующую образованию дендритов. Впрочем, предугадать все проблемы, могущие возникнуть в ходе работы, невозможно — и это хорошо, иначе физика утратила бы свою главную привлекательность.

Конечно, есть некая ирония в том, что два автора теории снежинок живут в Иерусалиме, где снег выпадает на час-два раз в пять лет, а дети никогда снежинки не разглядывали, но таковы причуды жизни!

Доктор физико-математических наук
М.Е.Перельман,
Институт физики им Дж.Рака

О дендритах



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

Если кружево дендритов у снежинок радует глаз эстета, то глаз металлурга дендрит печалит: он делает слиток неоднородным. Поэтому с дендритами борются, и со времен Д.К.Чернова, в 1868 году открывшего дендриты в стали, проведено множество исследований. Возьмем для примера учебник В.А.Ефимова «Разливка и кристаллизация стали» («Металлургия», 1976 год) и посмотрим, к каким выводам пришли исследователи.

«В настоящее время главными причинами образования дендритной структуры принято считать следующие:

1) выделение скрытой теплоты кристаллизации;

2) выделение на границе затвердевания ликвирующих примесей:

3) анизотропия теплопроводности кристалла.

Если зародыш дендрита в стальном слитке имеет форму куба, то при его росте в переохлажденном расплаве наименьшее количество тепла кристаллизации, передаваемое в окружающую среду, будет в районе вершин, а наибольшее — у центра граней. Поэтому после достижения критических размеров правильный рост куба прекращается и начинается преимущественное развитие его вершин. На них появляются стволы, а затем и ветви.<...>

Вследствие резкого снижения растворимости примесей при переходе сплава из жидкого в твердое состояние, на поверхности кристалла выделяется слой ликвирующих примесей.<...> Как только первичная ветвь вырастет из обогащенного ликвиаторами и нагретого теплом кристаллизации слоя расплава, на ней начнут возникать вторичные ветви.<...> Следует подчеркнуть, что ветвистая структура дендрита очень неустойчива. В процессе затвердевания малые ветки, попадая в объемы, подогретые теплом кристаллизации и обогащенные ликвирующими примесями, быстро исчезают, а сам дендрит приобретает более крупнозернистую структуру.<...>

Направление роста и разветвленность кристаллов зависят от условий теплоотвода, содержания примесей и формы границы раздела кристалл—жидкость.<...> Если отвод тепла кристаллизации осуществляется одновременно через переохлажденную жидкость и через затвердевшую часть металла, то со-

здаются условия для глубокого переохлаждения, ускоренного всестороннего роста кристалла. Его поверхность покрывается ростками, которые рассеивают теплоту кристаллизации быстрее».

Как видно, металлурги считают, что дендрит — это скорее плод игры тепловых полей, нежели причуды механизма роста. Почему так? Напомним основы теории кристаллизации. Если при охлаждении температура жидкости или газа оказывается ниже температуры фазового перехода, то начинается образование частиц новой фазы. Однако не сразу: чтобы ее зародыши были устойчивы, требуется переохлаждение. Чем больше переохлаждение, тем более мелкие зародыши начнут развиваться. Этому противодействует скрытое тепло, которое выделяется при образовании новой фазы. В результате вокруг зародыша возникает тепловое поле: чем ближе к его поверхности, тем меньше степень переохлаждения и тем труднее выжить мелкой веточке дендрита.

Зародыш снежинки — шестиугольная пластинка, поскольку обычный для условий поверхности Земли лед имеет гексагональную решетку (см. «Химию и жизнь», 2007, № 2). Она растет в воздухе, причем двигаясь относительно него. Поэтому тепло кристаллизации удаляется и через твердую, и через газообразную фазу. Если снежинка равноосная, то она летит так, что ее плоскость перпендикулярна потоку воздуха. Скорость притока пара (строительного материала для снежинки) и оттока тепла у всех ее краев одинакова. Поэтому дендритные ветви, растущие у каждой из шести вершин, одновременно покидают нагретую из-за тепла кристаллизации зону, попадают в область с сильным переохлаждением и порождают одинаковые вторичные веточки.

Если же снежинка накренилась, то одни ее ветви должны расти быстрее других. Однако это продолжается недолго, и воздушный поток переворачивает снежинку, давая шанс подрасти остальным ветвям. Такой механизм стабилизации скорости роста за счет аэродинамики обеспечивает снежинке ее полную симметрию — прелесть этого объекта как раз и состоит в том, что расположение веточек высших порядков одинаков у всех шести лучей. А вот по поводу того, как это происходит, сломано немало копий (см. «Химию и



Фото из статьи К.Г.Либбрехта

жизнь», 2007, № 12,). «Аэродинамический» механизм подробно рассмотрен в статье К.Г.Либбрехта из Калифорнийского технологического института (см. Arhiv.org: 0911.4733v1). Кстати, там же предложена и гипотеза происхождения треугольных снежинок, которые хоть изредка, но не один раз за последние десятилетия находили исследователи зимних красот, причем самые крупные — в Антарктиде. Суть гипотезы такова.

Пусть у нас имеется шестиугольный зародыш снежинки. И пусть на одной грани имеется (или, наоборот, отсутствует) какая-то примесь или неоднородность, которая позволяет ей расти быстрее других. Тогда возникает неизбежный каскад событий. Во-первых, по мере роста уменьшится протяженность ребра — соседние грани растут медленнее. Значит, снижается приходящий на него поток тепла кристаллизации, и эта грань начинает расти все быстрее. Но, став неравноосной, снежинка теряет устойчивость в потоке воздуха и разворачивается навстречу ему какой-то другой гранью. У этой грани увеличивается скорость притока пара и оттока тепла: теперь она растет быстрее. Еще один кувырок — получаем три грани, растущие с большей скоростью, которые в конце концов сходятся в вершины. Эта гипотеза добавляет к игре тепловых полей еще один фактор — игру воздушного потока. С учетом возможной роли загрязнения воздуха — не удивительно, что на свете нет двух одинаковых снежинок...

Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

Маска для простуды



МИФЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

С началом эпидемии гриппа в общественных местах начали появляться люди в медицинских масках на лицах. Эта «мода» в одночасье распространилась столь широко, что изготовители масок перестали поспевать за спросом. Более того, многие руководители потребовали от сотрудников в обязательном порядке носить маски в течение всего рабочего дня. Не очень удобно, что и говорить, но лучше малое зло, чем офис, опустевший на несколько дней, а то и недель из-за того, что сотрудники перезаражали друг друга.

Стали поговаривать, что ношение медицинской маски — признак цивилизованности, и вообще это модно. В полном соответствии с нравами арканарского двора (вспомним Стругацких: «Через месяц появились франты, носившие на согнутой руке целые простыни, концы которых волочились по полу...») дизайнеры быстро откликнулись на запрос общества, создав эксклюзивные повязки с забавными рисунками. Отреагировали и руководящие структуры. Так, во время матча между сборными России и Словении в московских Лужниках каждому из десятков тысяч болельщиков выдали по маске.

Стоит ли государству в период эпидемии тратить деньги еще и на маски, а гражданам терпеть неудобства и пугать попутчиков в транспорте? Защитная сила медицинской маски — миф или реальность? Об этом нашему корреспонденту А. Мотыляеву рассказал руководитель Сертификационного испытательного центра «Индивидуальная защита», заведующий лабораторией средств индивидуальной защиты персонала опасных производств Федерального медицинского биофизического центра им А.И. Бурназяна, доктор технических наук Виктор Иванович РУБЦОВ.

На вопрос о том, полезны ли медицинские маски, можно ответить и да, и нет. Да — когда маску надел больной человек, она способна в какой-то степени изолировать больного человека от здоровых и сдерживать распространение инфекции. Нет — маска не способна защитить здорового человека от вируса гриппа. Причина в ее устройстве и особенностях человеческого дыхания.

При выдохе из носа воздух имеет температуру около 36°C и влажность около 100%. Попав в окружающую среду, он охлаждается, а влага конденсируется, образуя аэрозоль — мелкие капельки. Заметить их невооруженным глазом невозможно, поскольку диаметр капелек от десятков нанометров до десятков микрон, а глаз не видит объекты размером менее 40 мкм. Обычно в каждом кубометре воздуха, который заполняет помещения, содержится около десяти миллиардов таких частиц. Если в помещении находится больной, то во многих капельках могут присутствовать вирусы, причем в немалом количестве, ведь размер вируса около 10 нм, и микронная капля для него что городской квартал для человека. Без воды вирус гриппа быстро погибает, а в капле может существовать достаточно долго, чтобы попасть в организм и начать в нем размножаться. Это нормально: с каждым вдо-

хом мы получаем множество вирусов и бактерий, а иммунная система их обезвреживает.

Маска не может защитить органы дыхания от мелких частиц аэрозоля и тем более вирусных частиц. Причин тут две. Обычные медицинские маски состоят из очень тонкого слоя нетканого материала с волокнами большого диаметра. Величина промежутков между ними исчисляется десятками микрон. Поэтому мелкие частицы аэрозоля повязку не замечают. А вот трудность с прохождением воздуха через влажную маску имеется. В результате он подсасывается с боков, где маска неплотно прилегает к подбородку, носу и щекам, из-за чего сопротвление движению воздуха меньше. Через эти места выдыхаемый воздух столь же свободно попадает в окружающую среду и обратно. Таким образом, мелкие частицы, содержащие вирусы, и проникают сквозь маску и легко обходят ее.

Более того, через некоторое время сама маска становится рассадником инфекции. На ее волокнах конденсируется влага выдыхаемого воздуха, проще говоря, маска намокает, и в ней возникают благоприятные условия для развития бактерий, в том числе болезнетворных. Вирусы гриппа также постепенно накапливаются во влажной маске, поэтому каждые два часа ее следует менять, причем старую надо бы уничтожить.

Зачем же вообще эти маски придумали? Для того чтобы врач в прямом смысле не начихал и не кашлял на пациента. Капли слюны и мокроты, которые образуются при кашле и чихании, медицинская маска задерживает. А в них концентрация болезнетворных организмов и вирусов (если врач сам болен), конечно, гораздо выше, чем в обычном выдохе. О низкой эффективности медицинской маски для защиты здорового человека свидетельствует установленный факт повышенной заболеваемости врачей инфекционными болезнями. Именно поэтому марлевые повязки в инфекционных больницах заменили на специальные респираторы, обеспечивающие высокую степень защиты.

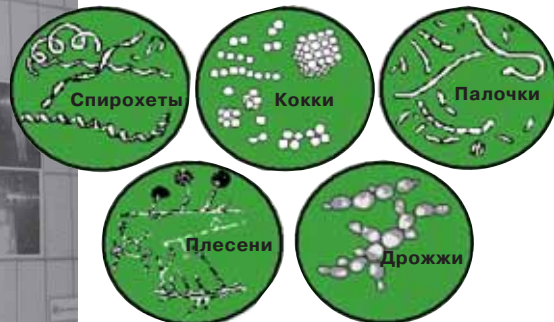
В таких респираторах воздух проходит через уникальный нановолокнистый высокоэффективный материал ФП (фильтр Петрянова), созданный незадолго до войны в Научно-исследовательском физико-химическом институте им. Л.Я. Карпова. Разные виды этого материала предназначены для разного использования. Более грубые идут для защиты от нетоксичных аэрозолей вроде цементной или угольной пыли. Они пропускают сквозь себя примерно четверть частиц. Фильтры высокой степени защиты состоят из волокон нанометровой толщины и могут защищать в том числе и от вирусов. Большое значение имеет конструкция так называемого обтюлятора — полосы респиратора, которая должна плотно прилегать и охватывать лицо человека, не допуская подсоса воздуха. Вот такой профессиональный респиратор третьего класса защиты, например ШБ-1 «Лепесток-200», действительно может защитить здорового человека от вируса гриппа.

Вместе с тем, по-моему, лучшая защита — это укрепление иммунитета, спорт и профилактика. Государство должно тратить деньги на то, чтобы дети и молодежь могли бесплатно посещать бассейны и спортивные залы.

Респиратор может понадобиться человеку, у которого по той или иной причине иммунитет ослаблен. Ну а заболевшему, если ему приходится появляться в общественном месте, следует соблюдать правила гигиены и не становиться разносчиком инфекции. Только в этом случае маска более или менее уместна.



Чистота – залог болезни?



*Мойте руки
перед входом
в производственную зону*

Мы все с детства привыкли слышать: «мойте руки перед едой», «чистота – залог здоровья». Да и само слово «чистый» имеет в русском языке значение «непорочный, безупречный». Принято считать, что здоровыми люди могут быть только в том случае, если их окружает чистота. Человек с древних времен живет среди бактерий, в том числе болезнетворных, и все время пытается с ними бороться.

Где живет сальмонелла?

Первый раз я (биолог по образованию) подумала, что чистота — не всегда благо, когда, только начав работать, приехала на одно из российских пищевых предприятий. Оно поставляло сырье на современный завод по производству пищевых концентратов. Коллега по работе заметила: «Здесь так грязно, что сальмонеллы, конечно, нет». На мой удивленный взгляд пояснила, что сальмонелла, как и многие патогенные микроорганизмы, — существо нежное, неконкурентоспособное, поэтому ее надо опасаться там, где много моют.

Бактериям, как и всем живым существам, для роста и размножения нужны три фактора: питательная среда, температура и вода. Если речь идет о пищевых производствах, то питательную среду мы удалить никак не можем. С температурой ситуация аналогичная, поскольку она поддерживается в пределах +20–22°C. А вот удалить влагу — реально. Надо просто перестать мыть!

На самом деле этот стандарт давно принят на западных пищевых предпри-

ятиях. Когда наша фабрика присоединилась к крупнейшей западной компании по производству пищевых продуктов, первым же требованием стал запрет на влажную уборку.

Новое руководство демонтировало раковины на участках, убрало поломочные машины и купило пылесосы. Зоны на производстве строго разграничили: выделили зону высокой гигиены — только сухая уборка, зону средней гигиены (коридоры, лестницы) — где допускается влажная уборка раз в неделю, и зону низкой гигиены (склад). Несмотря на многочисленные тренинги, наш персонал, включая службу качества, активно сопротивлялся. Ведь если стальные емкости, в которых происходит смешивание продуктов, очищать всухую щетками, сметками, скребками и пылесосами, то все равно остается налет пыли. Наши люди, привыкшие к блеску нержавеющейки, говорили: «Но ведь это грязное!» Полы на нашей фабрике по производству сухих супов — желтого цвета. Они желтые не от краски, а от продукта, поскольку их теперь моют раз в полгода.

Всем пришлось не один раз объяснять, что если вымыть оборудование и помещение, то риск заражения увеличится во много раз.

СанПиН или GMP?

По санитарным правилам организации производства пищевых концентратов, утвержденным в России (точнее, в СССР, поскольку они не менялись с 1976 года), перила, двери, стены и полы моют не реже одного раза за смену, а если они жирные и липкие — по

несколько раз в день. Но как проверить безопасность линии после мытья, как проконтролировать эффективность уборки? Только отслеживая рост патогенных бактерий. Это основной метод контроля и при сухой, и при влажной уборке. Собственно, так и предписывает делать западный стандарт GMP (good manufacturing practice, или «хорошая производственная практика»).

В основном при мониторинге ищут сальмонеллу, но помимо нее контролируют также энтеробактерии, которые выступают как индикаторы гигиены окружающей среды. Как только начинается рост энтеробактерий, это означает, что есть условия и для роста сальмонеллы. По стандарту GMP пробы регулярно берут в четырех местах: сырье, производственная линия, гигиена окружения и готовая продукция. Причем именно в окружающей среде целенаправленно ищут сальмонеллу — образцы берут с пола, пылесосов, фильтров, скрытых мест.

Наш стандарт СанПиНа не предполагает регулярного строгого мониторинга. Производитель сам определяет, как часто надо отбирать пробы сырья, готовой продукции и смывы с рук — раз в полгода или раз в квартал. На многих наших хороших предприятиях до сих пор уверены, что чем больше моешь, тем лучше (ведь так велит СанПиН). Даже там, где, к счастью, не моют, например на зерновых и мукомольных предприятиях, зачастую плохо следят за водой — она попадает в открытые окна, из подтекающих труб.

Все мы очень долго перестраивали свое сознание. Но в процессе работы действительно оказалось, что после



Вход в производственную зону

сухой уборки бактерий меньше, чем после влажной: чистое (вымытое) — на самом деле грязное, а грязное (пыльное) — на самом деле чистое. К такому выводу приводят результаты многолетнего мониторинга патогенов. А желтые полы в главном производственном помещении — хорошая производственная практика в действии.

Отдельно надо сказать о дезинфекции оборудования и инвентаря. По российским санитарным правилам для этого используют раствор хлорной извести или хлорамина, коврики перед входом на производство смачивают дезинфицирующими средствами и т. д. Однако опыт GMP показывает, что именно под ковриками обожают селиться и размножаться бактерии. Поэтому коврики — долой! Более того, статистика также показывает, что если пищевые стоки на производстве не очищать, а просто заливать туда дезинфицирующее средство, то на поверхности воды образуется пленка, под которой начинают усиленно размножаться бактерии.

А дома?

Очищая свое жизненное пространство, люди давно перестарались. Когда мы используем дезинфицирующие средства, то фактически выводим более стойкие штаммы бактерий, а остатки моющих средств разлетаются по помещению, вызывая бронхиты и астму. Мы моем руки ребенка мылом с триклозаном (спасибо рекламе!) и удивляемся, почему он так часто болеет. А между тем ничего удивительного нет.

Наша иммунная система формировалась в суровых условиях, когда микробиологическая нагрузка была гораздо больше. Сейчас же мы пытаемся имитировать стерильные условия среды обитания, поэтому иммунная система ослабляется. Результат — различные виды аллергии.

Как показали исследования, проведенные учеными Технологического университета Кертина (Австралия), дети, в квартирах которых часто устраивают уборку, болеют астмой в четыре раза чаще, чем их сверстники, чьи родители убираются реже. По мнению ученых, в воздухе «идеально чистых» комнат гораздо больше частиц различных химических средств, которые используют для мытья. Известно, что компоненты чистящих средств (растворители, адгезивные вещества, отдушки и т. д.) раздражают дыхательные пути и провоцируют развитие хронического бронхита, ведущего, в свою очередь, к бронхиальной астме.

Какими средствами наводили чистоту раньше? Грязные поверхности терли, скоблили. Закопченную посуду оттирали песком. Там, где требовалось достичь особой чистоты, — кипятили. Стирали с помощью щелока из золы. В XIX веке для мытья появились пищевая и каустическая сода. Однако настоящая революция в области чистоты произошла в середине XX века с изобретением синтетических моющих средств. Последние 50 лет — это триумф химической чистоты. Разработаны специальные препараты для мытья стекла, кафеля, пола, туалета, для выведения пятен, для стирки деликатных тканей...

Одновременно и профессия уборщицы превратилась из самой тривиальной в разновидность индустриального труда. Большие организации часто не нанимают собственных уборщиц, а прибегают к услугам клининговых компаний. Помещение, убранное профессионалами, блистает особой, профессиональной чистотой. К сожалению, медицинская статистика утверждает, что аллергия в форме контактного дерматита — профессиональное

заболевание уборщиц и домохозяек. Недаром на средствах для мытья сантехники пишут, что с ними надо работать только в перчатках.

Да, тот, кто убирает, первым сталкивается с вредной бытовой химией. Но она также воздействует на всех, кто живет и работает в убранном помещении. Все вымытые предметы в нем покрыты тонкой пленкой моющего средства, которая высыхает, рассыпается на мелкие частицы и попадает в наши легкие. Ведь современные средства даже не требуют смывки водой: просто протер — и заблестело.

Итак, вроде бы невинное стремление к чистоте приводит к развязыванию гонки вооружений с микроорганизмами. Сможем ли мы выиграть в этой войне? Пока получается так, что многие выигранные сражения оборачивались в итоге проигрышем: использование антибиотиков приводит к росту нечувствительных штаммов и дисбактериозу, а использование химических средств очистки — к аллергиям и астме. Да и нужно ли «убивать все известные микробы наповал», даже если они притаились за ободком унитаза? Конечно, есть места, где это необходимо — например, больницы, места общего пользования. Но дом — это совсем другое дело.

Использование бытовой химии в умеренных количествах — путь к аллергии, к ослаблению иммунитета, к появлению высокотоксичных штаммов бактерий, а значит, к новым болезням. Невозможно продезинфицировать весь земной шар, и в этой неравной борьбе с микробами выиграть человек все равно не сможет. Мы должны научиться жить в гармонии с миром, и в том числе с бактериями, которые старше, опытнее и многочисленнее нас. А для этого придется посмотреть на мир другими глазами и понять, что грязное не всегда грязно, а чистое — не всегда чисто. Ведь не случайно слово «стерильно» означает не только «чисто», но и «безжизненно».

Удачи нам!

О.Е. Манушина





Судо М.М., Судо Р.М

Нефть и углеводородные газы
в современном мире
М.: ЛКИ, 2008



В книге описаны уникальные природные химические и физические свойства нефти и углеводородных газов. Также изложены представления об их происхождении. Описаны геологические предпосылки формирования нефтегазовых залежей, рассказано о различных методах разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений. Автор приводит сведения об их географическом распределении в мире, о том, каковы геологические параметры месторождений нефти и углеводородных газов на суше и в морях. Рассмотрены действующие международные проекты по разработке нефтегазовых месторождений на шельфе Северного Сахалина, а также перспективы развития и эколого-экономические проблемы нефтегазового комплекса. Книга адресована широкому кругу читателей.

**К.Холмберг, Б.Йенссон,
Б.Кронберг, Б.Линдман**

Поверхностно-активные вещества
и полимеры в водных растворах
М.: Бинум, 2009



Издание посвящено чрезвычайно важной в научном и практическом отношении теме — сосуществованию поверхностно-активных веществ (ПАВ) и полимеров в водных растворах. Подробно рассмотрены различные типы ПАВ (в том числе полимерные), мицеллообразование, фазовое поведение растворов ПАВ. Обсуждаются свойства растворов полимеров и смесей ПАВ-полимер. Отдельные главы посвящены таким сложным системам, как пены, эмульсии и микроэмульсии, их получению и практическому применению. Книга хорошо иллюстрирована, содержит обширные справочные данные и библиографию.

Б.Боннет, Д.Кин

Химия без лаборатории:
увлекательные опыты и развлечения
М.: АСТ, 2008



В книге вы найдете более 40 увлекательных опытов. Они еще раз подтверждают, что химия — часть нашей повседневной жизни и окружает нас повсюду. Проверьте, сможете ли вы регулировать толщину блинов; выделяется ли еще что-нибудь помимо тепла и света при горении свечи; можно ли отличить искусственно ароматизированный лимонад от смеси воды со свежесжатым лимонным соком; одинаково ли быстро ржавеют в воде различные канцелярские кнопки.



КНИГИ

**Е.А.Гудилин, А.В.Гаршев,
А.Е.Баранчиков и др.;**
под ред. **Ю.Д.Третьякова**
Богатство наномира: фоторепортаж
из глубин вещества
М.: Бинум, 2009



Альбом научных фотографий, полученных методами оптической, растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Эти фотографии выполнили в последние несколько лет сотрудники химического факультета и факультета наук о материалах МГУ им. М. В. Ломоносова, а также ИОНХ им. Н.С.Курнакова РАН. Фотографии классифицированы по разделам, отражающим области научных интересов авторов книги, и все они имеют отношение к нанотехнологиям. Отдельная глава, материал для которой предоставлен компанией НТ-МДТ, демонстрирует возможности методов сканирующей зондовой микроскопии. Для широкого круга читателей, интересующихся последними достижениями современной химии, физики и материаловедения.

Мария Глазовская

Педолитогенез и континентальные
циклы углерода
М.: КД Либроком, 2009



В книге рассмотрено современное состояние круговорота углерода в системе атмосфера — педосфера — литосфера. Описаны и проанализированы циклы углерода в природных экосистемах различного масштаба и уровня структурной организации. На основании радиоуглеродного возраста органического углерода, термолюминесцентного анализа, археологических и исторических данных определены скорости стока органического углерода и его накопления на континентах в настоящее время. Сформулирована концепция педолитосферы, ее экологического и глобального геологического значения как первого и обязательного этапа поступления органического углерода — носителя свободной энергии — в осадочную оболочку земной коры. Для специалистов.

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

Наша книжная полка



Бизнес: крупный и российский

Главный научный сотрудник Института народно-хозяйственного прогнозирования, известный российский экономист Яков Паппэ выступает с публичными лекциями редко, и мне не посчастливилось на такую лекцию попасть. Но вот перед нами книга Якова Паппэ и Яны Галухиной «Российский крупный бизнес: первые 15 лет. Экономические хроники 1993 – 2008 гг.».

Среди книг, написанных российскими экономистами, эта книга стоит особняком. Главная ее особенность в том, что она легко воспринимается, ее интересно и приятно читать. То новое, что я узнала из книги, и то, что уже знала, после прочтения как-то само собой пришло в порядок и улеглось в голове. Возможно, потому, что книга эта похожа на хороший учебник истории, грамотно составленный, добросовестно написанный и прекрасно изданный. Она описывает процесс зарождения и этапы развития крупного российского бизнеса, а также его взаимодействие с государством и мировым сообществом. Это своего рода летопись, и, насколько можно судить, фактографически верная. Авторы преследовали цель «дать развернутое экспертное описание объекта, исследования в его динамике, которое было бы связным, непротиворечивым и убедительным для читателя, заинтересованного в структурированном изложении фактов и тенденций и их содержательной интерпретации». Им это удалось: книга написана простым, понятным

Я.Ш.Паппэ, Я.С.Галухина

«Российский крупный бизнес: первые 15 лет. Экономические хроники 1993 – 2008 гг.».

Москва,

«Издательский дом ВШЭ»,
2009 год

языком, не перегружена специальными терминами, доступна читателю, неискушенному в экономике. Известно, задумывалась ли она таковой изначально, или авторы этой задачи перед собой не ставили. Но важен результат: мы держим в руках книгу, которая «по зубам» не только экономистам, но и политологам, социологам, юристам, журналистам и просто любознательным читателям, а также ученикам старших классов, изучающим новейшую историю.

Признак высокого профессионализма — рассказать просто о сложном. А то, что выбранный для описания объект сложен, причудлив и по многим причинам неудобен для исследователя, сомнений не вызывает. Изучать его — нелегкий труд, и главная трудность — в получении достоверной информации. Один из разделов первой главы целиком посвящен особенностям источников информации, которая использовалась при написании книги. Авторы сочли нужным дать оценку степени достоверности этой информации и объяснить читателю причину отсутствия ссылок на источники. Доверительный тон — еще одна особенность книги, и особенность весьма симпатичная. Авторы избегают категоричных утверждений; используя обороты «нам кажется», «мы считаем», они не навязывают читателю свое мнение, а лишь высказывают его.

Однако при всем уважении к авторам кое в чем с ними можно не согласиться. Например, показался неоправданным оптимизм авторов по поводу становления крупного российского бизнеса на цивилизованные рельсы. В связи с выходом на мировой финансовый рынок и интернационализацией российского бизнеса крупные компании были вынуж-

дены привести свой бизнес в соответствие с мировыми стандартами. Но вынужденная потребность и внутренняя потребность — это разное. Вынужденная предполагает минимальные изменения, которыми самореформирование, как правило, и ограничивается. Внутренняя же потребность произрастает из желания сделать свой бизнес цивилизованным «для себя», а не для иностранных кредиторов, инвесторов, партнеров. А главные маркеры цивилизованности — грамотное управление и долгосрочное, стратегическое планирование. О каком грамотном управлении может идти речь, когда топ-менеджеры в компании набирают, зачастую руководствуясь не пользой дела, а другими соображениями. О каком долгосрочном планировании может идти речь, когда государство выстраивает свои отношения с бизнесом исключительно с позиции силы, не считаясь с его интересами, что было продемонстрировано показательной расправой над ЮКОСом. Власть ясно дала понять, насколько жестко она способна действовать, «если сочтет кого-то опасным для себя». Нам представляется правильным то, что авторы выделили дело ЮКОСа в отдельную главу, поскольку оно действительно стало поворотной точкой в отношениях государства и бизнеса. «В результате крупный бизнес надолго потерял и возможность, и желание действовать сколько-нибудь самостоятельно в политической и социальной сфере». Тот, кто интересовался историей нашей страны, знает, насколько велика была роль крупного бизнеса во всех областях ее жизни до октябрьского переворота 1917 года. И крупный бизнес новой, но пока не состоявшейся России тоже начал поддерживать, пока еще робко, культуру, образование, социальные программы, да только из передач по телевидению о благотворительных инициативах ЮКОСа вырезали фамилию...

Хочется поблагодарить авторов книги за объективное освещение событий, сведение воедино картины современного российского бизнеса, детальный анализ состояния дел в экономике страны и честно выраженную позицию по поводу государственной политики в отношении крупного бизнеса России. До тех пор пока такие книги кто-то пишет и выпускает в свет, есть надежда, что для нашей страны еще не все потеряно.

А.Сляднева

Наша книжная полка



Э. Дж. Вагнер.
Шерлок Холмс.
Наука и техника.
Москва,
«Издательство "Эксмо"»,
2009 год

ческие факты, а не на технические детали. Интересные сведения, которые нельзя тематически привязать к рассказам о Шерлоке Холмсе, вынесены в раздел «Всякая всячина» в конце главы.

Писательница добросовестно перечисляет имена тех, кто внес вклад в науку расследования преступлений. Среди них Эжен Видок, Матьё Орфила, Альфонс Бертильон, Джеймс Марш, Жан Серве Стас. Книга рассказывает о множестве реальных преступлений прошлого, раскрытых с помощью новинок криминалистики или, наоборот, оставшихся нераскрытыми. Среди них известное «дело Дрейфуса», преступления Джека Потрошителя, дело Криппена и дело Мари Лафарж, в котором, по мнению Вагнер, не все однозначно. Автор намекает, что бедную Мари могли «подставить», ведь против нее было только одно свидетельство, причем женщины, имевшей личную неприязнь к жене Шарля Лафаржа... В книге широко цитируются не только рассказы Конана Дойла, но и мемуары известных сыщиков, и научные труды знаменитых криминалистов.

Книга Э. Дж. Вагнер по структуре напоминает знаменитый «Век криминалистики» Юргена Торвальда, только в сильно облегченном варианте. Так сказать, «Юрген Торвальд для бедных». Кстати, «Век криминалистики» упоминается в книге Вагнер, правда, название переведено как «Столетие детектива». Эта оп-

лошность характеризует переводчица не с лучшей стороны. Да переводчица как бы и нет: имя его нигде не указано. А качество перевода, увы, не лучшее. Вот образцы неуклюжих фраз: «*За долгие годы жизни я успела обзавестись гораздо большим количеством экземпляров книг о Холмсе, чем можно себе представить, и время от времени, потворствуя своим желаниям, понемногу перечитывала их, пытаюсь установить связь между своей слабостью к Шерлоку Холмсу и работой, заключающейся в чтении лекций по истории криминалистики*». Человек, хоть в какой-то мере обладающий языковым чутьем, споткнется уже на пассаже, в котором его подозревают в полном отсутствии воображения (это почему же некоторое конечное число экземпляров книг невозможно себе представить?). Да и глагол «потворствоваться» имеет в современной речи негативную смысловую окраску. У хорошего редактора при прочтении такой фразы руки чешутся ее переписать. А вот другой образец: «*Я продолжала играть мыслями, но лень услужила разгадку того, как объединить Холмса и историю криминалистики*». Это уже похоже на подстрочник. Может, автор перевода — «человекоподобный робот» из компьютера? Потому что человек призадумается, прежде чем написать про «*ворсинки, соскобленные с черепа*». Не лучше ли будет «волоски, сбритые с головы»?

Корявый перевод иногда мешает уловить смысл предложения. Как, например, понимать слова «*представители семейства Борденов, под руководством Мэгги приходящие в себя после схватки с кишечными проблемами*»? Собственно, непонятно, какое руководство осуществляла служанка Мэгги по отношению к семье своих работодателей. Из дальнейшего текста следует, что в роковой день Мэгги испытывала тошноту и сонливость; это заставило ее удалиться в свою комнату и позволило преступнику беспрепятственно убить хозяйку и хозяина. То есть кишечные проблемы были как раз у служанки. Впрочем, разобраться в этом нет никакой возможности. А вот еще дивная фраза: «*Возникает вопрос о том, могла ли Лиззи выразить свое недовольство скучным отцом и неудобной мачехой, избавившись от них с помощью топора?*».

Все же русский перевод книги Э. Дж. Вагнер выглядит вполне пристойно на фоне вопиющего убоже-

Наука от Джеймса Бонда и Шерлока Холмса

В серии «Открытия, которые потрясли мир» издательства «Эксмо» вышли книги, названия которых можно было бы перевести с английского как «Наука от Джеймса Бонда» и «Наука от Шерлока Холмса». Российские издатели предпочли более строгие заглавия: «Джеймс Бонд. Наука и технологии» (авторы Лоис Грэш и Роберт Вайнберг») и «Шерлок Холмс. Наука и техника» (автор Э. Дж. Вагнер). Американское издательство, опубликовавшее англоязычные оригиналы под однотипными названиями «The science of James Bond» и «The science of Sherlock Holmes», полагало с помощью знаменитых персонажей привлечь внимание читателя к достижениям современной науки и техники. Идея интересная. Очень хорошо, что ее подхватили и в нашей стране. Две книги, о которых идет речь, воплощают эту идею по-разному.

Э. Дж. Вагнер, отталкиваясь от текста рассказов о своем любимом сыщике Шерлоке Холмсе, детально описывает историю криминалистики. При этом упор делает на истори-



Л. Грэш, Р. Вайнберг.
 Джеймс Бонд.
 Наука и технологии.
 Москва,
 «Издательство "Эксмо",
 2009 год

ства таких «шедевров» перевода, как, например, небезызвестная «О, химия!» (текст П. Депенера; перевод, если можно это назвать переводом, В. Строганова; издательство «Техносфера»). Материал, изложенный в книге, увлекает, и неряшливое построение фраз не бросается в глаза. Короче говоря, книгу Э. Дж. Вагнер стоит прочитать тем, кто интересуется историей криминалистики и судебной медицины, а «Век криминалистики» раздобыть не сумел.

Книга Лоис Х. Грэш и Роберта Вайнберга «Джеймс Бонд. Наука и технологии» имеет сходное построение, но отличается интонацией и, если можно так выразиться, содержательным вектором. Начнем с того, что у книги есть переводчик, имя которого не скрывается от читателя. И качество перевода А. Н. Кушнера выгодно отличается от качества работы его безымянного собрата (не говоря уж о халтуре В. Строганова). Более того, переводчик порой со знанием дела поправляет авторов. Например, о вирусе ящура Грэш и Вайнберг пишут, что он не опасен для людей, но А. Н. Кушнер приводит другие данные.

Далее, если в книге Вагнер делается упор на историю внедрения новых методов в расследование преступлений, перечисляются имена и даты, то в книге Грэш и Вайнберга рассматриваются технические дико-

вины, якобы использовавшиеся Джеймсом Бондом, с точки зрения правдоподобности и принципа их действия. В конце книги приведен длинный перечень ссылок, в основном на англоязычные веб-сайты, откуда почерпнута информация. Авторы дотошно перечисляют технические характеристики описываемых устройств: калибр, радиус действия, габариты, уровень радиации, скорость, размах крыльев, марки автомобилей, системы оружия, методы шифрования и прочие упоительные для мальчика-подростка данные. То есть акцент делается на физику, а не на историю. Хотя дат и имен тоже хватает. Разумеется, повествование, насыщенное физическими и техническими терминами, переводить непросто. Видимо, опечаткой являются «протоны лазерного луча». «Электроны с негативным зарядом», скорее всего, англицизм, который бросается в глаза человеку, изучавшему физику на русском языке. И коль скоро мы заговорили о русском языке: совет «оденьте смокинг» вместо «наденьте» несколько разочаровывает.

Повествование Э. Дж. Вагнер исполнено почтения к Шерлоку Холмсу, а в тексте Л. Грэш и Р. Вайнберга о фильмах про Джеймса Бонда сквозит ирония, да еще переводчик иной раз поддает жару своими комментариями. Авторы обнаруживают в сюжетах этих фильмов ряд логических и технических неувязок и не отказывают себе в удовольствии понасмешничать. Про базу злодея Бло-

уфельда из фильма «Живешь только дважды» они пишут: «Поскольку база находится в самом отдаленном уголке Японии и рядом расположены лишь рыбацкие деревушки, никто не удивляется появлению огромной многоступенчатой ракеты, разбрасывающей газ и пламя на весь океан. Естественно, японские рыбаки слишком привыкли к атакам Годзиллы, чтобы удивляться мелочам вроде какого-то космического корабля». Из всех персонажей сериала о Джеймсе Бонде безусловное восхищение Лоис Грэш и Роберта Вайнберга вызывает рафинированный технарш-изобретатель Кью.

Бондиана детально изучена авторами: как уже сказано, приводятся перечни шпионских устройств, использованных Бондом, автомобилей Бонда, оружия Бонда, часов Бонда с их дополнительными функциями и много чего еще. Указано, в каком фильме Бонд пользуется тем или иным устройством, существовала ли в год выпуска фильма техническая возможность использовать такое устройство. При этом выясняется, что некоторые из шпионских приспособлений, подобных бондовским, в год выпуска фильма действительно имелись в арсенале спецслужб, а иные вымышленные сценаристами устройства опередили развитие техники. Так, например, в фильме «Бриллианты навсегда» (1971) Джеймс Бонд прикидывается неким Питером Фрэнксом, известным вором. Для убедительности на кончики его пальцев были нанесены латексные пленки с отпечатками пальцев настоящего Фрэнкса. Грэш и Вайнберг пишут, что хакеры из Германии Старбаг и Лиза, чтобы обманывать дактилоскопические сканеры, создали подобные приспособления в 2003 году.

Книга Лоис Грэш и Роберта Вайнберга настоящая энциклопедия бондианы. Авторы не ограничиваются подробным изучением технических устройств, использованных Бондом. В приложении приведен рецепт любимого напитка Бонда и мнения разных ученых о его пользе. В другом приложении перечислены все коллеги Бонда, фигурировавшие в книгах Флеминга и продолжателей, а также упомянутые в фильмах. Оказывается, помимо агента 007 были еще агенты с номерами от 002 до 009, 0011 и 0012. Читателям Бонда будет чрезвычайно интересно прочитать обо всем этом.

Е. Лясота

Гранат

Что за фрукт гранат? Плод граната содержит от 400 до 700 семян, покрытых сочной оболочкой, и очень похож на ягоду, но специалисты называют его гранатиной. Растут гранаты на невысоких деревьях или кустарниках, усыпанных красными цветками. Не из каждого цветка завязывается плод, только из тех, у кого длинные пестики, а таких всего 3–5%. Период цветения граната очень растянут, поэтому на многих деревьях в одно и то же время встречаются и цветки, и вполне зрелые плоды.

Русское название «гранат» произошло от латинского *granatus* (зернистый), а в Древнем Риме этот плод имел два названия: *malum granatum* и *malum punicum* (пуническое яблоко). Пунийцами римляне называли жителей Северной Африки. В то время лучшие гранаты, бескосточковые, росли в Карфагене. Другое же название буквально означало «зернистое яблоко». А словосочетание «зернышки граната» на самом деле тавтологично: «зернистые зерна». Кстати, внутри плода эти зернышки располагаются в два этажа — в верхнем этаже два гнезда для семян, а в нижнем от пяти до девяти.

Всякий ли гранат сладок? Гранат разводят ради плодов, которые дают до 60% сока. Мы любим, чтобы сок был сладким, но не каждый кислый гранат незрелый. Культурные сорта содержат 8–20% глюкозы и фруктозы и до 10% кислот, в основном лимонной и яблочной. Соотношение кислоты и сладости в разных сортах различно и зависит от места возделывания. Как правило, среднеазиатские и нахичеванские гранаты сладкие, а карабахские и выросшие в Западном Азербайджане — более кислые. Грузинские гранаты тоже кисловатые, и мякоть у них не красная, а розовая. Кислые гранаты не так приятны на вкус, но лучше подходят для приготовления напитков.

Чем полезен гранат? Помимо сахаров и кислот, плоды граната содержат витамины, в том числе аскорбиновую кислоту. В одном гранате заключено 40% суточной нормы витамина С, так что это прекрасное противощитовое средство.

Гранат — одно из древнейших лекарственных растений. Во многом его целебные свойства можно объяснить высоким содержанием антиоксидантов. В гранатовом соке их больше, чем в любом другом напитке, будь то красное вино, зеленый чай, сок голубики или клюквы. Один из них, водорастворимый полифенол пуникагалин, служит профилактическим средством от артрита и сердечно-сосудистых заболеваний. Другой полифенол, эллакиновая кислота, восстанавливает структуру клеточных мембран и тем самым обеспечивает энергетический метаболизм, удерживание влаги и стимуляцию синтеза коллагена. Благодаря полифенолам гранатовый сок не только препятствует развитию атеросклероза, но излечивает уже существующий. Кроме того, гранат может помочь в лечении диабета и метаболического синдрома, поскольку некоторые его компоненты снижают уровень сахара в крови. А чтобы снизить уровень холестерина, надо выпивать по стакану сока в день.

Гранатовый сок улучшает аппетит, освежает, утоляет жажду и снижает жар при лихорадках, помогает при малокровии. Свежие плоды граната действуют как укрепляющее средство после инфекционных заболеваний, операций и при истощении организма. Полезны гранаты гипертоникам, поскольку их регулярный прием снижает кровяное давление. Разведенным соком граната полощут горло при ангине, помогает он и при кашле, бронхиальной астме и малярии. Гранатовый сироп и густо сваренный сок хороши от похмелья.

Кожура граната обладает не менее ценными качествами. В народной медицине при кашле, колитах (воспалении толстых кишок), простудных заболеваниях, малярии свежие плоды употребляют вместе с кожурой. Гранатовая шкурка содержит алкалоиды пеллеттиерин и изопеллеттиерин, которые губительны для ленточных глистов. Однако применять отвар кожуры надо с крайней осторожностью: по половине чайной ложки три-четыре раза в день. Алкалоиды очень ядовиты, и при неправильной дозировке могут возникнуть желудочно-кишечные кровотечения или слепота. Многие медики советуют использовать отвар только в крайнем случае, когда не действуют другие лекарства.

Помимо алкалоидов, «шкурка» богата дубильными веществами, которые способствуют заживлению тканей и подавляют воспаление. Соком граната и порошком из кожуры плодов лечат ожоги: сначала соком смажут, затем порошком присыпают. Но если порошка под рукой не окажется, разведенный сок граната тоже хорошо помогает. Благодаря вяжущим и противовоспалительным действиям, отвар кожуры излечивает расстройства кишечника, а содержащиеся в ней полифенолы угнетают рост дизентерийной палочки.

Целебным свойством обладает и масло из кожуры граната. Чтобы его приготовить, нужно заполнить четверть баночки кожурой, залить оливковым маслом и две недели настаивать в прохладном темном месте, после чего масло готово к употреблению. Поврежденное место нужно смазывать перед сном.

Художник Е. Станикова



Перепонки из плодов граната, высушенные и добавленные в чай, помогают укрепить нервную систему, избавиться от тревоги, снять возбуждение.

Всем ли полезен гранат? Гранат — это просто какая-то всякая аптека, но пользоваться ею надо с осторожностью. Гранатовый сок содержит большое количество органических кислот, которые раздражают желудок и портят эмаль зубов. Поэтому сок надо разбавлять водой, а выпив, прополоскать рот. Кроме того, гранат вреден для лиц с хроническими запорами и геморроем, так как обладает укрепляющим действием.

Как очистить гранат? Мало того что добыть гранат нелегко — ветки колючие, так и до зерен не доберешься. Удар ножом по плотной кожуре неизбежно вызовет фонтан сока. Специалисты предлагают три способа очистки. Можно аккуратно срезать верхушку с коронкой, не задевая зерен, и разрезать плод на шесть долек, как апельсин. Второй способ предлагает опять-таки срезать верхушку, затем надрезать кожуру (только кожуру) по окружности плода, вырезать на «полюсах» граната мягкие утолщения кожи, и только потом разломить гранат руками на половинки. Наконец, третий способ: плод со срезанной верхушкой и надрезанной кожурой замочить пять минут в миске с холодной водой, а затем, держа плод под водой, аккуратно разломайте его на кусочки. Кожура и пленки всплывут, а семена сами упадут на дно. Тут вы их и подберете.

Как отплеваться от гранатовых косточек? Получив, наконец, полную миску зерен, вы обнаруживаете в центре каждого косточку. Поступать с косточками можно двояко: либо выплюнуть, либо проглотить. Специалисты не видят в глотании ничего страшного. Это безвредная клетчатка, которая очищает кишечник и улучшает его перистальтику (в малых дозах, конечно). Однако научных данных, которые подтверждали бы это мнение, пока нет.

Помимо клетчатки, гранатовые косточки содержат до 20% жирного (то есть не эфирного) масла с растительными эстрогенами, которые восстанавливают гормональный баланс в организме, снимают головные боли, повышенное давление и раздражительность во время климакса.

Высушенные на солнце или в духовке зерна используют для изгнания ленточных глистов. Для этого зерна тщательно измельчают и принимают перед едой три-четыре раза в день по столовой ложке на стакан ананасного сока без сахара — вот такой изысканный рецепт. При воспалении ногтевого ложа, гнойных язвах, болезнях уха и носа истолченные семена граната смешивают с медом и применяют как мазь.

Чем полезно гранатовое масло? Гранат, конечно, не относится к числу масличных растений. Из 500 кг плодов методом холодного прессования получают всего килограмм масла, его продают в маленьких пузырьках и используют в косметических и лечебных целях. В нем сконцентрированы все полезные свойства граната. Оно богато антиоксидантами и витамином E, а также обладает уникальным набором полиненасыщенных жирных кислот, основу которого составляет специфическая гранатовая кислота, в сочетании с токоферолом и стеролами. Гранатовое масло снижает уровень сахара в крови, стимулирует производство коллагена и регенерацию кожи, помогает снижению веса, предотвращает развитие диабета. Оно уменьшает мышечные боли и отеки, обладает успокаивающим и противовоспалительным действием: его используют при экземе и псориазе и в средствах после загара.

Что можно приготовить из граната? Гранат едят в свежем виде, готовят из него варенье, подают с мороженым. Зерна служат заправкой к различным блюдам. Часто для этого используют бескосточковые сорта граната: на самом деле косточки у него есть, но они очень маленькие и мягкие. А в Северной Индии семена граната сушат и используют как специю, которой приправляют блюда из овощей и бобовых; такую приправу из сушеных гранатовых зерен называют анардана.

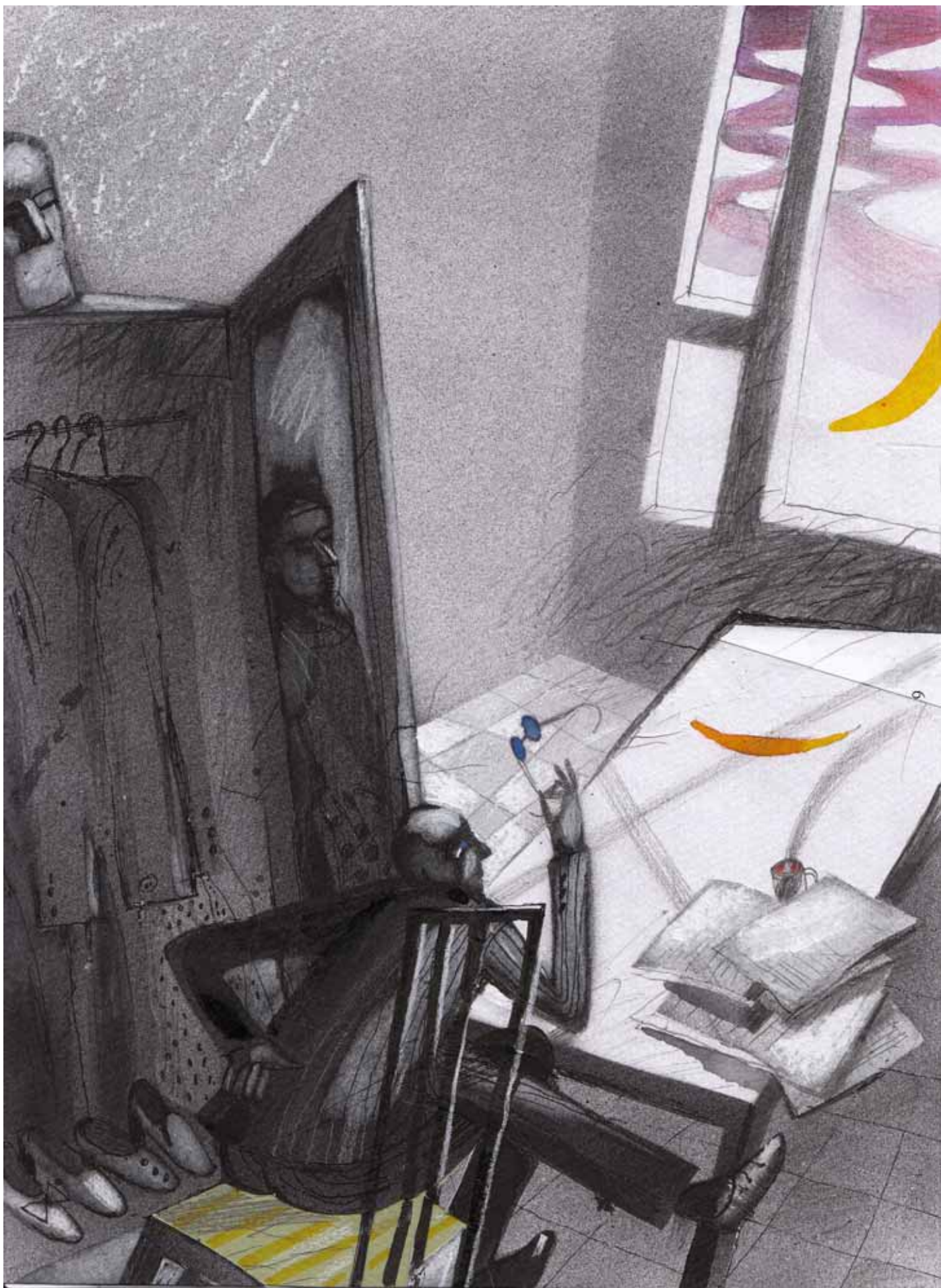
Другой важнейший полуфабрикат — гранатовый сок. Из сока кислых сортов готовят соус «наршараб» — приправу к блюдам кавказской кухни. Во многих странах гранатовый сок используют для маринования: его ферменты делают мясо более нежным, к тому же кисловатый вкус украшает мясные блюда. Белки, замаринованные в гранатовом соке, сохраняются лучше, чем в обычном маринаде.

Европейцы делают из гранатового сока гренадин — очень сладкий сироп. Чтобы приготовить его самостоятельно, нужно взять одну часть гранатового сока и две части сахара. Эти ингредиенты надлежит либо соединить в бутылке и тщательно встряхнуть, либо вскипятить и затем варить, пока не уварится вполтину. В любом случае продукт потом ставят в холодильник. Холодный сироп не такой красный, как теплый, но более сладкий, чем покупной.

Гранатовый сок можно приготовить и на собственной кухне. Проще всего размять семечки в сите обратной стороной деревянной ложки. Можно также разрезать гранат пополам и отжать в соковыжималке для цитрусовых. Если соковыжималки нет, а терпения много, подойдет обычная давилка для чеснока.

Н. Ручкина

**НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ**



Агриппина

Наталья Егорова



ФАНТАСТИКА

Главред походил на мультяшного суслика. Мягкими щечками, взъерошенным, песочного цвета, хохолком и манерой вытягивать шею из жесткого воротника при обращении к собеседнику. Вот только глаза у него были, как дула двустволки.

— Опыт работы у вас, э...?

— Три года, — торопливо подсказал Антон, — в «Модном софте».

И мгновенно укорил себя за суетливость. Нельзя показывать, что тебе нужна эта работа — так пишут во всех пособиях. Спокойствие, надежность, уверенность. Руки расцепить и на стол.

— Это журнал?

А то в резюме не видно, что журнал!

— Да. Популярный. Компьютерная тематика.

— А почему ушли?

Поди ответь. Честно признаться, что вылетел за излишнее наукообразие и отсутствие уменьшительных суффиксов? «Очаровательная программка» вместо «оптимального решения» и «симпатичные кнопки» вместо «удобного интерфейса». «Самая модная программка этого месяца» — вот гадость-то какая!

— По личным причинам.

— Да? — заинтересовался главред. — Конфликтовали с руководством?

— Н-ну... (как бы это сформулировать обтекаемо?). — Видите ли, в редакции работали одни женщины...

Строго говоря, был еще бухгалтер сильно пенсионного возраста, обремененный детьми, внуками и дачей в районе Истры, и мальчишка-сисадмин. Но мальчишка был занят исключительно железками, на флиртующих дамочек внимания не обращал, а на их вопросы отвечал коротко и непонятно.

Так что все внимание девушек обрушивалось на Антона.

— Антончик, не посмотришь, чего у меня не печатается?..

— Антоша, а куда у меня Интернет пропал? Вот тут была кнопочка с синенькой буквочкой...

— Антонио-о, а ты новую игрушечку ви-идел?..

И за спиной без конца шу-шу-шу, хи-хи-хи. Главное, не дай бог выделить одну — остальные тут же начинают мелко пакостничать. То карандаш утащат, то кофе на мышиный коврик прольют. А восьмое марта — вообще ежегодное разорение.

— Угу, угу, — покивал главред. — С этим понятно. А что вы думаете об НЛО?

Вот оно, начинается. Как должен ответить потенциальный работник журнала «Взгляд в невозможное»? Антон подобрался и поправил очки.

— Ну, на основании имеющихся данных можно говорить и о естественной их природе, и о технологической. Впрочем, может быть, в некоторых случаях... имело место добросовестное заблуждение, э, контактеров... Тема-то популярная, — неловко закончил Антон.

— А о домовых что думаете?

— Н-ну, нельзя отрицать, что свидетельства якобы очевидцев (зачем он сказал «якобы»? поменьше скепсиса) в основных чертах совпадают... Видимо, можно предположить...

— А о возвращении мертвецов с того света?

— Н-ну...

Глубокомысленное английское «well» звучит гораздо интеллигентнее, чем наше неуверенное «ну». Жаль, что все познания Антона в английском заканчивались на этом слове.

— Н-ну, — продолжил он, — массовое сознание склонно смешивать реальные случаи, когда хоронили людей, впавших в летаргический сон, и мифы о...

— Короче, Антон... — взглянул редактора мимолетно коснулся лежавшего перед ним резюме, — Викторovich, вы во все это верите? Да или нет?

Да уж, короче не придумаешь. Антон вспотел от напряжения, мушиные лапки щекотно побежали за воротник. «Да, конечно», — вот так ответить и изобразить искренность на лице. И ладони на стол — дескать, я открыт, я спокоен.

Но ведь потом придется доказывать. Вздох расписывать процесс контакта с зелеными человечками, ужасаться загробной мести загубленного родственника. «Самый модный домовой этого сезона...»

Если подумать, то так ли ему нужен именно этот журнал? Хотя, конечно, тираж... и зарплата соответствующая.

— Нет. В целом — нет. — И добавил, будто это что-то объясняло: — Я заканчивал технический институт.

Главред откинулся на спинку кресла, отвел дула глаз к потолку.

— У нас вы будете работать с письмами читателей.

У нас? Он не ослышался?

— Извините... я сказал, нет. Не верю.

Придурок, зачем он настаивает? Должность была уже в кармане.

— Именно поэтому вы нам подходите, — услышья физиономия осталась невозмутимой. — С теми, кто исто-во верит во всю эту околесицу, работать невозможно.

Однако!

— Главное, — продолжил главред, — не зацикливать-

ся на пережевывании старых сенсаций, надежнее создавать новые. — И без перехода: — Вы будете Агриппиной.

— Простите?

— Будете так подписывать вашу колонку. Фактически вам нужно будет разработать эту роль до мелочей. Вам ведь придется не только на письма отвечать, а впоследствии и интервью давать — естественно, заочно. Я бы начал, скажем, с образа молодой женщины, житейски мудрой, но не без ехидцы.

— Но я...

— Вас это напрягает? То, что вы будете подписываться женским именем?

— Да нет, но...

— Пойдемте, я покажу ваше рабочее место. Корреспонденция у нас и бумажная, и электронная, большая часть — хлам, а из оставшегося будете выбирать самое интересное. Сумасшедших приветствовать, но не поощрять. Пока все понятно?

— Н-ну...

Готовясь к собеседованию, Антон старательно изучил три номера «Взгляда в невозможное». Журнальчик был, в общем, так себе; никогда не подумаешь, что в нем такие деньги платят. Рыхлая бумага, иллюстрации, заставляющие подозревать художника в шизофрении (одни лица в клеточку чего стоили!), бермудские треугольники, лешие, полтергейсты и прочая метафизическая мишура. Интересен журнал был, пожалуй, лишь своими персонажами — постоянными ведущими рубрик и раздельчиков.

Например, дед Макар Игнатич — реликт из заброшенной деревни, виртуозно бранившийся с зелеными человечками из НЛО, которыми окрестная глушь так и кишела. Еще была престарелая девица Лилия Белоглазова — жеманная хранительница фамильных тайн и леденящих душу историй о привидениях. Была хитрая гадалка Руфия, от чьих предсказаний ощутимо веяло нейро-лингвистическим программированием. Еще: сладкая парочка Вилен Саранов и Вольдемар Кизяков, которые копались в технических подробностях таинственных катастроф, то и дело ссылаясь друг на друга и ведя непрерывные споры. А еще некто А. Бельмонт (не иначе, производный от Бальмонта и Бельмондо), эстет и мистик, густо замешивавший свои статьи на литературных аллюзиях и постмодернизме. И так далее и тому подобные.

Закулисье же «Взгляда в невозможное» оказалось помещью психбольницы и балагана. Ибо здесь никто не походил на себя журнального.

Дед Макар оказался хрупкой шатенкой Юлечкой, голубоглазым эльфом; она не ходила, а левитировала, не касаясь разбитых паркетин, и была готова упасть в обморок от малейшей грубости. Эстет Бельмонт предстал бабником и матершинником по фамилии Козловский, к чьим губам навечно прилипла жеваная сигарета. Девушки оказывались циничными мужиками, скептические технари — восторженными лириками, а Саранов с Кизяковым — и вовсе супругами Галей и Витей, пребывавшими последний десяток лет на грани развода, хотя это не мешало им совместно копать в катастрофах и сенсациях.

Вот разве что генерал-бабка Ника по возрасту оказывалась где-то рядом со своей аватарой Белоглазовой. Зато в остальном она оставалась реликтом советского времени — в кофтах с люрексом, с громадными брошками, с выкрашенной хной жестко завитой шевелюрой (хнойная барышня, как отрекомендовал ее Козловский). Поговаривали, будто она раз пять побывала замужем и всех мужей методично свела в могилу. Глядя в горящие из-под огненных вихров глаза, Антон верил.

Откуда в каждом из них (и соответственно в статьях) брался чуждый язык и странные мысли, оставалось загадкой.

Познакомился Антон и с художником. Коренастого, быковатого, с низкой линией жестких волос, его легко было представить за рулем джипа или с бутылкой пива в короткопалой руке среди шумной компании у подъезда. Однако, вопреки производимому впечатлению, он изъяснялся на хорошем русском, пива не пил, а на рабочем столе держал учебники по психиатрии, густо утыканные закладками. Антон испытал настоящее потрясение, когда выяснилось: свои безумные иллюстрации он методично компилирует из симптомов психических отклонений.

— Это производит хорошее впечатление, — пожимал он литыми плечами. — Если ты псих, можешь сойти за гения. Если можешь сойти за гения, в твоих работах будут находить все, что угодно — от свежего взгляда до глубокой философии.

Насчет философии Антон поспорил бы, но черви с лицами женщин-вамп и сутулые люди с крохотными головами впечатляли.

Все роли, как радостно сообщил Козловский, придумывал главред...

Несколько дней Антону было не по себе. Главред казался маньяком, чудовищным кукловодом, который навязывал каждому чужую жизнь. Знать бы, в каких целях. И вовсе не успокаивало то, что постоянно раздвоенные журнальные персонажи дискомфорта вроде бы не ощущали.

Потом Антон успокоился. Привык.

«Уважаемая редакция! В нашем поселке постоянно происходят невероятные события, в реальность которых невозможно поверить. Не далее как вчера над магазином висел неопознанный объект эллиптической формы, вокруг которого распространялось яркое свечение...»

«Здравствуйте, редакция! Я постоянно сталкиваюсь с непознанным. Хочу рассказать несколько историй, которые произошли со мной в последнее время. Иногда самому не верится, что такое бывает, но это все происходит со мной взаправду. Например, год назад случилось...»

«Жили мы в деревне у родителей жены. Я в колхозе шоферил. Считалось, что шоферил. Потому что грузовик колхозный без конца ломался. Так что я больше чинил его. И был, значит, не шофером, а больше механиком...»

«...Помогите! со мной происходит невероятное, невозможное, всякие ужасные вещи! Мне кажется, у нас в доме поселился домовый и он меня ненавидит! Я уже

молоко ему ставила, как вы писали, и крошки оставляла, и пуговицы в духовке! А тут ночью просыпаюсь...»

«Многие не верют, что ведьмы существуют, а я верю. Только не знаю, как правильно выбрать хорошую ведьму по объявлению в газете. Может, вы в редакции подскажете, по каким параметрам надо выбрать...»

Антон потер уставшие глаза и переключился на статью.

«Дорогие мои! Сегодня мы поговорим о домовых и прочей мелкой домашней нечисти, с которой вынуждены уживаться. Эта задача кажется несерьезной перед проблемой, например, мужа-пьяницы или малогабаритной квартиры (кстати, в малогабаритной квартире домовые предпочитают не селиться), однако и она требует решения...»

Агриппина оживала.

С каждым разом он все проще подбирал нужные слова, а потом почти без содрогания ставил под текстом ее имя. Антон уже начинал представлять ее зрительно: темные волосы, выбивающиеся из-под пестрой ленты — интеллигентного варианта банданы; серые глаза с чуть поднятыми уголками — намек то ли на азиатских предков, то ли на стилистику аниме. И вкрадчивый голос, вещающий с рыхлых журнальных страниц.

«Как ни забавно, настоящая находка для домового — это хозяйка-неряха. Та, которая оставляет на ночь небубанный стол, недопитый чай в чашках и засыхающие хлебные горбушки. Домовой не брезглив, он охотно поужинает объедками, но стерильная чистота кухни приводит его в бешенство».

Агриппина обростала привычками и пристрастиями. Она не делала маникюра, носила туфли на низком каблучке и обожала грейпфрутовый сок. В ее доме стояла мебель из металлических трубок, а в аквариуме жил черепашка Кузя. Она терпеть не могла чиклит и рок, но обожала диксиленд и старомодные детективы про Пуаро и Коломбо.

«Домовой злопамятен, но неизобретателен. Методы, которыми он будет демонстрировать свое нерасположение к вам, в основном сводятся к мелкому полтергейсту и удушению во сне. Впрочем, в последнем случае до летального исхода дело не доходит: домовый отлично знает, кто его кормит».

У Агриппины на кухне стоял холодильник с огромной морозильной камерой, набитой полуфабрикатами: она не любила готовить, а ходить в кафе ей было лень. К дверце холодильника примагничены крохотные керамические скульптуры: голова жирафа, корабль в шторм (паруса обвисли с трех мачт), развернувшая крылья чайка.

Она варила кофе в медной турке и пила мартини из зеленого бокала, к которому не было пары.

Антону нравились не такие женщины. Брюнетки с сухими лодыжками и яркой помадой, насмешливые и резкие на язык. Он и Агриппину сделал бы такой, будь его воля. Одед бы ее в вызывающий гипюр, рассыпал по плечам смоляные кудри и нарисовал обольстительную линию от высокой шпильки к стройному бедру.

Однако клавиши по-прежнему выстукивали серьезные округлые фразы. Антон сердился, поминутно протирал очки, пил кофе, за крепость прозванный Козловским



ФАНТАСТИКА

«жидким асфальтом», но ничего не менялось. Похоже, следовало признать, что его воля слабовата.

«Домовой любопытен и шаловлив: он перекладывает с места на место ваши вещи, а некоторые прячет так, что их приходится искать неделями. Предки советовали в этом случае привязать домового ниткой за бороду к ножке стула...»

Иногда в пустой квартире ему чудились ее шаги.

«Пожалуй, я перескажу вам несколько пугающих историй, присланных нашими читателями, и вы сами убедитесь, что серьезно настроенный домовый может превратить жизнь хозяина в сущий ад. Вот, например...»

Она все чаще стояла у Антона за спиной. Приводя к себе случайную пассию, он ловил себя на том, что наутро старательно уничтожает все следы пребывания дамы, словно вот-вот должна вернуться из командировки жена. Задерживаясь допоздна в редакции, он пару раз машинально набирал домашний номер, чтобы предупредить... кого?

Не хватало только ее фотографии возле монитора.

— Антон Викторович, с днем рождения вас! — прощепетала «Макар Игнатьич» и поставила на стол кружку с задорной щенячьей мордой.

— Спасибо, Юль, только он у меня в октябре.

— Не может быть.

— Да серьезно. — Антону стало смешно. — Ну хочешь, паспорт покажу?

— Это я так ошиблась? Ой, ну надо же! — трепетный эльф едва не всхлипнул.

— Да ладно, Юль, с кем не бывает. Поздравление авансом — это здорово.

Несколько минут Антон сидел, тупо глядя в монитор. Под ложечкой шевелилось нехорошее чувство.

Март. Да, конечно, только в конце марта и могла родиться Агриппина. В самом конце марта, когда с крыш падают тяжелые капли, когда небо наливается живой синью, когда на слежавшихся горах снега расцветает ледяное кружево, когда дню достается все больше света, когда на душе так томно и странно. На стыке воды и огня, когда заканчиваются неповоротливые Рыбы и начинается непредсказуемый Овен.

Агриппина — да, наверное. Но не он же!..

Рассердившись на себя, Антон принялся раскапывать бумажный мусор, какой всегда накапливается вокруг компьютера. Старые номера «Взгляда в невозможное», распечатки науч-попа, наброски вкривь и вкось на мятых бумажках, mp3-сборники, книжка по html-верстке.

Неровно оборванный листок спланировал на пол, Антон дернулся его поймать — и рассыпал всю стопку. Чер-

тыхаясь, полез собирать. Дотянулся до улетевшей под батарею бумажки и недоуменно уставился на четкие строчки:

«Феномен «нехороших мест» весьма разнообразен как по своему происхождению, так и по симптомам проявления. Соответственно и объясняющих теорий существует великое множество...»

Что за черт! Это был его недавний материал, но набросанный округлым, даже изящным почерком с манерными петлями над «д» и «в». Юлька, что ли, переписывала с экрана? Да нет, глупости, зачем бы это. И потом, текст выглядит натуральным черновиком — с зачеркиваниями, исправлениями.

Словно испугавшись, он засунул листок в середину поднятой с пола стопки, а после разом зачихал весь бумажный хлам в корзину.

На следующее утро на рабочем месте его ждала кружка с горячим, только что заваренным чаем. Любимым чаем, зеленым с жасмином.

Чая между тем в редакции не держали. Только кофе.

Можно было бы списать это на дружеский жест Козловского или робкие ухаживания Юльки, но Антону стало неуютно. Да еще и «Макар Игнатьич» через минуту сунулась в дверь с возгласом:

— Слушай, Агрип... — и осеклась. — О, Антон, привет!

Подстегиваемый невнятной тревогой, Антон дописал ответы на очередную серию наивных писем («Как уберечься от похищения инопланетянами?», «Что делать, если нашел чужую булавку в одежде?», «Покупать ли квартиру, если кошка не хочет в нее заходить?»), набросал материалчик по контактам с зелеными человечками и распечатал — на будущее — пару статей о контролируемых сновидениях.

На следующий день на полях статей обнаружились заметки тем же округлым почерком. Заметки были дельными, сам Антон не написал бы лучше.

Или написал бы? Или — написал?..

В мусорной корзине валялся закончившийся тюбик губной помады. Довольно темный цвет, скорее коричневый, чем красный.

Антон чувствовал, что сходит с ума.

Диплом и серебристую фитюльку на подставке приволок Козловский. Похохатывая, шмякнул на стол, дополнил натюрморт городской газетой:

— Гордись!

Диплом сообщал, что ведущая почтового раздела журнала «Взгляд в невозможное» Агриппина удостоена премии читательских симпатий в ежегодном городском конкурсе журналистов. В газетной статье сокрушались, что дипломантка не смогла выбраться на церемонию награждения, где мэр собственноручно раздавал плюшки, ну и все такое, и «мы надеемся, что она продолжит радовать нас неподражаемыми обзорами».

Статуэтка изображала не то дистрофичную женщину, не то одноногую цаплю с женским лицом.

Антон снял очки и с усилием потер глаза. Не помогло: цаплеженщина никуда не исчезла, да и диплом ехидно ухмылялся стилизованной буквой «А».

Бред. Просто бред какой-то.

В дверях замаячил главред, уставил на Антона непроницаемый взгляд:

— Загляните ко мне, надо бы интервью дать.

Интервью, по счастью, было заочным, но уже на втором вопросе Антон вспотел. Подумать только: «Косметику каких фирм вы предпочитаете? Расскажите о вашей первой любви. Считаете ли вы себя феминисткой? Как вы относитесь к липоксациии?»

Кто такая эта липоксация, знать бы еще.

Некурящий Антон стрельнул у Козловского сигарету, десять минут кашлял, выпил две чашки кофе и полез в Интернет. Искать липоксацию и косметические фирмы.

Во втором интервью для гламурного журнальца Агриппина позволила себе немного личных взглядов, а в третьем — для «Модного софта» — Антон признался, что уменьшительные суффиксы в популярных статьях считает идиотизмом.

Под маской Агриппины можно было позволить себе мелкую месть.

«К сожалению, время передачи «С утра пораньше» заканчивается. Спасибо нашим гостям за интересный рассказ, это было очень познавательно», — ворковал женский голос из радиоточки.

Антон разбил на сковородку второе яйцо.

«Напоминаю вам, что в следующем выпуске у нас в гостях редактор журнала «Взгляд в невозможное» Агриппина. Не пропустите передачу «С утра пораньше» завтра с утра пораньше».

Яйцо плюхнулось на плиту. Антон в ступоре смотрел на пыльную коробку радиоточки, словно ждал подтверждения. Но откуда уже неслось:

Там, где я родился основной цвет был серый.

Солнце было не отличить от луны...

Сейчас Антон не отличил бы солнца от яичной скорлупы. Совершенно идиотская ситуация: это бумаге все равно, какого цвета на ней буквы, но по радио Антон с его баритоном никак не сошел бы за женщину. И главное, почему его никто не предупредил?

Он не помнил, как добирался до редакции.

— По-видимому, это фальсификация. — Главред был безмятежен, даже взгляд сегодня словно потеплел. — Вы, Антон Викторович, не отдаете себе отчета в том, что ваш м-м-м... персонаж становится весьма популярным. У вас берут интервью областные журналы, скоро начнут переманивать конкуренты. Похоже, у вас получилась действительно интересная личность. То, что Агриппину никто никогда не видел, лишь подогревает любопытство.

— Но на радио придется расшифроваться!

— Да кто вам сказал, что вы будете выступать на радио? Увидите, завтра скажут, что участие Агриппины откладывается. Мы создаем свои сенсации, они свои, вот и все.

Но Антон уже не мог успокоиться.

На следующее утро он загодя занял пост возле радиоточки. Как назло, звук то и дело пропадал, а ближе к на-

чалу «С утра пораньше» и вовсе перешел в хрипы с повизгиваниями. Вроде бы сквозь помехи слышался женский голос, но был ли это голос ведущей или ее гостьи, и что они говорили об Агриппине, разобрать не удалось.

Антон пожалел, что не предупредил кого-нибудь из знакомых. Но что он мог им сказать? Вот это? Мне кажется, что я должен выступать по радио, но не могу выступать, потому что это должна быть женщина? Бред собачий.

В конце концов, любая тетка может сесть перед микрофоном и представиться Агриппиной. Кто станет уличать в обмане какую-то местечковую радиостанцию?

На клавиатуре лежала половинка шоколадки. Антон меланхолично дожевал ее, предпочитая не задумываться, кто съел первую половину...

У автобусной остановки ветер трепал объявление о встрече с читателями. Антон обреченно нашел в списке приглашенных Агриппину. И билетов на эту встречу в кассах не оставалось.

Следующее явление Агриппины ожидалось на местном телевидении, в программе «Битва гигантов». Антон чувствовал себя щепкой, попавшей в водоворот.

За час до передачи у него сломался телевизор. Жившие поблизости знакомые к телефону не подходили.

В половине восьмого он позвонил к соседу.

— Дядь Коль, у вас телевизор нормально показывает?

— Да вроде...

На экране мелькала реклама какого-то сока, следом реклама мобильных телефоны. Просить посидеть еще Антону было неловко: близких отношений с соседями он не поддерживал.

Никто из редакции, как оказалось, эту передачу тоже не видел. Юлечка отстраненно заметила, что телевизор не смотрит, Козловский развел руками: «Что ж ты заранее-то не сказал?»

Агриппина окружала Антона, но оставалась неуловимой.

Козловский гонял по экрану трехмерных монстров.

— Слушай, ты не купишь мне билет в ДК «Ударники»? На десятое, — уточнил Антон.

Козловский поставил битву на паузу и перегнал сигарету из одного угла рта в другой.

— А кто там играет?

Антон помялся и положил на клавиатуру рекламный листок:

«Редактор журнала «Взгляд в невозможное» Агриппина ответит на вопросы читателей. Невероятные факты и удивительные истории из журналистской практики. 10 сентября, ДК «Ударники».

— Не знал, что ты уже на встречи с читателями ходишь! — хохотнул Козловский. — И как она, слава? А сам-то ты как, на шпильки встаешь? Силиконовый бюстгальтер и все такое?

— Я тебя, как человека...

— Да ладно, молчу, чего ты нервный-то такой?

Тут Антон и рассказал, отчего он нервный.

— Главное, я никак билет на эти встречи купить не могу. Как заколдованные — то еще нету, то уже нету.



ФАНТАСТИКА

Может, у тебя получится, как у лица незаинтересованного. Должен же я разобраться, где меня подставляют!

— Всюду ждуть подставы — это паранойя.

Антон насупился. Козловский сделал предположение:

— А может, вы просто вдвоем работаете — ты статьи пишешь, а тетка эта по встречам мотается. Главред чего говорит?

— Говорит, что ничего не знает. Он может врать?

— Главред все может, да. Хотя на кой ему. Ладно, сгоняю тебе за билетами, потом расскажешь. Я б тебе составил компанию, но десятого наши с ЦСКА играют, понимаешь.

Он опоздал. В фойе Дома культуры кучковалась молодежь — из тех, кто вряд ли читают паранормальные журналы. Тетки-гардеробщицы застыли в своих окошках, нахохлились озябшими воронами.

Запахавшись, Антон взлетел по лестнице и осторожно приоткрыл тяжелую дверь.

Зал был полон. В полумраке едва различались лица, а на маленькой сцене желтый свет заливал одинокий стул с металлической спинкой, микрофон и крохотный столик с вазой цветов.

Антон вдохнул загустевший воздух и шагнул на скрипучий паркет.

По задним рядам пронесся гул. Люди оборачивались, лица озарялись узнаванием, кто-то восторженно свистнул. Антон сделал шаг и едва не упал, качнувшись на непривычно высоких каблуках.

Зал заплодировал.

Антон поднял руку ко лбу — это оказалась тонкая, изящная рука, на запястье болталась серебряная цепочка. Привычным движением пальцы отвели за ухо прядь темных волос, мимолетно оправили узкую юбку...

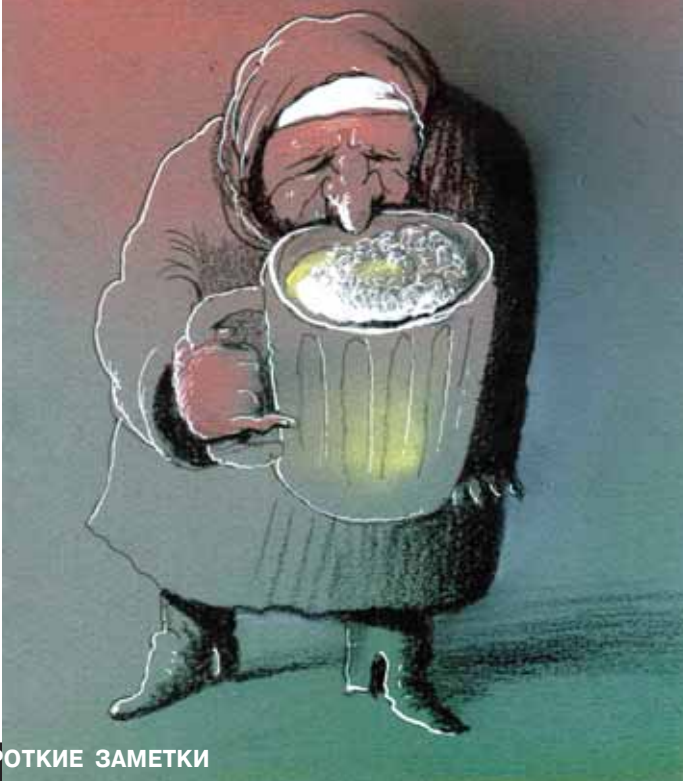
Под грохот аплодисментов, в желтом свете прожекторов, Агриппина торжественно шествовала к сцене.

Из первого ряда улыбался человек с невзрачным суслицым лицом и неожиданно пронзительным взглядом. Рядом с ним — хрупкая девушка, эдакий шатенистый эльф. И еще один: круглое лицо, полуоткрытый рот, растерянные глаза за стеклами очков.

Агриппина кивнула им и склонилась поближе к микрофону:

— Здравствуйте, дорогие мои. Я рада вас видеть.





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Жажда и печаль

«Музыка говорит с нами на полузабытом языке, пробуждая смутную, неутолимую печаль, которая чем-то сродни жажде», — писал Антуан де Сент-Экзюпери. Существование связи между обезвоживанием организма и печалью попытались доказать исследователи из бостонского университета Тафтса при поддержке исследовательских центров министерств обороны и сельского хозяйства США (<http://www.physorg.com>, 2009, 24 ноября).

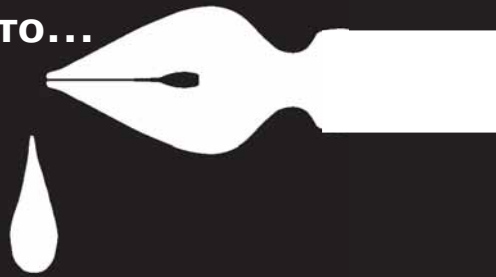
Потери жидкости при физических нагрузках могут быть довольно значительными. Известно, что спортсмены во время тренировок теряют до 2—4% веса, и, если не компенсировать обезвоживание питьем, оно отрицательно сказывается на самочувствии и результатах. Теперь ученые решили узнать, как влияет жажда на умственные способности и настроение.

Добровольцами выступили около 30 студентов и студенток университета, средний возраст испытуемых — 20 лет. Студентов попросили заняться физическими упражнениями в течение определенного времени. «Группе обезвоживания» пить не давали, контрольная группа могла пить сколько хочет. Все участники взвешивались перед тренировкой и после, чтобы учесть потерю влаги (она оказалась умеренной: 1—2%). А сразу после занятия они проходили тесты, в том числе на кратковременную память и настроение. Девушки и юноши, лишенные возможности пить, испытывали более сильные отрицательные эмоции, усталость и растерянность.

Обезвоживание угрожает не одним спортсменам-энтузиастам и солдатам на марше. Недаром Сент-Экзюпери в самой знаменитой своей книге придумал торговца пилюлями, которые заменяют воду и позволяют сэкономить целых пятьдесят три минуты в неделю. Действительно, многие занятые люди не успевают не только пообедать, но и утолить жажду. Теперь остается выяснить, настолько велик уровень обезвоживания, который испытывают горожане в повседневной жизни, и достаточен ли он для того, чтобы испортить настроение. Но желющие уже сегодня могут учесть известные факты и поставить эксперимент на себе. Таблетки от жажды ока не изобрели, но кто нам мешает вместо чашечки кофе выпить стакан воды? Вдруг поможет от усталости и грусти...

Н.Сизикова

Пишут, что...



...анализ наблюдений, выполненных картирующим спектрографом с борта «Mars Express», показал распределение связанной воды, льда и инея на Марсе («Астрономический вестник», 2009, т.43, № 5, с.387—405)...

...в каютах и на рабочих местах МКС-1015 уровень шума систематически превышал нормативные значения; проведены технические мероприятия, снижающие шум, а членам экипажей рекомендовано не забывать закрывать двери («Авиакосмическая и экологическая медицина», 2009, т.43, № 4, с.26—30)...

...виртуальные миры, подобные «Second Life», могут найти серьезное научное применение («Nature Materials», 2009, т. 8, № 12, с.917—999)...

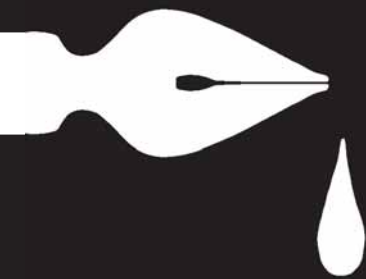
...коллоиды с деформируемыми частицами, которые способны имитировать поведение стекла, размягчаемого нагревом, помогут разобраться в деталях этого процесса и понять причины хрупкости стекла («Nature», 2009, т. 462, № 7269, с.45)...

...алмазы в природных магмах образуются скорее за счет восстановления карбонатов, чем за счет частичного окисления углеводородов («Доклады Академии наук», 2009, т.428, № 6, с.797—800)...

...фибробласты, которые успешно прошли перепрограммирование и превратились в плюрипотентные, пригодные для клеточной терапии, можно отличить «на глаз» по типу образованных ими колоний («Nature Biotechnology», 2009, т. 27, № 11, с. 1033—1037)...

...«Происхождение видов» Чарльза Дарвина — книга объемом около 500 страниц — в предисловии была заявлена автором как «краткий обзор» (abstract), так как первоначально планировался двухтомный труд под рабочим названием «Естественный отбор» («Журнал общей биологии», 2009, т.70, № 5, с. 356—358)...

...результаты терапии черепно-мозговых травм за последние 30 лет показывают, что радикальных средств лечения поврежде-



ний мозга не найдено («Клеточные технологии в биологии и медицине», 2009, № 3, с. 157—164)...

...поры имплантатов из никелида титана полностью заполняются костной тканью у поверхности имплантата за 4,5 месяца и в глубине — за полтора года («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2009, т.148, № 10, с.451—454)...

...результативность распознавания арабских цифр на изображениях с точечным зашумлением увеличилась в сопровождении как классической музыки — Моцарта, Шнитке, так и рока — групп «Rolling Stones», «Ария» («Журнал высшей нервной деятельности», 2009, т.59, № 5, с.557—567)...

...хотя вкусовые анализаторы млекопитающих и насекомых развивались независимо и совершенно не сходны внешне, прослеживаются отчетливые параллели в их организации и логике кодирования («Cell», 2009, т.139, № 2, с.234—244)...

...во ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии сделали датчик сердечных ритмов для камчатского краба («Изобретатель и рационализатор», 2009, № 10, с.6—7)...

...в настоящее время у свиней известно более 200 генетических заболеваний («Ветеринария», 2009, № 11, с.15—18)...

...мощность работы сердца в условиях основного обмена у человека очень мала и не превышает мощности, потребляемой маленькой лампочкой от батарейки карманного фонарика («Физиология человека», 2009, т. 35, № 5, с.127—133)...

...испанский ученый и инженер Август де Бетанкур до своего переезда в Россию в 1808 году сконструировал паровую машину для переработки кубинского сахарного тростника («Вопросы истории естествознания и техники», 2009, № 3, с.109—119)...

...по мнению молодых москвичей-гуманитариев, самый красивый город бывшего СССР — Санкт-Петербург: при опросе он набрал 844 балла, тогда как Москва всего 338; в число самых некрасивых городов попал Новосибирск («Известия РАН. Серия географическая», 2009, № 5, с.120—129)...



Художник С.Дергачев

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Соленая жизнь

Идею о том, что жизнь — закономерный результат химической эволюции материи, в 1922 году выдвинул академик А.И.Опарин. С тех пор ученые пытаются повторить в эксперименте синтез молекул, необходимых для жизни. Одна из самых известных попыток — опыт американцев Стенли Миллера и Гарольда Юри 1953 года, которые получили аминокислоты с помощью электрического разряда в атмосфере древней Земли. И у всех еще на слуху последний крупный успех, абиогенный синтез рибонуклеозидов («Химия и жизнь», 2009, □7).

Обнаружение органики в дальнем и ближнем космосе укрепляет точку зрения А.И.Опарина. Одного не хватает — механизма, который позволил бы всем строительным блокам собраться в такую систему, чтобы саморазмножение биополимеров (то есть жизнь) стало возможным. Очередной подход к снаряду совершили немецкие химики из университета Гугенгейма в Штутгарте во главе с доктором Стефаном Фоксом, о чем они и рассказали на Европейском конгрессе планетологов 17 сентября 2009 года. По их данным, появлению жизни способствовала соль.

В древности, 4,5—3,8 млрд. лет назад, Земля представляла собой насыщенный солью океан, из которого кое-где выступали вулканические острова и небольшие континенты. Причем вулканов этих было несравнимо больше и действовали они гораздо активнее, нежели сейчас. На берегах островов из-за колебаний уровня океана образовывались отложения соли. Туда попадали аминокислоты и прочие органические продукты, возникающие в вулканическом дыме под действием молний, то есть по механизму Миллера — Юри. А что могло произойти дальше?

Немецкие ученые сделали раствор хлоридов калия, натрия, кальция и магния, соответствующий составу древнего океана, добавили в него аминокислоту аланин и высушили в атмосфере азота и углекислого газа при температуре 350°C. Считается, что именно таковы были условия близ вулканического побережья. К своему удивлению, они обнаружили, что молекулы аминокислоты вовсе не распалась от такого жара, а, напротив, поспособствовали образованию на расположенных рядом кристаллах кальциевой соли нового органического соединения — пирролла. Этот гетероцикл содержит пятичленное кольцо, в одной из вершин которого находится группа NH, а в остальных CH₂. Именно пиррольное кольцо служит структурным элементом гемоглобина и хлорофилла. Таким образом, аминокислота приобрела нечто вроде предшественника антенны для сбора солнечного света. Можно предположить, что на следующем этапе химической эволюции антенна окажется собранной и зародившееся вещество получит доступ к энергии. А где энергия — там жизнь.

С.Анофелес

Огненные забавы



А.П.ЗАЙЦЕВУ, Москва: Согласно «Химической энциклопедии», тавоты — устаревшее название солидолов, пластичных смазок, используемых для уменьшения и предотвращения износа трущихся деталей.

Л.А.МАКСИМОВОЙ, Новосибирск: *Apple butter*, или «яблочное масло», которое готовят в южных штатах США, — это, по сути, яблочный джем, увяренный с водой или яблочным сидром до темно-коричневого цвета, который возникает из-за карамелизации сахаров.

А.Я.ШЕБАЛИНОЙ, Воронеж: Покрасить сосновую шишку можно практически любой краской, но из-за сложности формы объекта лучше использовать покупную краску в баллончиках или аэрограф.

Л.ПОДГОРНОЙ, Омск: Впитывающий материал подгузников — это целлюлоза, но не простая, а распущенная, то есть претерпевшая обработку, в том числе и химическую; на месте производителей мы бы делали упор не на «натуральность» целлюлозы, а, например, на «отбеливание без свободного хлора».

А.Р., Тверь: Неопознанными летающими объектами «Химия и жизнь» не занимается, однако можем посоветовать вполне серьезный проект «Отчеты о наблюдении неопознанных аэрокосмических явлений» (<http://www.uarreporting.org/>); сообщение о таком объекте можно оставить там, но писать придется на английском или французском.

В.В.ЭРНСТУ, Санкт-Петербург: Сайт Александра Маркова «Проблемы эволюции», о котором мы писали в «Полезных ссылках», переехал, теперь его адрес <http://www.evolbiol.ru/>.

М.Г.САВИНУ, Москва. Вы правы, академик Н.А.-Шило действительно умер летом 2008 года, однако материалы обсуждения проблемы палеоклимата на президиуме РАН с его участием были опубликованы в майском номере «Вестника РАН» за 2009 год — процесс публикации в научных журналах не быстр...

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: В «Переписке» прошлого номера была допущена опечатка, вместо «жидкого стекла SiO_2 » конечно же следует читать $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$.

Вы думаете, мода на фейерверки в новогоднюю ночь появилась в России 10—15 лет назад? Ничего подобного. В далеком 1675 году «художества огненные» были устроены в городе Устюге (тогда еще не знали, что это родина Деда Мороза): «было зажжено сто смоленых бочек, множество ракет и шутих при громадном стечении народа». «Огненным потехам» покровительствовал Петр I. Он собственными руками смастерил детали грандиозного фейерверка, запущенного зимой 1690 года в подмосковном селе Воскресенском. Новогодние «огненные забавы — иллюминации» 1702, 1703 и 1705 годов подробно описаны современниками. Фейерверк, «изготовленный по изобретению профессора Ломоносова», зажженный на Новый 1754 год, запечатлен на хорошо сохранившейся гравюре. Во время царствования Екатерины II устройство фейерверков было обязательным атрибутом праздничных увеселений и гуляний. Нередко случались пожары, поэтому правительством было принято регламентирующее «Положение о фейерверках».

Давайте познакомимся с фейерверком (от нем. Feuer — огонь, Werk — дело) поближе. Его основа — горение пиротехнического состава (от греч. руг — огонь), иначе говоря, окислительно-восстановительная реакция с образованием пламени, сопровождаемая тепловыми, дымовыми и звуковыми эффектами. Пиротехнический состав — смесь веществ, состоящая из окислителя, горючего средства, цементатора, или склеивающего компонента, а также красителей пламени, стабилизаторов, активаторов и ингибиторов. Окислители — это соли кислотосодержащих кислот, например хлораты KClO_3 (бертолетова соль), $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$, нитраты KNO_3 , NaNO_3 , перманганаты KMnO_4 , а также оксиды и пероксиды металлов Fe_2O_3 , PbO_2 , CrO_3 , WO_3 и др. В качестве горючего используются фосфор, сера, углерод в виде угля или сажи, углеводороды, термопласты, каучуки, металлы — магний, алюминий, медь, сурьма. Цементаторы — это смолы, камеди, олифа. Стабилизаторы — анилин, камфара — препятствуют самовозгоранию смеси при хранении. Активаторы увеличивают активность веществ. Ингибиторы замедляют скорость горения.

В первых фейерверках горела пороховая смесь, состоящая из калиевой селитры KNO_3 в роли окислителя, древесного угля — основного горючего и серы — цементирующего вещества, облегчающего воспламенение. Эта пиротехническая смесь называется черным или дымным порохом и до сих пор считается идеальным, классическим фейерверчным составом при соотношении 75:15:10. Приблизительно процесс описывается реакцией: $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2 + 3\text{CO}_2 + 148 \text{ ккал}$.

Как взрывчатое вещество черный порох впервые в Европе был описан английским монахом-алхимиком Роджером Бэконом в 1242 году: «Им можно производить в воздухе гром и молнию, гораздо более мощные, чем естественные». В 1354 году еще один монах-алхимик, немец Бертольд Шварц случайно получил порох. По преданию, он смахнул порошок веществ, с которыми он работал, в медную ступку. Она упала со стола, и произошел взрыв. Шварца обвинили в колдовстве и даже водворили в темницу. Изучение остатков содержимого ступки, а это были сера, толченый уголь и селитра, позволило повторить эксперимент без привлечения магии, и обвинения с несчастного были сняты. Наверное, от радости, что удалось избежать сожжения на костре, Шварц оставил поиски философского камня и посвятил себя изучению пороха. До сих пор один из пороховых составов носит его имя, а в Германии благодарные потомки воздвигли ему памятник.

На Руси порох производился уже в XV веке. В XIX веке при Охтинском пороховом заводе открылась Пиротехническая школа, где в течение пяти лет обучали «изготовлению пороха, военному-лабораторному делу и приготовлению фейерверков». В Михайловской артиллерийской ака-



Художник Е. Станикова

демии разрабатывались новые материалы, в частности, и для фейерверков, делающие их более красочными и зрелищными. Конечно, главной всегда была не «потешная», а военная пиротехника, и она в России имела огромные достижения.

Долгое время пиротехника не базировалась на научном фундаменте. Считалось, что для изготовления фейерверка достаточно быть хорошим практиком. Все накопленные знания основывались главным образом на личном опыте и опыте предшественников. Например, вещества для окрашивания пламени или звуковых эффектов — свиста, рева — подбирались почти наугад, методом проб и ошибок. Как наука, пиротехника родилась только в середине XX века, когда были успешно проведены исследования физико-химических процессов, лежащих в основе механизмов цепных реакций. Теоретический фундамент был заложен советским ученым физиком и химиком Н.Н.Семеновым, который в 1956 году был удостоен Нобелевской премии «за

исследования в области механизма химических реакций». Современная гражданская пиротехника занимается, конечно, не только созданием новых безопасных материалов для фейерверков и имитации пожаров и взрывов в кино, но и вполне серьезными вещами, например, производством сигнальных дымовых и осветительных снарядов, мирных взрывов, применяемых в горнорудном деле и при прокладке дорог и туннелей в горах, изучает физические процессы, лежащие в основе спецэффектов, и т.д. Конечно, со времен Ломоносова пиротехника сильно изменилась. Современный арсенал пиротехнических средств огромен — создаются все новые взрывчатые смеси, в рецептуру которых входят фенолформальдегидные смолы, полиуретановые и бутадиеновые каучуки, поливинилхлориды и полиакриламиды.

С пиротехническим составом мы разобрались. Дело за малым — запустить его и воспламенить. Воздушные фейерверки в зависимости от высоты запуска

МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

делятся на верховые (они выстреливаются из мортир на высоту до 500 метров) и средние, или взлетающие (высота полета ракеты до 50 метров). Готовая пороховая смесь загружается в фейерверочный снаряд, снабженный огнепроводным шнуром и взрывателем замедленного действия, который поджигает заряд высоко в небе. И вот он, главный момент праздника! Сердце и ребенка, и взрослого замирает от восторга, когда в ночное небо выстреливаются разноцветные огненные фонтаны и водопады, шары вдруг рассыпаются на ярко сияющие или мерцающие звездочки, швермеры — фейерверочные ракеты рисуют на черном фоне золотые и серебряные линии-змейки... Можно ли найти более яркое доказательство, что химия — это красиво?

М.Демина

100 лет синтетическому каучуку



В 1909 году русский ученый Сергей Васильевич Лебедев описал механизм получения синтетического бутадиенового каучука, а в 1910 году он продемонстрировал первый образец нового продукта.

Первая тонна синтетического каучука, полученного промышленным способом, была выпущена 19 октября 1932 года на воронежском заводе, который сегодня входит в группу СИБУР.

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >

На сегодняшний день более половины потребляемого в мире каучука приходится на долю синтетических каучуков.

Компания СИБУР — крупнейший производитель синтетических каучуков в России.

