



К

СЕНТЯБРЬ И РИМЛИК







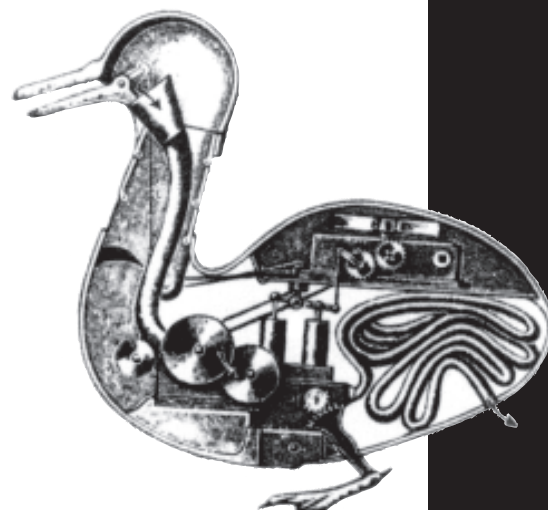
*Из всех видов искусств
самым важнейшим для нас
является достать деньги.*

М.Светлов



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина
к заметке «Магнитная сила»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
Жана Миро «Композиция без названия». Праздник
жизни в биологии приобретает все больший размах,
и нет предела возможностям человеческим, и научные
чудеса стали привычным элементом быта.
Мы изменяемся, но как? Об этом читайте в статье
«Имеет ли смысл прогрессивная эволюция?»*





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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Главный художник
А.В.Астрин
Ответственный секретарь
Н.Д.Соколов

Редакторы и обозреватели

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

Производство

Т.М.Макарова

Агентство ИнформНаука

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

Подписано в печать 04.03.2005
Допечатный процесс ООО «Марк Принт
энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47
Типография ООО «Офсет Принт М»

Адрес редакции:
105005 Москва, Лефортовский пер., 8

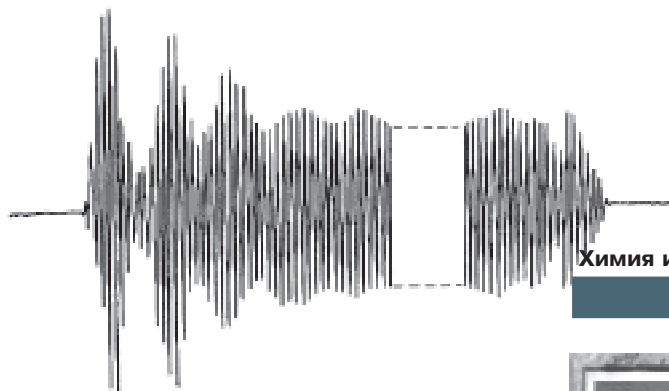
Телефон для справок:
(095) 267-54-18,
e-mail: redaktor@hij.ru

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

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

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

© Издательство
научно-популярной литературы
«Химия и жизнь»



8

Вот как выглядит
микроволновое излучение
фотохимической реакции,
от ее начала и до конца.

34

Памятников Гамову
не существует, только
в Вашингтонском университете
есть скромная мемориальная доска.

Химия и жизнь — XXI век



ИНФОРМНАУКА

ЛЮДИ НЕ ВИНОВАТЫ В ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ 4
ВЗРЫВЧАТКА С ОТПЕЧАТКАМИ ПАЛЬЦЕВ 4
МАГНИТНЫЙ ДИАГНОСТ 5
ФИЛЬТР, К КОТОРОМУ ЛИПНУТ ВИРУСЫ 6
ОТ ЛЮБОГО УВЕЧЬЯ 6
ГЕНЫ ПРОТИВ КОКСОХИМИИ 7
ВСЕМ МУЖЧИНАМ НАДО УЧИТЬСЯ И ЖЕНИТЬСЯ 7

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С.М.Комаров
МАГНИТНАЯ СИЛА 8
А.Л.Бучаченко
СПИНОВАЯ ХИМИЯ 8

НОУ-ХАУ

А.Перескоков, Д.Артов
ИЗВЕСТКА ДЛЯ КИОТО 16

ТЕХНОЛОГИИ

А.М.Крайцберг
ЗАЛЕЙ МЕТАНОЛ В ТЕЛЕФОН 18

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

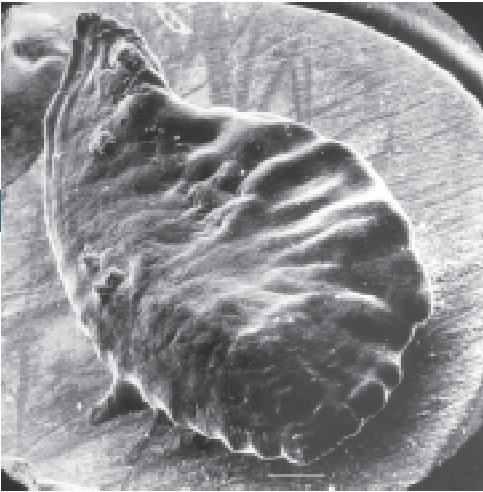
Л.Намер
ТЕПЛУ — ТРУБА! 23

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.В.Вельков
ИМЕЕТ ЛИ СМЫСЛ ПРОГРЕССИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ? 28

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

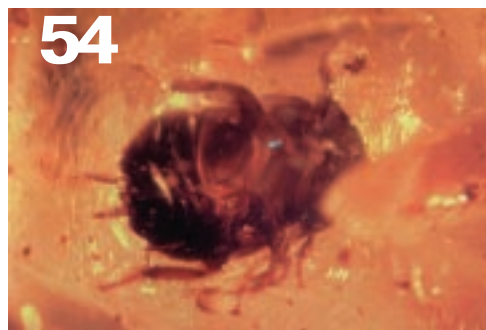
А.Р.Смирнов
ГЕОРГИЙ ГАМОВ — ТРИЖДЫ НЕЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 34



42

В средневековье янтарь называли и морской пеной, застывшей в солнечном свете, и нефтью, затвердевшей на морском дне, и окаменевшим жиром неведомых животных, и застывшими слезами райских птиц, и рассыпавшимися в морской воде лучами солнца, и даже окаменевшим газом.

В отличие от хорошо известных пяти органов чувств, шестому сенсорному органу, вестибулярному аппарату, не повезло: мы постоянно используем информацию, поступающую от него, но не помним о его существовании.



В номере

4, 48

ИНФОРМАУКА

Про то, как узнать после взрыва, где была изготовлена взрывчатка, про то, что высшее образование и благополучное супружество спасают от инсульта, про новое российское открытие в области диагностики рака и про то, что высокие налоги уменьшают средний рост граждан.

16

НОУ-ХАУ

Что получается, когда древнейшая технология вступает в противоречие с новейшими международными соглашениями? Конечно же изобретение.

18

ТЕХНОЛОГИИ

В гонке по созданию метанольных топливных элементов участвуют «Хитачи», «Тошиба», «Дюраселл», Самсунг». Тем не менее метанольных элементов на рынке пока нет. В чем проблема?

28

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В ходе эволюции возрастают количество и длина «бессмысленных» последовательностей ДНК. В то же время у мыши, человека и рыбы фугу количество генов примерно одинаково — 30 000—40 000. Что же такое прогрессивная эволюция?

50

ЧТО МЫ ПЬЕМ

В народе существует мнение: «Чай надо пить свежесваренным». Однако это справедливо только для черного чая. В зеленом чае содержание катехинов через 20 минут после заварки становится в три раза больше!

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Д. В. Лычаков
КАМНИ И ПЫЛИНКИ ВНУТРЕННЕГО УХА 42

ИНФОРМАУКА

КЛИНОПИСЬ БУДУЩЕГО 48
МАЛЕНЬКИЕ ЛЮДИ ПЛАТИЛИ БОЛЬШИЕ НАЛОГИ 48
ДНК НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАКА 49

ЧТО МЫ ПЬЕМ

Я. И. Яшин, А. Я. Яшин, Н. И. Черноусова
ХРОМАТОГРАФИЯ ЧАЯ 50

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Д. Я. Фашук
«МОРСКОЙ ЛАДАН» 54

ФАНТАСТИКА

Ю. Сиромолот
РАССКАЖУ — НЕ ПОМИЛУЮ! 65

РАССЛЕДОВАНИЕ

И. Леенсон
НЕ ВСЕ ТО ПЕРМАНГАНАТ, ЧТО ФИОЛЕТОВОЕ 69

НАШИ МИФЫ

Е. Котина
САМЫЙ ГЛАВНЫЙ МИФ 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	14	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	26	ПИШУТ, ЧТО...	70
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ	38	ПЕРЕПИСКА	72

КЛИМАТОЛОГИЯ

Люди не виноваты в глобальном потеплении

В течение ближайших десятилетий можно ожидать приостановки глобального потепления, за которое, кстати, люди ответственности не несут. К такому выводу пришли специалисты Гидрометцентра России и Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН под руководством академика РАН А.С.Монина.

В настоящее время большинство ученых возлагают ответственность за глобальное потепление климата на человечество. Согласно господствующей точке зрения человек виновен не только в почти повсеместном росте температуры воздуха, но и в повышенной интенсивности и частоте многих климатических феноменов, например Эль-Ниньо (это теплое сезонное поверхностное течение в восточной части Тихого океана, у берегов Эквадора и Перу). В связи с этим зарубежные исследователи фиксируют многообразные изменения климата, потенциально чувствительные к человеческой деятельности. Московские ученые проанализировали самые известные из этих показателей за последние 150 лет и пришли к выводу, что климатические показатели не растут, а колеблются с периодичностью примерно 60 лет. Причем происхождение этих колебаний почти наверняка не связано с антропогенным воздействием. Максимумы глобальной температуры пришли на 1876, 1944 и 1998 год, а минимумы — на 1907 и 1963. В ближайшие десятилетия температура снова пойдет на убыль.

Российские ученые опровергают мнение о том, что постоянство климата нарушилось во второй половине XX века по вине людей. Будь это так, разность меж-

ду средними температурами северного и южного полушарий постоянно росла бы, поскольку основные источники антропогенных парниковых газов лежат в северном полушарии и в нем можно ожидать более быстрого потепления. На самом деле разность температур между полушариями, как и глобальная температура, демонстрирует примерно 60-летнее колебание на фоне более высокочастотных колебаний. Сходным образом меняются такие известные климатические показатели, как годовая сумма осадков в районе Сахеля в Африке, уровень Каспийского моря и другие.

Некоторые показатели явно связаны с изменениями средней глобальной температуры. Так, непосредственно перед температурными максимумами имели место сильнейшие Эль-Ниньо, а незадолго до этого начинал резко падать уровень Каспия.

Исследуя 7000-летнюю дендрохронологию из Калифорнии, московские ученые убедились, что 60-летние колебания климата происходили на Земле задолго до того, как люди начали их фиксировать. Российские исследователи предполагают, что многодекадные климатические колебания возникают как реакция климатической системы на квазипериодические внешние воздействия (циклы лунно-солнечных приливов и солнечной активности, циклы обращения наиболее крупных планет Солнечной системы вокруг общего центра и тому подобные явления). Гипотеза основана на разработанной учеными математической теории динамических систем и на результатах некоторых зарубежных эмпирических исследований.

Исходя из сегодняшней фазы 60-летнего колебания, глобальный климат сейчас вступил в фазу относительного похолодания, которая может продлиться два-три десятилетия, как это случалось в 1940–1970 годах. В этой фазе сумма осадков в зоне Сахеля станет меньше, а уровень Каспия стабилизируется. Этот климатический сценарий уже начал сбываться. Так, глобальная и обе полушарные температуры в течение пяти последних лет остаются ниже абсолютного максимума 1998 года, хотя многие климатические модели предсказывали за эти пять лет дополнительное потепление на две-три десятых градуса. Уровень Каспия сейчас варьирует чуть ниже уровня, достигнутого в 1996 году. Большинство западных метеорологов предсказали на 2001–2002 годы новое сильное Эль-Ниньо, а оно оказалось слабым, как и положено при похолодании.



ТЕХНОЛОГИИ

Взрывчатка с отпечатками пальцев

Едва заметный слой пыли в месте взрыва расскажет специалистам о том, где и когда сделали взрывчатое вещество. А для этого ее нужно предварительно пометить — так, как предложили это делать российские ученые из Института химической физики им. Н.Н.Семенова РАН. Финансовую помощь проекту оказал Международный научно-технический центр (zaslonko@chph.ras.ru).

Исследуя после взрыва место преступления, эксперты сталкиваются с серьезной проблемой. Они могут установить довольно точно, какого вида и какой мощности устройство использовали террористы, каким взрывчатым веществом его начинили. Однако на важнейший вопрос о том, где и когда сделали собственно взрывчатое вещество, ответить обычно не удается: тротил остается тротилом независимо от места и даты его производства.

Сотрудники Института химической физики им. Н.Н.Семенова РАН и их коллеги из нескольких оборонных предприятий разработали специальные кодирующие добавки. Если ввести их в состав взрывчатого вещества, то на месте взрыва останутся своеобразные «отпечатки пальцев», по которым можно идентифицировать взрывчатое вещество и проследить пути его легального перемещения, что должно дать следствию ниточку для раскрытия каналов снабжения террористов. Эту важнейшую работу исследователей поддержал Международный научно-технический центр (МНТЦ).

Надо сказать, что сделать такие кодирующие добавки для взрывчатого вещества очень трудно — слишком уж много предъявляется требований. С одной стороны, сами по себе они должны быть совершенно безвредными и для продук-





та, то есть взрывчатого вещества, и для окружающей среды. Ни в коем случае нельзя использовать, например, радиоактивные кодирующие добавки или такие, которые могли бы ухудшать свойства взрывчатки.

С другой стороны, кодирующим добавкам не должен повредить взрыв, то есть высокие температура и давление. Даже если в таких экстремальных условиях они как-то преобразуются — не беда. Главное, чтобы они не растеряли свои кодирующие свойства. И конечно, они должны быть очень индивидуальными, чтобы идентификация была надежной. Никакие примеси не должны помешать распознать метки.

Впрочем, все эти сложности не остановили ученых из ИХФ РАН, специалистов высочайшего класса в области физикохимии взрывчатых веществ, спектроскопии и прикладной математики. Кодирующие добавки, которые они предложили вводить в состав взрывчатого вещества, его не испортят, а при взрыве не испортятся сами и не принесут вреда окружающей среде.

«Это мельчайшие крупинки алюминиевого сплава, — рассказывает руководитель проекта заведующий лабораторией Ю.Карасевич. — Но не простого, а особенного — с веществами, которые так и называются «редкие земли», или редкоземельные элементы. Потому что в природе их очень мало, а те, что есть, рассеяны по земной коре. А вот на месте взрыва найти их будет можно в том случае, если их ввели предварительно в состав взрывчатого вещества».

Разумеется, идентифицировать такие «отпечатки пальцев» посложнее, чем считать информацию со штриховых кодов в супермаркете. Ведь придется провести сложнейший химический анализ микроскопических образцов, выяснить, сколько в пробе редкоземельных элементов, каких именно и в каком сочетании. Но и с этой труднейшей задачей исследователи справились.

В качестве аналитического метода авторы предложили использовать лазерно-эмиссионный метод анализа элементного состава, с помощью оборудования, разработанного в НПО «Тайфун». Пробу сначала превращают в плазму при температуре 50–60 тысяч градусов, а потом пропускают через эту плазму электрический разряд и по спектру излучения определяют, какие именно элементы составляют эту плазму. Необходимые методики и сложнейшее программное обеспечение для статистического анализа спектров ученые тоже разработали.

Первые испытания исследователи уже провели. На специальном стенде во взрывной камере они изучили свойства «закодированного» взрывчатого вещества

и убедились в том, что взрывается оно как надо и «отпечатки пальцев» оставляет правильные, позволяющие идентифицировать его столь же надежно, как товар по штрих-коду. Так что ученые свою задачу решили. Теперь дело за политиками. Ведь чтобы пометить таким способом все взрывчатые вещества, производимые в промышленности, нужна соответствующая международная конвенция. Остается надеяться, что ее когда-нибудь примут.



ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Магнитный диагност

Интеллектуальную систему магнитной диагностики, способную быстро и точно найти дефект в трубопроводе, трещину в колесе или в металлической опоре моста, разрабатывают ученые из Московского института электронной техники и ООО «ТИНТ» (Технические идеи новых технологий) при поддержке Фонда содействия развитию МП НТС в рамках программы «Старт». Теперь, чтобы обнаружить скрытый от глаз металлический предмет, не понадобится громоздкая и небезопасная для здоровья рентгеновская установка. Ее заменит небольшой и совершенно безвредный прибор размером с небольшую книгу.

Пока он существует в единственном экземпляре, хотя позарез нужен не только технарям, но и врачам, и ветеринарам. Однако уже через год-другой большинство заявок ученые смогут удовлетворить. Если все пойдет по плану, то промышленный выпуск серии приборов для наблюдения окружающей среды в магнитных полях начнется уже во втором полугодии 2005 года.

Речь идет о семействе магнитометров, или, как их еще называют, магнитовизоров, причем не дорогих и громоздких, а маленьких, точных и сравнительно дешевых. С помощью такого маленького компактного приборчика, который легко переносить с места на место, можно будет обнаружить дефект в трубопроводе под толстым слоем гидроизоляции, то есть бесконтактным способом. Или с точностью до миллиметра найти болт либо еще какую-нибудь железяку в жи-

воте бестолковой собаки, глотающей что попало.

«Каждый такой прибор состоит из магнитометра и соединенного с ним ПК, — объясняет принцип работы устройства руководитель проекта кандидат технических наук Ю.Григорашвили. — Переменное магнитное поле с заранее заданными характеристиками, генерируемое магнитом, при взаимодействии с металлическими предметами немного изменяется. Эти изменения улавливают несколько расположенных на небольшом расстоянии друг от друга магнитных датчиков, которые мы сконструировали и запатентовали. При этом приходится искать сравнительно слабые магнитные сигналы на фоне более сильного магнитного поля Земли, а в большинстве случаев добавляются еще и промышленные помехи, скажем, электромагнитные поля ЛЭП. Метод, позволяющий выделить искомые сигналы, мы тоже придумали и сейчас патентуем».

Созданное российскими учеными программное обеспечение позволяет найти координаты объекта и визуализировать его на экране компьютера. Сделать такую программу было не легко, и вот почему. Магнитные поля легко проникают через непрозрачные, в том числе металлические, преграды, но очень быстро затухают с увеличением расстояния от объекта и распространяются не по прямому, а по замкнутому контуру. В компьютер попадает изображение, сделанное как бы в кривом зеркале, только не плоском, а трехмерном. И его надо преобразовать в обычное, «правильное». Это совсем не простая задача.

Научные основы датчиков магнитного поля в лаборатории разрабатывают еще с конца девяностых годов, тогда эту тему финансировало Министерство высшего образования. Теперь же при поддержке Фонда исследователям, возможно, удастся довести приборы до промышленного выпуска — для этого в течение года будет создано малое предприятие на базе института. В марте прошлого года, сразу после конкурса, было создано малое предприятие ООО «ТИНТ», в котором сейчас трудится 10 человек. Уже есть образцы приборов, а в ближайшее время специалисты собираются начать выпуск мелкой серии.

Между прочим, авторы неспроста называют свою систему «интеллектуальной» — она может работать практически без помощи человека. Сама протестирует плотность объекта по отношению к магнитному полю, сама выберет нужные параметры поля, которое сама же и генерирует. И резульаты измерит, и в виде картинкой понятной представит. Человеку останется только подносить ее к объекту да включать-выключать. Остальное сделает умная машина.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

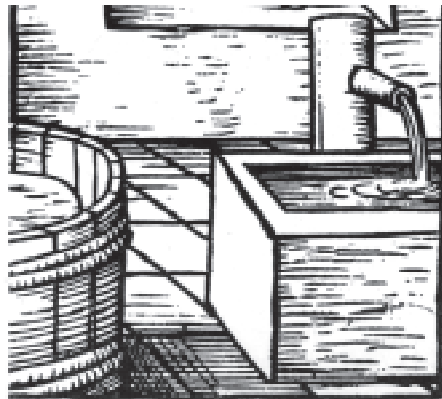
Фильтр, к которому липнут вирусы

Специалисты Томского политехнического университета и НИИ «Коллекция культур микроорганизмов» Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» разработали биологически активный сорбент нового поколения, основу которого составляет хлопковая целлюлоза, модифицированная 1%-ной суспензией кремнезема и содержащая активированный оксид алюминия. Сорбент со 100%-ной эффективностью очищает воду от микроорганизмов и бактериофагов, работает в широком диапазоне условий и обладает достаточной прочностью и долговечностью (repin@online.nsk.su).

Вода и водные растворы переполнены патогенными микроорганизмами, вирусами и токсинами, которые до сих пор, несмотря на принимаемые меры, угрожают жизни и здоровью людей. Очищать воду фильтрованием малоэффективно и малопроизводительно, поскольку приходится использовать мелкопористые фильтры с низкой пропускной способностью. Современные методы очистки основаны на том факте, что большинство бактерий и вирусов имеют отрицательный заряд, поэтому их можно уловить материалом хотя и крупнопористым, зато имеющим положительный электрокинетический потенциал. В результате процесса, называемого электрокинетическим улавливанием, мелкие частицы просто прилипают к фильтрующему материалу. С 70-х годов прошлого века ученые разных стран разработали несколько видов катионных сорбентов. Компания «Кюно» поставила на поточное производство фильтрующие материалы на основе диатомитовой земли под торговой маркой «Дзета-Плюс». Другие зарубежные сорбенты состоят из неорганических и органических волокон, на поверхность которых нанесены наночастицы бемита (гидроксида алюминия) игольчатой формы. Фильтрующие материалы, разработанные российскими учеными, также содержат оксид алюминия и созданы с применением нанотехнологий. К сожалению, все эти сорбенты дороги и непрочны, а использовать их можно только в нейтральной и кислой среде. Поэтому сибирские микробиологи занялись разработкой фильтров более прочных, дешевых и неприхотливых.

Для получения сорбента исследователи воспользовались недорогими и экологически безопасными компонентами. Его основу составляет хлопковая целлю-

лоза, которую покрывают крупными не-сферическими частицами оксида алюминия (бемита). Сначала замоченную целлюлозу смешали с алюминиевой пудрой, но крупные частицы алюминия в обычных условиях не окисляются водой. Чтобы вся



алюминиевая пудра превратилась в оксид, создателям сорбента пришлось проводить активацию переменным синусоидальным током промышленной частоты (50 Гц).

Испытания показали, что сорбент не теряет прочности даже после двух суток вымачивания в дистиллированной воде и работает в широком диапазоне значений pH, включая щелочной. Его пропускная способность достигает 15 000 л/м² в час. Материал полностью задерживает тестовый биологический объект — бактериофаг MS-2, то есть превышает эффективность фильтра «Кюно» «Дзета-Плюс 50S», который улавливает только 99% объектов.

Итак, из недорогих экологически безопасных компонентов, используя несложные технологии, сибирские ученые создали великолепный сорбент, который может найти широкое применение в медицине, ветеринарии, пищевой промышленности, а также для очистки воды, растворов и газовых выбросов производств, связанных с использованием микробиологических процессов.

физиология

От любого увечья



Специалисты МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца и Института биологии развития им. Н.К.Кольцова РАН предложили новое средство, эффективно восстанавливающее поврежденную роговицу. Это адгелон — низкомолекулярный регуляторный белок, который московские ученые выделили из сыворотки крови быка и человека около 20 лет назад.

Адгелон способствует восстановлению контактов между клетками и стимулирует

восстановление поврежденных тканей, поэтому препараты на основе этого белка с успехом используют при лечении некоторых заболеваний желудочно-кишечного тракта, всякого рода травм и переломов конечностей и суставов. Но около трети всех травм у людей составляют повреждения глаз, в том числе эрозия роговицы. Это заболевание может возникнуть по многим причинам, а при его лечении возможны осложнения вплоть до потери глаза. Поэтому вопрос о новых лекарствах, стимулирующих регенерацию поврежденной роговицы, стоит достаточно остро. Московские ученые опробовали капли «Адгелон».

Глазные опыты обычно проводят на кроликах. Животным разрушали роговицу на обоих глазах либо механически, либо химическим путем, обработав кроличьи глаза 99%-ным раствором гептанолола. В этом случае эпителий роговицы разрушался не полностью. Затем животным шесть раз в день на протяжении десяти суток закапывали в глаза по две капли «Адгелона» либо плацебо и трижды в день, начиная с первых часов после нанесения травмы, обследовали глаза кролика.

Адгелон явно стимулирует восстановление роговицы, причем разница в скорости заживления поврежденных глаз с течением времени становится все заметнее. Сравнивая площади поврежденной роговицы, ученые обнаружили, что у кроликов с механически разрушенной роговицей разница между контрольной и опытной группами составляла на вторые сутки 5%, на третьи — 19%, на пятые — уже 60%, а через шесть суток все раны под влиянием «Адгелона» полностью затянулись, тогда как в контрольной группе — только на восьмые сутки. Таким образом, «Адгелон» на 25% ускоряет регенерацию эпителия роговицы кроликов после тотального механического повреждения.

Химическую травму роговицы белковый препарат залечивает почти в три раза эффективнее, чем механическую. У подопытных кроликов глазные раны заживали уже через 78 часов после обработки гептанололом — на 138 часов быстрее, чем в контрольной группе, а посттравматическое воспаление в глазу прекращалось на 18 часов раньше — на третьи сутки. (Ученые предполагают, что при химическом разрушении роговицы в эпителии все же остаются зоны, которые принимают участие в регенерации). Капли, содержащие адгелон, активизируют уцелевшие клетки, и регенерация проходит быстрее, чем при тотальной механической травме.

По мнению исследователей, полученные ими данные открывают перспективы для применения адгелона при лечении эрозии роговицы у людей.



ГЕНЕТИКА

Гены против КОКСОХИМИИ



Чем можно защититься от вредных производственных факторов? Оказывается, большим количеством активно работающих рибосомных генов. К такому выводу пришли российские ученые из Кемеровского государственного университета (vminina@mail.ru, druzhinin_vladim@mail.ru).

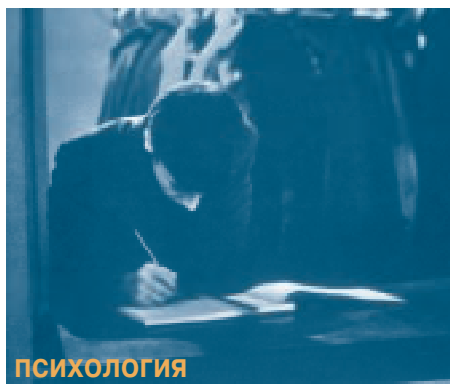
Кемеровские генетики обнаружили, что среди рабочих коксохимического производства чаще, чем среди обычных жителей города, встречаются люди с большим числом активно работающих рибосомных генов (именно они отвечают за структуру рибосом). По мнению исследователей, активность рибосомных генов защищает их обладателей от вредных производственных факторов.

Вредные факторы коксохимического производства перечислять долго и утомительно. Множество токсичных и мутагенных химических веществ, шум, вибрация и перепады температуры губительно отражаются на здоровье. Тем не менее многие люди работают в такой обстановке более 20 лет и прекрасно себя чувствуют. В чем тут дело? Оказывается, в количестве активно работающих рибосомных генов. Человеческий геном содержит избыточное количество этих генов. «Лишние» просто не работают, а оставшиеся обеспечивают нормальную жизнедеятельность клетки и организма. Люди различаются индивидуальными дозами работающих рибосомных генов, причем отличие это наследственное. Рибосомные гены расположены компактно в определенных участках хромосом. При специальном окрашивании азотнокислым серебром зона активных генов видна как темное пятно: чем оно больше и ярче, тем больше работающих рибосомных генов. (Кстати, напомним, что рибосома — «машина белкового синтеза»: эти тельца, состоящие из молекул белков и РНК, производят все белки, необходимые клетке.)

Генетики обследовали несколько десятков рабочих коксохимического предприятия Кемеровское АО «Кокс» разного пола и возраста. Приготовив хромосомные препараты из клеток периферической крови, генетики убедились, что среди сотрудников производства больше людей с высокой дозой активных генов, чем среди здоровых доноров, не работающих во вредных условиях. Причем рабочие, чей стаж превышает 10 лет, имеют больше активных копий рибосомных генов, чем контрольные доноры и рабочие со стажем менее 10 лет.

Для объяснения ученые предлагают две гипотезы. Во-первых, неактивные копии могут включаться по прошествии долгих лет работы во вредных условиях. Во-вторых, больше десяти лет на предприятии скорее выдержат люди с изначально большим числом активных копий, остальные просто уходят. По-видимому, повышенная активность рибосомных генов помогает их обладателям адаптироваться к непростым условиям коксохимического производства.

Действительно, такие люди менее чувствительны к мутагенам. Кемеровские исследователи установили, что у рабочих с большим количеством работающих рибосомных генов реже встречаются клетки с повышенным уровнем хромосомных нарушений. По мнению исследователей, существует зависимость между генетической чувствительностью к производственным факторам и индивидуальной дозой активных рибосомных генов. Поэтому целесообразно проверять активность этих генов у всех желающих работать на коксохимическом заводе.



ПСИХОЛОГИЯ

Всем мужчинам надо учиться и жениться

Сотрудники лаборатории эпидемиологии терапевтических заболеваний НИИ терапии СО РАМН (Новосибирск) и кафедры неврологии факультета усовершенствования врачей Новосибирской медицинской академии провели совместное исследование психосоциальных причин инсульта. Результаты исследования подтвердили народное мнение о том, что именно стресс — причина всех болезней. Впрочем, некоторых стрессов можно избежать, если очень постараться.

Совсем недавно новосибирские ученые опубликовали результаты исследования, которое заняло 16 лет, с 1984 по 2000 год. В нем приняли участие более 700

мужчин, жителей одного из районов Новосибирска. Участники эксперимента, выбранные случайным образом из списка избирателей, отличались по возрасту, уровню образования, семейному и социальному положению. За время эксперимента исследователи зарегистрировали 90 инсультов.

Жертвами инсульта чаще всего становятся мужчины 55–64 лет, что естественно, поскольку у многих пожилых людей поднимается артериальное давление, а это одна из основных причин инсульта. Кроме того, в этом возрасте люди уже испытали превратности судьбы. Риск возникновения инсульта четко связан с социальным положением: чем оно ниже, тем больше шансов заболеть. Чаще всего инсульт встречался среди рабочих и пенсионеров. Социальный статус во многом зависит от уровня образования. По данным новосибирских исследователей, более половины больных инсультом имели незаконченное среднее или начальное образование.

Разведенные и вдовье мужчины рискуют больше, чем женатые. Кстати, многие исследователи отмечают, что мужчины, не имеющие поддержки в семье, чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями. Кроме того, смерть супруга — один из самых серьезных стрессов. Овдовевшие мужчины более подвержены тревоге и депрессии, у них чаще развивается артериальная гипертензия (повышенное давление), а это еще больше увеличивает риск инсульта.

Одна из важнейших категорий социального стресса — личностная тревожность. Все испытуемые заполняли специальный опросник, позволивший определить уровень их тревожности (низкий, средний или высокий). Вдовье и разведенные мужчины более тревожны, чем семейные. Среди малообразованных людей индивидуумы с высоким уровнем тревожности составляли 73%, а среди рабочих и пенсионеров — 70–80%, поэтому они чаще подвержены инсульту. Но даже людей с высоким уровнем тревожности, склонных к стрессам, защищают от инсульта высшее образование, квалифицированная работа и заботливая жена.

По прогнозам ведущих мировых специалистов, количество заболевших инсультом к 2020 году удвоится, если не предпринять никаких мер, однако если внедрять в практику уже имеющиеся знания, то половину инсультов можно предотвратить. В частности, специалисты рекомендуют создавать условия, смягчающие воздействие психосоциальных факторов на население. Кто озоботится такими условиями в России, неизвестно. По-видимому, всем заинтересованным лицам придется взять инициативу в свои руки. Мужчины! Учитесь, женитесь и делайте карьеру!

Магнитная сила

Летом прошлого года академик А.Л.Бучаченко опубликовал в издательстве «Нобелистика» книгу «Химия как музыка», в которой рассказал читателям об интересных направлениях химии. Одну из глав, посвященную главному детищу автора — спиновой химии, мы решили опубликовать в нашем журнале. Однако ввиду того, что эта наука родилась на стыке химии и физики, имеет смысл напомнить читателям некоторые физические термины, связанные с магнетизмом.

Если открыть классический курс физики твердого тела под редакцией Н.Ашкрофта и Н.Мермина, то в главе о природе магнетизма можно встретить следующий фрагмент: «Теория, описывающая природу магнитного взаимодействия, представляет собой одну из наименее разработанных фундаментальных областей физики твердого тела. Наилучшее понимание проблемы достигнуто в случае диэлектриков, где магнитные ионы расположены достаточно далеко друг от друга, хотя даже в этом случае теория весьма сложна. Чтобы предельно упростить рассмотрение, мы проиллюстрируем основные физические особенности магнитного взаимодействия на примере отдельной молекулы водорода, обратившись к снисходительному читателю с просьбой считать ее твердым телом.

Читатели, которые хотели бы пропустить это оставляющее чувство неудовлетворенности компромиссное описание, навязываемое нам сложностью и неразработанностью проблемы, могут отметить для себя два основных пункта.

1. Казалось бы, наиболее естественно предположить, что взаимодействие между отдельными магнитными моментами связано с их магнитными полями. Однако чаще всего основными оказываются отнюдь не они. Наиважнейший источник магнитного взаимодействия — обычное электростатическое электрон-электронное взаимодействие. И действительно, во многих теориях магнетизма в первом приближении совершенно не учитывается ни диполь-дипольное, ни спин-орбитальное взаимодействие, а только кулоновское.

2. По сути дела, построение достаточно простой модели, которая могла бы описывать как характерную корреляцию электронных спинов, так и электронные кинетические свойства, остается одной из главных нерешенных задач современной теории твердого тела».



Спиновая химия

А.Л.Бучаченко

Новая земля химической науки

Химическими реакциями управляют — разрешают или запрещают — два «тирана»: энергия и угловой момент (спин) реагентов. Запрет по энергии не категоричен: если энергии не хватает, всегда есть «обходной путь» — туннелирование под энерги-

Художник Н. Кравцов



ческим барьером реакции; запрет по спину — абсолютно строгий, химически непреодолимый. Поведением спина в химических реакциях и его следствиями занимается новая область химической науки — спиновая химия. Она основана на универсальном и фундаментальном принципе: хими-

ческие реакции разрешены только для таких спиновых состояний реагентов, в которых полный спин совпадает со спином продуктов. Если спин реагентов не равен спину продуктов, реакция невозможна.

Спиновая химия уникальна — она вводит в химию магнитные взаимо-

Итак, единственное подспорье, которое оказывается в наших руках, — это молекула водорода, состоящая из двух протонов и двух электронов. Вообще-то это не так уж и мало — именно два свободных электрона определяют поведение химических радикалов, главных персонажей спиновой химии. У каждого электрона есть спин — магнитный момент, который может быть направлен либо вверх, либо вниз. В соответствии с принципом запрета Паули в одном и том же месте в одно и то же время не может быть двух совершенно одинаковых электронов. Однако разное направление спина позволяет двум электронам существовать на одном и том же энергетическом уровне. В квантовомеханической системе из двух электронов возможны четыре варианта взаимной ориентации спинов, причем в одном случае суммарный спин такой системы оказывается равным 0 (это синглетное состояние, когда спины электронов направлены в противоположенные стороны), а в трех — 1 (это триплетное состояние). Именно синглетное состояние служит основным, то есть обладающим наименьшей энергией, состоянием системы из двух электронов. Если каким-либо образом возбудить молекулу и перевести ее в триплетное состояние, то она не сможет долго в нем оставаться и либо испустит излишнюю энергию в виде кванта излучения, либо вынуждена будет распасться на фрагменты. Самое интересное, что причиной поведения, казалось бы связанного с магнитным свойством (направлением спина), служит электрическое взаимодействие.

Впрочем, магнитное взаимодействие тоже играет свою роль в работе со спинами. Например, если в ядре атома число нейтронов нечетно (а именно числом нейтронов различаются изотопы элементов), то у ядра возникает свой магнитный момент, который неизбежно взаимодействует со спином неспаренного электрона и может влиять на его направление. Магнитные ядра, в свою очередь, способны взаимодействовать с внешним магнитным полем. В результате они приобретают дополнительную энергию, которая отличает их от немагнитных собратьев, и это проявляется в виде эффекта Зеемана — расщеплении спектральных линий элементов в магнитном поле. Благодаря эффекту Зеемана астрономы измеряют мощность магнитных полей Солнца и других звезд. Ну а химики, как будет рассказано далее, воспользовались тем же эффектом для создания молекулярных радиостанций.

С.М.Комаров

действия. Будучи пренебрежимо малыми по величине, магнитные взаимодействия выполняют ключевую управляющую функцию: они изменяют спины реагентов в предреакционном состоянии и переключают реакции между спин-запрещенными и спин-разрешенными каналами. В конечном счете они контролируют реакцию и пишут новый, магнитный ее сценарий.

Допустим, имеется пара радикалов, которая возникает вследствие фотолиза, радиолиза или просто в результате встречи. А рекомбинация этих радикалов запрещена по спину. Магнитные взаимодействия — зеемановское, электронно-ядерное ферми-взаимодействие и микроволновое облучение — изменяют спин пары, и реакция становится возможной. Ясно, что ее вероятность есть функция всех параметров, характеризующих магнитные взаимодействия, а сама радикальная пара функционирует как спин-селективный нанореактор. В нем вероятность реакции зависит от магнитного поля, от магнитного момента и спина реагентов, от проекции ядерного спина и энергии электронно-ядерного взаимодействия (в спектроскопии ЭПР ее называют константой сверхтонкого взаимодействия), от амплитуды и частоты микроволнового облучения (которое стимулирует спиновую конверсию пары), а также от энергии обменного взаимодействия электронов в паре. Все эти параметры служат актерами «магнитной» пьесы.

Как спин-селективный нанореактор, радикальная пара не уникальна. Пара любых спиновых носителей — радикалов, парамагнитных ионов, карбенов, триплетных и высокоспиновых молекул (кислорода, в частности), сольватированных или захваченных электронах, парамагнитных дырок, вакансий и дислокаций в твердых телах — представляет собой многоспиновую систему с набором спиновых состояний. Химическая реакция отбирает те спиновые состояния, которые разрешены; остальные либо диссоциируют без реакции, либо успевают произвести спиновую конверсию (то есть преобразовать спин-запрещенные состояния в спин-разрешенные) и лишь после этого реагируют. Следовательно, любая многоспиновая пара служит спин-селективным нанореактором и потенциальным источником магнитно-спиновых эффектов. Наиболее яркие и химически значимые эффекты: магнитный изотопный эффект, спиновый катализ и спиновые эффекты, индуцированные микроволновым облучением спин-селективного нанореактора.

При фотохимическом распаде дибензилкетона магнитные ядра ^{13}C возвращаются в исходные молекулы, а немагнитные — уходят в продукт реакции, окись углерода

Магнитный изотопный эффект

Открытие магнитного изотопного эффекта (МИЭ) — настоящее событие в современной химии, крупный прорыв, сравнимый по своей значимости с открытием классического изотопного эффекта (КИЭ). МИЭ — это зависимость скорости спин-селективной реакции от магнитного момента ядер реагентов и электронно-ядерного, сверхтонкого взаимодействия. В отличие от классического, масс-зависимого изотопного эффекта, который фракционирует легкие и тяжелые ядра, МИЭ сортирует магнитные и немагнитные ядра. Принцип ядерно-спиновой сортировки легко видеть из схемы фотохимического распада дибензилкетона; в 1976 году именно в этой реакции был впервые открыт МИЭ.

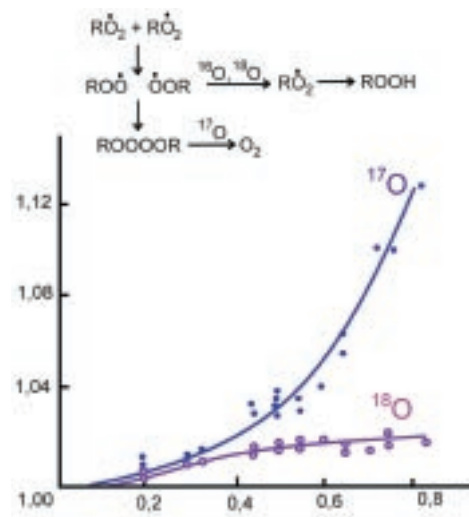
При облучении ультрафиолетом молекула дибензилкетона переходит в триплетное состояние и распадается на фрагменты. В результате получается пара радикалов — бензильный и ацильный, тоже в триплетном состоянии. Ядро изотопа ^{13}C , в отличие от ^{12}C , обладает магнитным моментом. Из-за сверхтонкого взаимодействия с таким ядром неспаренный электрон быстро переходит в синглетное состояние. А пары в таком состоянии могут реагировать, что они и делают, регенерируя исходную молекулу и принося в нее изотопные ядра ^{13}C . Триплет-синглетная спиновая конверсия пар с немагнитными ядрами, ^{12}C , сильно запаздывает (в них нет движущей силы — сверхтонкого взаимодействия), и эти пары преимущественно диссоциируют. Такие радикалы превращаются в продукты (дибензил и монооксид углерода); вместе с ними в монооксид углерода уходят ядра ^{12}C .

Таким образом, радикальная пара, как диспетчер, сортирует ядра по их магнитным моментам, направляя магнитные и немагнитные ядра в разные продукты. Реакция организована так удачно, что магнитный (наиболее ценный) изотоп ^{13}C накапливается в исходном, регенерированном кетоне;

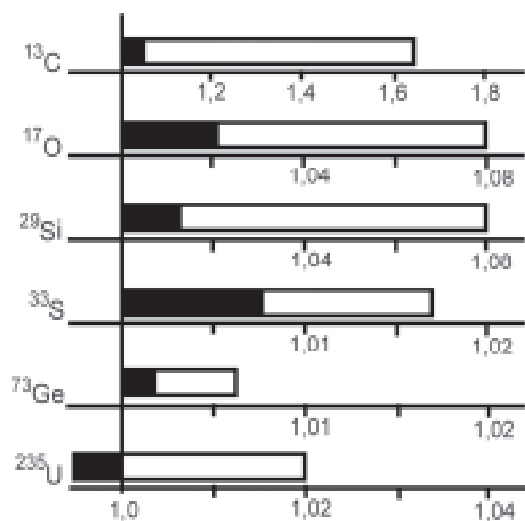


причем чем глубже химическая конверсия кетона, тем выше содержание ^{13}C в его остатке.

Можно ли достичь предельной сортировки, когда только магнитные пары регенерируют исходную молекулу? Это стратегически важный вопрос, за которым стоят новые перспективы изотопной технологии. Есть два пути увеличения эффективности изотопного фракционирования в радикальной паре; мы их коротко обсудим. Первый путь к достижению изотопного предела — организовать спин-селективный каскадный процесс в микрореакторах замкнутого объема, в которых реагент (например, дибензилкетон) и его радикальная пара оказываются плененными. Такой способ включает возбуждение молекулы в триплетное состояние, диссоциацию в триплетную радикальную пару, спин-селективную триплет-синглетную конверсию и регенерацию (ренессанс) исходной молекулы. Пути изотопных ядер расходятся на третьем этапе кас-



При изотопной сортировке кислорода доля ^{18}O быстро растет по мере увеличения степени химической конверсии исходных соединений



Сравнение масштабов магнитного (белые поля) и классического изотопного эффекта (черные поля). По оси абсцисс отложен коэффициент одностадийного изотопного разделения — универсальная мера изотопного эффекта

када: ядра ^{12}C уходят в продукты диссоциации, а ядра ^{13}C возвращаются в исходную молекулу. Такую каскадную стратегию удалось успешно осуществить для реакций в мицеллах, в пустотах цеолитов и других микрореакторах с пленеными молекулами и принудительной рекомбинацией. Аналогично происходит изотопное отделение магнитных ядер ^{29}Si и ^{33}S в реакциях фотолиза сили- и серосодержащих кетонов.

Иную схему можно реализовать для изотопного разделения кислорода. Для этого элемента МИЭ был открыт в реакции цепного окисления полимеров и углеводов, где микрореактором служит пара пероксирадикалов, возникающая из-за обрыва цепи, то есть встречи двух молекул ROO^\cdot . Пероксирадикалы с ядром ^{17}O быстро рекомбинируют в тетраоксид RO_4R . Он не стабилен и распадается с образованием молекулярного кислорода ^{17}O . А радикалы с немагнитными ядрами ^{16}O и ^{18}O соединиться не могут, они реагируют с подходящим по спину протоном и уходят в гидроксипероксид. Чем меньше остается кислорода, тем выше в нем содержание ^{17}O , причем оно гораздо выше обогащения его ^{18}O — здесь срабатывает классический изотопный эффект, когда вероятность реакции зависит от массы атома.

МИЭ оказывается мощной силой разделения изотопов — коэффициенты разделения для всех элементов, включая самый интересный, уран, на порядок больше, чем при КИЭ. Как мощный механизм изотопного фракционирования в геохимических, космохимических и биологических процессах, МИЭ нужно учитывать при анализе происхождения и химической эволюции минералов, нефтей, руд, газовых месторождений, межзвездного вещества, метеоритов и многого

другого. Любые изотопные аномалии и отклонения от стандартного изотопного состава — это следы химической истории природы, эхо ее химической судьбы. В этом смысле значимость магнитного изотопного эффекта выходит далеко за рамки химии.

Микроволновая спиновая химия

Это новая глава спиновой химии, в которой микроволновое облучение радикальных пар (или, как говорят радиофизики, микроволновая накачка пар) индуцирует электронно-спиновые переходы. Когда микроволновая частота совпадает с частотами магнитно-резонансных переходов (то есть с частотами ЭПР) в радикалах, тогда спиновая конверсия пары ускоряется, вероятность рекомбинации пары возрастает и выход продуктов увеличивается. Это явление называется парамагнитным резонансом, детектируемым по увеличению выхода продуктов реакции (химически детектируемый парамагнитный резонанс).

Заметим, что микроволновая накачка стимулирует реакцию в триплетных радикальных парах. Напротив, если спиновое состояние пары синглетное, то микроволновая накачка индуцирует спиновую конверсию пары в триплет, и тогда реакция подавляется микроволновой накачкой. Все эти режимы наблюдались экспериментально.

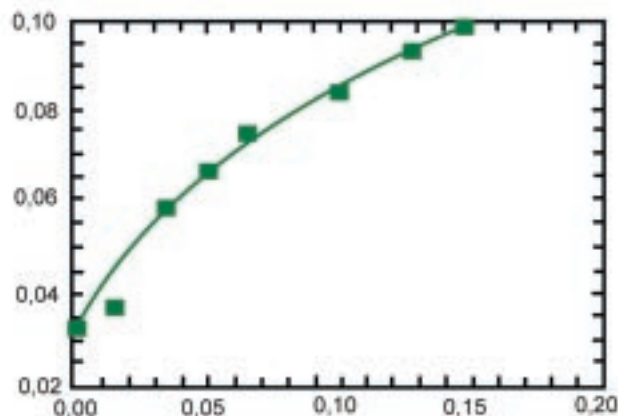
Если осуществляется селективная накачка только радикальных пар с оп-

ределенной, избранной ориентацией ядер (накачка на частоте одной из компонент сверхтонкой структуры спектра ЭПР), то микроволновое облучение стимулирует образование молекул с избранной ориентацией спинов.

Наконец, если в системе присутствуют радикальные пары с ядрами ^{12}C и ^{13}C (как при фотолизе дибензилкетона), то можно воздействовать микроволнами только на «магнитные» пары (с ядрами ^{13}C); тогда накачка увеличивает вероятность регенерации молекул с ядрами ^{13}C и стимулирует изотопное разделение. Это и есть замечательное явление — микроволновой магнитный изотопный эффект, предсказанный еще в 1981 году.

Микроволновой МИЭ — новое явление с огромными ресурсами увеличения изотопной селективности реакции. Помимо накачки «магнитных» пар, еще более перспективна накачка «немагнитных» пар микроволнами большой амплитуды. При этих условиях микроволны заставляют оба электронных спина в радикальной паре прецессировать синхронно; тогда они, в отличие от содержащих «магнитные» ядра ^{13}C , не способны регенерировать. Это дает огромный эффект в изотопном фракционировании. Микроволновой МИЭ — красивый способ контролировать химическую реакционную способность, манипулируя электронным спином реагентов с помощью селективной микроволновой накачки.

Вероятность рекомбинации триплетной радикальной пары как функция концентрации спинового катализатора — нитрокислого радикала



Спиновый катализ

Это новый, чисто физический катализ реакции парамагнетиками (радикалами, ионами, парамагнитными молекулами и другими). Он происходит в триадах парамагнитных частиц, где третья частица (третий электронный спин) индуцирует спиновую конверсию в паре других частиц. Впервые это явление было продемонстрировано в фотолизе дифенилпентанона.

Неожиданно оказалось, что вероятность рекомбинации триплетной радикальной пары, генерированной фотолизом, увеличивается в присутствии нитроксильных радикалов — сильных акцепторов алкильных радикалов. Чем выше концентрация нитроксидов, тем выше вероятность рекомбинации. Это означает, что третий спин нитроксидов стимулирует триплет-синглетную конверсию радикальной пары. Более того, скорость каталитической рекомбинации радикалов в триаде на порядок превосходит скорость рекомбинации тех же радикалов в изолированной радикальной паре. Другой яркий пример спинового катализа — рекомбинация триплетной пары бензильных радикалов; такая вторичная пара возникает при фотолизе дибензилкетона после декарбонилирования первичной пары. Реакция сильно ускоряется парамагнитными ионами лантанидов, причем скорость каталитической рекомбинации пропорциональна спину иона и не зависит от его магнитного момента. Это прямое доказательство того, что именно обменное взаимодействие ответственно за спиновый катализ.

Широкие возможности спинового катализа еще не полностью осознаны; он стимулирует радикальную рекомбинацию (обрыв кинетических цепей в цепных процессах), циклизацию би-радикалов, цис-транс изомеризацию молекул с двойной связью, Бозе-конденсацию ориентированных атомов водорода, спиновую конверсию позитрония (то есть искусственного атома, состоящего из позитрона и электрона), первичные процессы в фотосинтетических центрах, парамагнитное тушение возбужденных молекул и многие другие процессы. Возможно, это явление гораздо шире, чем представляется на уровне сегодняшних знаний. Любые процессы генерации радикальных или ион-радикальных пар при каталитических превращениях могут сопровождаться спиновым катализом, так что ионы металлов или металлокомплексы, будучи химическими катализаторами, могут также функционировать и как

спиновые катализаторы. Это замечание относится и к ферментативным процессам, которые идут в живых существах, а также к катализу на металлах, парамагнитных оксидах или цеолитах.

Химическая радиофизика

Радиофизика — наука о генерации, распространении и приеме радиоволн. Это чисто физическая наука, и поэтому сочетание слов «химическая радиофизика» кажется странным и невообразимым. Однако наука и жизнь богаче всякого воображения. Химическая радиофизика — это наука о генерации и приеме радиоволн на химическом уровне, когда химически реагирующие системы становятся и источником, и приемником радиоволн.

В начале статьи мы заметили, что вероятность реакции радикалов зависит от проекции их ядерного спина, то есть от ориентации ядер во внешнем магнитном поле. Реакция отправляет ядра с разной ориентацией в разные продукты. Другими словами, реакция рождает молекулы с ориентированными (поляризованными) ядрами; это и есть знаменитая химическая поляризация ядер.

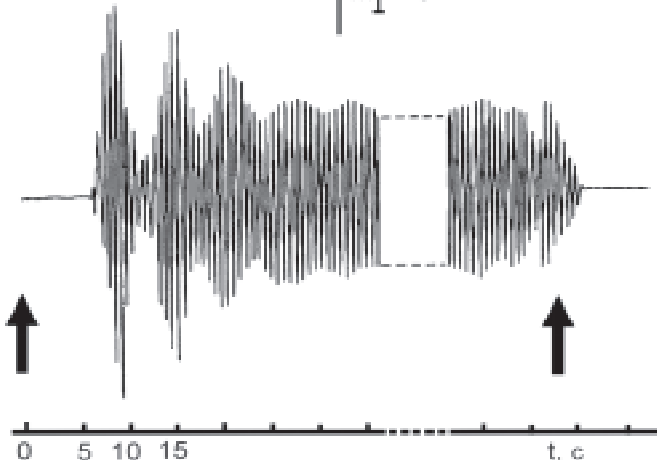
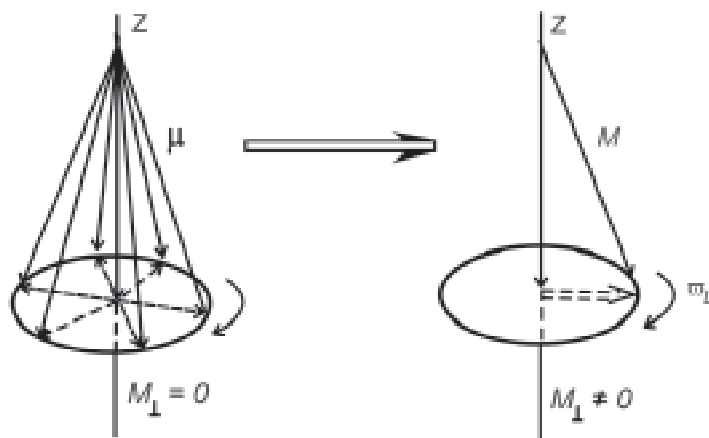
Особо привлекателен случай, когда реакция производит молекулы с отрицательной ядерной поляризацией. В них ядра ориентированы про-

тив внешнего магнитного поля, то есть в этих молекулах заселен верхний зеемановский ядерный уровень. Нормальное состояние молекулы — такое, в котором сильнее заселен нижний зеемановский уровень (ядра ориентированы по направлению магнитного поля). Поэтому говорят, что в молекулах с отрицательной поляризацией ядер создается обратная населенность ядерных зеемановских уровней. Вот почему на этих уровнях (в зеемановском резервуаре) запасается энергия.

Ансамбль молекул-продуктов с запасенной в зеемановском резервуаре энергией может растратить эту энергию в тепло (через спин-решеточную магнитную релаксацию), но может превратить ее в стимулированное излучение на зеемановской ядерной частоте. Излучение возникает, когда энергия зеемановского резервуара превосходит порог генерации; тогда движение ядерных спинов спонтанно становится когерентным. Так когерентная система ядер превращается в квантовый генератор с химической накачкой. Это новое явление — микроволновое излучение химической реакции было обнаружено экспериментально в 1983 году.

Поясним, как это происходит. Отрицательно поляризованное ядро, будучи миниатюрным магнитиком, направляет свой магнитный момент против магнитного поля. Магнитные

Схема произвольной прецессии ядерных магнитных моментов (слева) и объединение их в суммарный, когерентно прецессирующий магнитный момент (справа)



Генерация микроволнового излучения поляризованных протонов хинона в реакции порфирина с хиноном. Стрелками показаны моменты включения фотохимической реакции и выключения ее

моменты всех поляризованных ядер складываются в суммарный магнитный момент — вектор ядерной намагниченности; он тоже направлен против поля, и его магнитная энергия — это и есть запасенная энергия зеемановского резервуара.

Магнитный момент каждого ядра прецессирует вокруг направления поля; это означает, что поперечная компонента каждого ядерного магнетика осциллирует в плоскости $xу$, перпендикулярной направлению поля (оси z). Фаза этих осцилляций совершенно произвольна, каждое ядро прецессирует независимо, так что суммарная поперечная ядерная намагниченность равна нулю.

Далее начинается самое интересное. Благодаря случайным флуктуациям локальных магнитных полей (флуктуации «магнитного шума») суммарный магнитный момент нескольких ядер может слегка отклоняться от оси z , создавая небольшую поперечную компоненту магнитного момента. Осциллируя в плоскости $xу$, она порождает переменную электродвижущую силу (ЭДС)! Все происходит точно так же, когда вращающийся магнит в электромагнитном генераторе создает в обмотке переменное напряжение; в квантовом генераторе роль магнита выполняет суммарный ядерный магнитный момент ядер. Переменная ЭДС, созданная прецессирующим ядерным магнитным моментом, рождает переменное магнитное поле, которое воздействует на магнитные моменты ядер и заставляет их прецессировать согласованно, синхронно, когерентно, так что их фазы прецессии начинают совпадать, а поперечные компоненты собираются в суммарный вектор поперечной намагниченности. Другими словами, собственное электромагнитное поле реакции синхронизирует прецессию всех ядерных моментов и индуцирует лавинообразное нарастание ЭДС в колебательном контуре. Если величина отрицательной намагниченности настолько велика, что энергия, поступающая от ядерно-спиновой системы в образовавшийся колебательный контур, превосходит электрические потери в контуре, такая система становится радиочастотным генератором.

Итак, для самовозбуждения генерации электромагнитного излучения в химической реакции необходимы два условия: отрицательная поляризация ядер, обеспечивающая запас энергии в зеемановском резервуаре, и когерентность в ядерно-спиновой системе, «спасающая» зеемановскую энер-

гию от тепловой гибели и превращающая ее в радиоизлучение. Оба эти условия тесно связаны: если зеемановская энергия мала, электромагнитное поле и когерентизация будут слабыми и не смогут конкурировать с процессами поперечной ядерной релаксации, разрушающими когерентность. Поэтому для возбуждения генерации необходимо достижение критического значения ядерной поляризации и запаса зеемановской энергии.

Химическая генерация микроволнового излучения и микроволновой прием на химическом уровне составляют новую науку — химическую радиофизику, значение которой выходит за рамки химии. Спиновая химия и химическая радиофизика — новые, далеко не завершённые части химии; они таят в себе богатые возможности — как уже предсказанные и обнаруженные, так и непредсказуемые. Основаны они на манипулировании спинами электронов и ядер. Когда такие манипуляции производит сама химическая реакция, появляются необыкновенно красивые магнитно-спиновые эффекты, и в их числе — генерация микроволн; тогда реакция становится молекулярной радиостанцией. Если манипуляции со спинами осуществляются над реакцией путем микроволновой накачки, рождаются еще более красивые эффекты приема микроволн.

Простейшая физика химического радиочастотного (микроволнового) генератора воплощена уже в строгую теорию и доказана экспериментально. Например, в фотохимической реакции порфирина с хиноном (именно в ней впервые была открыта радиочастотная генерация) происходит отрицательная поляризация протонов хинона; этот протонный зеемановский резервуар служит излучателем. Генерация начинается через 5–10 секунд после включения света, то есть когда запасется зеемановская энергия, превосходящая порог генерации. После короткого переходного процесса устанавливается стационарный режим, который поддерживается сколь угодно долго, так как реакция почти иде-

ально обратима и обеспечивает постоянную накачку зеемановского резервуара. После выключения света генерация прекращается. Этот процесс можно многократно повторять, включая и выключая фотохимическую накачку. Сама реакция работает как управляемый радиочастотный мазер.

Другая сторона химической радиофизики — способность химической реакции быть микроволновым приемником. Микроволновой прием на химическом, молекулярном уровне следует из принципов спиновой химии: резонансное микроволновое излучение стимулирует триплет-синглетную конверсию радикальных пар (или пар других спиновых носителей) и изменяет выход химических продуктов, детектируемый хроматографически, по люминесценции, электропроводности и другими методами. Очевидно, что микроволновая спиновая химия, о которой шла речь выше, демонстрирует блестящие способности химически реагирующих систем осуществлять микроволновой прием, причем селективный и по ядерному спину, и по его проекции.

И в классической, и в квантовой радиофизике, на старте и на финише, то есть и в генерации, и в приеме радиоволн, главная роль принадлежит электрической компоненте электромагнитного поля. В химической радиофизике генерация и прием происходят на магнитной компоненте. Это ключевое свойство химической радиофизики, которое дает этой науке право самостоятельности в иерархии физических и химических наук.

Спиновая химия и химическая радиофизика тесно связаны, но у каждой из них есть самостоятельные задачи. Первая разрабатывает новые принципы управления химическими реакциями (в том числе и с помощью микроволн), вторая имеет еще и крупный прикладной, биомедицинский аспект. Это тоже прямая задача химии как фундаментальной науки — понять, каким образом микроволновое излучение воздействует на живые организмы.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



В зарубежных лабораториях

ОЛИВКОВОЕ МАСЛО БЬЕТ ПО РАКУ

Ученые из Испании и США выяснили, почему оливковое масло может замедлять развитие рака груди.

Dr Javer Menendez,
javiermenendez72
@yahoo.com,
Annals of Oncology,
10 January 2005

Вообще-то о том, что оливковое масло помогает бороться с раком груди, ученые давно подозревали — с тех пор, как была установлена связь между средиземноморской кухней и здоровьем. Однако опыты на животных не давали однозначного результата. Чтобы установить истину, ученые из Католического института онкологии в испанской Гироне и чикагского Северо-Западного университета взяли линии раковых клеток человека, обработали их культуры олеиновой кислотой — главной мононенасыщенной кислотой оливкового масла — и посмотрели, как это сказывается на экспрессии тех или иных генов. Оказалось, что самый зловредный онкоген — Her-2/neu (также известный как erb B-2), повышенное содержание которого медики находят в каждой пятой опухоли (причем большинство из них распространяются стремительно), при такой обработке синтезируется значительно хуже. Более того, олеиновая кислота улучшала работу главного лекарства, предназначенного для подавления этого онкогена, — моноклонального антигена трастузумаба.

«Я не помню другого случая, когда было бы доказано, что мононенасыщенные жирные кислоты вроде олеиновой могли снижать экспрессию гена Her-2/neu на 46%, — говорит руководитель работы доктор Хавьер Менендес из Чикаго. — Наше исследование, особенно если нам дадут дополнительное финансирование, поможет понять, насколько улучшает действие противоопухолевых лекарств диета, содержащая много оливкового масла первого отжима. Хотя, конечно, к лабораторным результатам следует относиться осторожно, они ведь не всегда подтверждаются в клинической практике».

В зарубежных лабораториях

КРЕМНИЕВЫЙ ПРИЦЕЛ ДЛЯ ГЕНА

Ученые из США придумали, как доставлять ген в ядро клетки, не применяя вирусы.

Пресс-секретарь
John Della Contrada,
dellacon@buffalo.edu

Обычно для того, чтобы доставить ген внутрь ядра клетки, его прицеливают к вирусной частице. Поскольку делают это в двух случаях — для получения трансгенных растений и для лечения человека на уровне клеток, так называемой клеточной хирургии, последствия внезапного превращения прирученного вируса в дикий могут быть крайне неприятными. А именно — смертельными для пациента (и такое уже случалось) или катастрофическими для всего человечества. Именно второй сценарий зачастую имеют в виду противники трансгенных растений, поговаривая о непредсказуемых отдаленных последствиях. В общем, хорошо бы обойтись без вируса. И именно это удалось сделать ученым из Университета Буффало во главе с доктором Парасом Прасадом. Они синтезировали органосилоксан, то есть полимер, в цепочке которого наряду с атомами кремния есть и атомы углерода. Наночастица этого полимера легко проникает сквозь мембрану клетки и доставляет прикрепленный к нему ген в ядро еще до того, как сработает внутриклеточная система самообороны. Более того, ученые, внедрив в наночастицу флюоресцентную метку, сумели под микроскопом проследить весь путь доставки гена в ядро, а об удаче судили по выработке светящегося белка.

«Проследив путь гена внутрь клетки, удалось существенно повысить эффективность его доставки, — говорит коллега Прасада доктор Тимош Охульчанский. — Теперь мы можем синтезировать целые библиотеки транспортных наночастиц, которые принесут ген в нужную клетку нужной ткани».

В зарубежных лабораториях

ЭКРАН ИЗ ТУМАНА

Финские инженеры начали производство экранов из тумана.



Mika Herpio,
mika.herpio@fog-
screen.com,
www.fogscreen.com

Три года назад ученые из технологического центра Сейняйоки предложили сделать экран для показа фильмов, слайдов и прочих красивых картинок не из простыни, как братья Люмьер, или пластика, а из тумана. Главное достоинство этого устройства, которое напоминает скорее спецэффект фантастического фильма в том, что сквозь показанное на тумане изображение можно легко пройти.

Для создания тумана используют ультразвуковой распылитель воды. Мельчайшие капельки подхватывает ровный, без единого вихря, поток воздуха и доставляет их в конденсатор. Количество воды, требуемое для создания тумана, столь ничтожно, что если провести рукой внутри экрана, она остается сухой. А для формирования изображения нужен проектор со светосилой не менее 3000 люменов. Как и положено для такого рода техники, чем темнее в комнате, тем лучше.

«Мы начали с изготовления экранов одного размера, полтора на два метра, но я надеюсь, что недалек тот день, когда туманные экраны станут столь же привычными, как домашние кинотеатры. Тем более уже сейчас экран стал интерактивным: на нем можно рисовать», — говорит руководитель компании «ФогСкрин» Мика Херпийо.

В зарубежных лабораториях

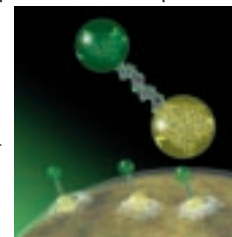
ДЕНДРИМЕРНЫЙ КОНСТРУКТОР

Ученые из Мичигана придумали, как сократить полтора десятка стадий синтеза дендримерного лекарства.

Пресс-секретарь
Karl Leif Bates,
batesk@umich.edu

Изготовление лекарства на основе дендримера — настоящее искусство: добавляя реагенты, химик из отдельных веточек выращивает многоэтажные конструкции, подобные кусту перекасти-поля. При чем все они — одного и того же диаметра. Одна беда — после добавления каждой новой веточки приходится долго отмывать вещество от реагентов, теряя драгоценные миллиграммы продукта. В результате синтез чего-нибудь стоящего растягивается на долгие месяцы и стоит очень дорого. Пользы же от этого «чего-нибудь» могло бы быть очень много. Например, если к одним внешним веточкам пришить вещества, способные связываться с рецепторами раковых клеток и только с ними, а к другим — вещества, эту клетку уничтожающие, получится прекрасное избирательно действующее лекарство.

«Чтобы сократить время синтеза, я решил сделать простые дендримерные молекулы, а потом связать их воедино с помощью фрагмента молекулы ДНК», — рассказывает студент Мичиганского университета Янгсеон Чои. Эту идею действительно удалось воплотить в виде похожей на гантелю модельной молекулы. Один ее шарик содержал остатки фолиевой кислоты и мог связываться с мембранами раковых клеток — их поверхность усыпана соответствующими рецепторами, а на другом шарике располагались светящиеся белки. Шарик соединяла цепочка ДНК из нескольких десятков нуклеотидов. Как оказалось, такая конструкция безошибочно настигала раковые клетки и проникала внутрь них, о чем ученые и судили по возникающему там свечению. «Мы планируем создать коллекцию простых дендримеров. Одни из них будут нести лекарства, другие — группы, которые соединяются с рецепторами-мишенями, а третьи — флюоресцентные метки. Объединяя их по трое с помощью фрагментов ДНК, мы получим способ быстро синтезировать препараты разнообразного действия», — говорит Янгсеон Чои.



Выставочный центр Хельсинки
26 – 28 апреля 2005

ChemBio

FINLAND 05



Новое место встречи для профессионалов химии и биотехники

Новая выставка ChemBio Finland 05 объединила традиционную выставку «Химия» с выставкой «BioTech». Химическая промышленность, биотехнологии и лабораторные исследования будут представлены под одной крышей. Выставка Nanotechnology, которая будет проводиться в это же время, делает это событие еще более интересным.

ChemBio Finland 05 обещает стать обширным форумом для специалистов, где встретятся производство, научно-исследовательские организации и фирмы данных отраслей. Одновременно в Выставочном центре Хельсинки будет также проходить три международных конгресса: BioFinland, Дни Химии и Nanotechnology in Northern Europe (www.nano.fi).

Приглашаем познакомиться с новейшими достижениями химии и биотехники!

Дополнительная информация и бесплатная регистрация участия

www.chembiofinland.fi

В Хельсинки: Ольга Экстрём, +358 9 150 9449, факс: +358 9 142 358,

e:mail: olga.ekstrom@finnexpo.fi

В Москве: Юго-Стар, тел/факс: 095-105 00 52,

e:mail: info@yugo-star.ru

В Санкт-Петербурге: Леноблинтур, тел/факс: 812-110 00 80,

e:mail: lenoblintur@mail.ru



Зачем нужна известь

Сказать точно, когда человек освоил обжиг известняков, невозможно; это древнейшая химическая технология, которая наверняка появилась не позже начала эры металлов. Может быть, и гораздо раньше: первобытному человеку надо было как-то решать проблему качественной выделки шкур. А продукт обжига — известь, оксид кальция — прекрасный реагент для удаления волосяного покрова с поверхности кож животных, поскольку способствует растворению белковых веществ и омылению жиров.

В общем, люди с древнейших времен используют известь чуть ли не во всех сферах своей деятельности: это медицина и парфюмерия, коммунальное хозяйство, сельское хозяйство, целлюлозно-бумажная, деревообрабатывающая, легкая, пищевая, химическая и нефтехимическая промышленность, производство строительных материалов, промышленность. Творения неизвестных изобретателей неолита — обжиговые печи, которые представляли собой либо простые ямы, либо сооружения из сырцового кирпича с послойным размещением в них древесного угля и известкового сырья, — постепенно превратились в огромные шахтные печи, объединенные в крупнотоннажные производства обжига известкового сырья.

Так было веками. Однако начало XXI века потребовало значительных перемен в сложившемся производстве. И причиной стал Киотский протокол 1997 года, ограничивший выбросы углекислого газа в атмосферу.

Киотский оброк на известь

Известняки — это осадочные горные породы, содержащие не менее 40% углекислого кальция (CaCO_3). Они отличаются большим разнообразием химического состава и физических свойств. Например, известняки с примесями глины получили название мергелистых, а содержащие карбонаты магния (MgCO_3) — доломитизированных. Как нетрудно догадаться, обжиг известняка, то есть карбоната кальция, сопровождается обильным выделением углекислого газа. Еще бы, ведь образование карбонатов считается одним из главных естественных способов изъятия углекислого газа из атмосферы. Значит, обратный процесс, их разложение, возвращает назад накопленный за миллионы лет газ. При производстве 500 тонн обожженной извести в сутки в течение года в атмосферу будет выброшено 130 950 тонн углекислого газа только в результате реакции декарбонизации. К этому еще надо приплюсовать углекислый газ, образовав-



Известка для Киото

шийся при сжигании органического топлива. В странах, присоединившихся к Киотскому протоколу, вводится плата с предприятий за каждую тонну выбросов парниковых газов в атмосферу. Например, Министерство окружающей среды Японии планирует ввести такую плату в размере 31 доллара за тонну. По словам руководителя Центра экономики и окружающей среды Высшей школы экономики Юрия Сафонова, в России эта плата сначала может составить 5 евро, а к 2012 году достигнет 20 евро за тонну. Значит, владельцы производства по обжигу извести с объемом производства 500 тонн в сутки будут вынуждены ежегодно выплачивать западноевропейскому «политкорректному обывателю» как минимум 654 750 евро, что в рублях по курсу ЦБ РФ на 21.02.2005 года составит более 23 миллионов рублей. Совершенно точно можно утверждать, что в таких условиях производство известки постигнет полная экономическая несостоятельность. Горькую участь многих промышленных предприятий правительство России пытается подсластить федеральной целевой программой «Энергоэффективная экономика на 2002–2005 годы и на перспективу до 2010 года», которая предусматривает финансирование мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых га-

зов в отраслях экономики. Для тех, кто обжигает известь, таким меро-приятием могла бы стать замена печей.

Печи шахтные и вращающиеся

Шахтные печи — ныне наиболее распространенный агрегат для обжига известняка. В них греющие газы движутся навстречу обжигаемому сырью, и топливо расходуется наиболее экономно. Однако поскольку для исходного известняка с кусками разного размера существуют вполне определенные технологические режимы, то каждую шахтную печь создают под конкретный вид сырья и перестраивать ее нелегко. Некоторые виды известняков при обжиге теряют свою механическую прочность, измельчаются и образуют в печи слои, плохо продуваемые греющими газами. Кроме того, в исходном известняке всегда имеются посторонние примеси — песок и глина. Такой известняк при обжиге размягчается, слипается и затем спекается в так называемые «козлы», которые выводят печи из строя. Поэтому для нормальной работы в местности, где расположены шахтные печи, должны быть месторождения с качественным известняком. В силу разных причин это условие не всегда соблюдается.

А.Перескоков,

ОАО «Уралхиммаш»

(pereskocov@ekb.ru),

Д.Артов,

ОАО «ВНИИМТ»



НОУ-ХАУ



Художник П.Перевезенцев

Альтернатива — вращающиеся печи, где можно обжигать любое сырье, будь то шлам, или материал в виде мелких кусков, или рыхлые и высоковлажные породы известняка. Плата за универсальность — большие потери тепла: только треть его идет непосредственно на производство извести, а в шахтной печи — более половины. Если совместить достоинства обеих печей, что и было сделано инженерами Уралхиммаша и ВНИИМТа, то появится возможность обеспечить производству извести рентабельность даже в условиях действия Киотского протокола.

Комплексная установка

Работает комплексная установка так. Если исходный известняк влажен и в нем есть глинистые включения, его сначала отправляют в барабанную сушилку. Там легкие частицы измельченной глины уносятся потоком греющих газов или отделяются на грохоте, а известняк нагревается и попадает в шахтный декарбонизатор, где протекает большая часть обжига — декарбонизации. Известняк при этом теряет от 50 до 80% углерода и затем поступает во вращающуюся печь. Здесь декарбонизация проходит во всем объеме и не зависит от фракционного состава кусков и частиц, что

позволяет получать известь со степенью декарбонизации до 98%. Общая длина барабана печи сокращается, а сама она утилизирует часть тепла отходящих газов (другая часть тратится на нагрев сырья в сушилке). Далее стоит шахтный охладитель, где обожженная известь остывает до 80°C.

На существующих производствах с вращающимися печами каждая тонна обожженной извести со степенью декарбонизации не более 85% требует расхода от 190 до 390 нм³ (кубический метр объема газа, который он занимает при нормальных условиях, то есть при атмосферном давлении и температуре в 20°C) природного газа. В комбинированной — 150–160 нм³ на каждую тонну обожженной извести. Нетрудно подсчитать, что годовая экономия природного газа для завода с производительностью в 500 тонн обожженной извести в сутки составит не менее 10 миллионов нм³. При стоимости природного газа у потребителя в 986 рублей за каждую тысячу нм³ это гарантирует уменьшение ежегодных расходов на 9,8 миллионов рублей. Но сокращается не только расход газа.

Предположим, что обжигу подвергается мергелистый известняк, в котором содержится 96,3% CaCO₃. Комбинированная установка обжига обеспечивает степень декарбонизации в 98%, что соответствует получению 96,5% активной извести. Существующие же производства обеспечивают только 76,0% активной извести при степени декарбонизации в 85%. Следовательно, чтобы получить за сутки 500 тонн активной извести, комбинированной установке обжига потребуется только 960,79 тонн мергелистых известняков против 1219,95 тонн, необходимых нынешним производствам. При стоимости одной тонны мергелистых известняков в 238,55 рублей это гарантирует сокращение ежегодных расходов предприятия еще на 20,6 миллионов рублей. Тогда ежегодная потребность предприятия в железнодорожных вагонах сокращается на 1838 штук, что, в свою очередь, уменьшает расходы предприятия на 30,0 миллионов рублей (при условии, что известняк перевозят на 250 км).

Отходы

Таким образом, только за счет экономии средств удастся покрыть убытки от платы за углекислый газ. Впрочем, сам углекислый газ от обжига известняка — неисчерпаемый ресурс для производства жидкой углекислоты и сухого льда, которые всегда пользуются спросом на рынке. Технологии утилизации CO₂ из отходящих печных газов существуют давно, однако они предъявляют повышенные требования к газам по содержанию пыли. Поэтому в комплекс оборудования комбинированной установки обжига известняка включена газопылеочистка. Ее главный агрегат — уникальный скруббер мокрой очистки газов со встроенным кольцевым эмульгатором: после него в газе, содержащем 60 граммов пыли в каждом кубометре, останется лишь 0,1 грамма при рекордно низком расходе воды на орошение — одна тонна на каждые 3 150 нм³ газа.

Еще одна перспективная идея — изготовление известкового сорбента, который нужен всем, а по свойствам превосходит обычную гидратную известь. Главное его достоинство — сверхвысокая удельная поверхность, достигающая 40 м²/г. Благодаря этому сорбент мгновенно вступает в химические реакции нейтрализации и коллоидообразования, обеспечивая полное их протекание. При этом не только нужно меньше активной извести для этих реакций, но и исходного известняка для обжига.

Почти все наши производства обжига известняка были созданы не позже 60-х годов XX века, а потому все они без исключения не отвечают современным требованиям по качеству извести, по топливной экономичности и по обеспечению защиты окружающей среды от вредных выбросов. Мало того что печи давно морально устарели, они, попросту сказать, на ладан дышат, поскольку приближается время физического износа. Короче говоря, печи придется менять.



Залей метанол в телефон

Доктор технических наук
А.М. Крайцберг

«Это не было обычным явлением свечения моря. Чудовище, всплыв в поверхностные водные слои, отдыхало в нескольких туазах под уровнем океана, и от него исходил этот яркий, необъяснимой силы свет, о котором упоминали в своих донесениях многие капитаны...»

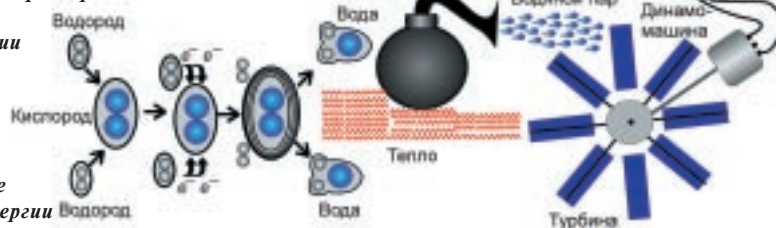
— Да это просто скопление фосфоресцирующих организмов! — воскликнул один из офицеров.

— Вы ошибаетесь, сударь, — возразил я решительно. — Никогда фоллады или салпы не выделяют столь светящееся вещество. Это свет электрического происхождения...»

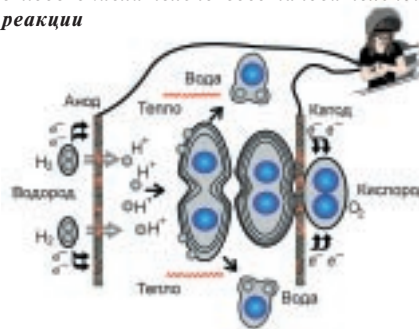
Кто из читателей в детстве не погружался в глубины океана на «Наутилусе»? Электричество для своего корабля капитан Немо получал путем прямого преобразования химической энергии в электричество в натрий-амальгамной батарее. Сейчас большую часть электричества вырабатывают, преобразуя химическую энергию с помощью окислительно-восстановительных реакций. Окислителем служит кислород воздуха, а восстановителем (топливом) — уголь, природный газ, нефть и т. д. Разница энергий исходных веществ и продуктов переходит в тепло, затем в механическое движение, а оно — в электричество. Для осуществления этой цепи превращений необходимы сложные, громоздкие и дорогие механизмы — котлы, турбины, генераторы, и в ходе этих превращений больше половины высвобождаемой энергии теряется.

Рассмотрение окислительно-восстановительной реакции (первого звена в цепи превращений) наводит на мысль: нельзя ли соблазнить электрон перейти с молекулы окислителя на молекулу топлива по проводу и так непосредственно превратить энергию реакции в электричество? Впервые это пришло в голову английскому судье и ученому-любителю сэру Уильяму Грове 165 лет назад. Его аппарат представлял собой электрохимическую ячейку, на аноде которой окислялся водород, на катоде восстанавливался кислород, и по проводу, соединявшему анод с катодом, шел ток.

1 Получение электроэнергии на тепловой электростанции



2 Прямое преобразование химической энергии в энергию электрического поля в ходе окислительно-восстановительной реакции



Сэр Грове назвал свой аппарат «газовой батареей», а имя «топливный элемент» этот аппарат получил пятьдесят лет спустя, с легкой руки Людвига Монда (тоже химика-любителя, по основной же профессии — бизнесмена, одного из основателей огромной «Imperial Chemical Industries»).

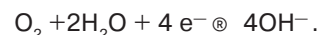
При работе топливный элемент почти не нагревается — высвобождаемая в ходе реакции энергия переходит непосредственно в электричество. Поскольку в топливном элементе нет промежуточного преобразования химической энергии в тепло, его КПД не ограничен правилом Карно и, в зависимости от конкретной реакции, может быть и 100%, и даже больше! Разумеется, «производства энергии из ничего» не происходит, но в некоторых случаях за счет изменения в ходе реакции не только энергетических, но и энтропийных параметров реагентов в энергию электрического поля переходит и часть тепловой энергии окружающей среды. Сегодня аппарат Грове — это тонкая (1–3 мм) прямоугольная коробочка, которая содержит два электрода и концентрированную щелочь — электролит.

Анод и катод — это боковые стенки, и к ним подаются соответственно

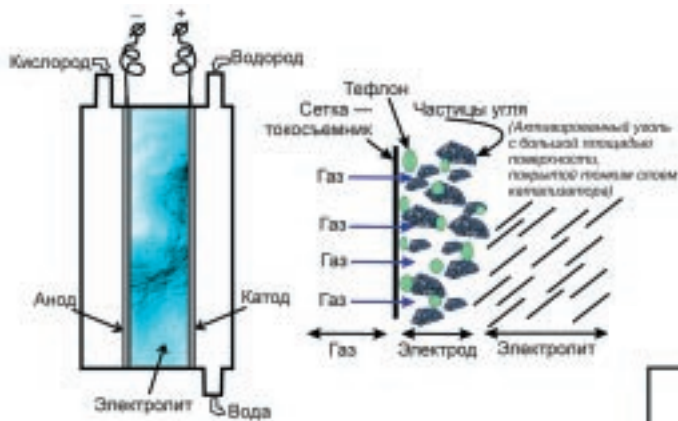
кислород и водород. Электроды обеспечивают контакт газа и электролита, их устройство показано справа. Перенос заряда происходит на границе трех фаз — электрода, газа и электролита: электрон переходит с водорода на частицу угля, а молекула водорода распадается на протоны, реагирующие с молекулами гидроксила:



Далее электроны движутся с одной частицы угля на другую, на токосборник, с него — во внешнюю цепь и дальше — на катод и молекулу кислорода, превращая ее в ион, который отбирает у двух молекул воды по протону, образуя радикалы гидроксила:



Преимущества: отсутствие движущихся частей, высокий КПД (термодинамический — 83%, реального элемента — около 70%), отсутствие ограничения на размеры (в подводной лодке и в телефоне можно применять одинаковые по эффективности топливные элементы). Тем не менее пока мы еще ездим на машинах с двигателями внутреннего сгорания, электричество получаем на обычных электростанциях, а для переносных компьютеров и мобильных телефонов пользуемся аккумуляторами, энергии в которых хватает на несколько часов или суток. Почему же после более чем полутора столетий работы ученых и технологов топливные элементы еще не покорили мир?



Вот основная проблема: реакции окисления (сгорания) топлива идут при комнатной температуре очень медленно — чтобы прореагировала заметная часть молекул смеси, нужны сотни лет. Для топливного элемента это оборачивается очень низкой удельной мощностью, и он должен иметь гигантские размеры.

Необходимо ускорить катодную и анодную реакции, для чего можно либо использовать катализатор, либо поднять температуру ячейки. В случае кислород-водородного элемента со щелочным электролитом подбор хорошего катализатора оказался возможен; лучший катализатор для обоих электродов — платина, тонким слоем которой покрывают электроды. Эти топливные элементы оказались столь удачными, что их использовали в 60-х годах прошлого века для снабжения энергией экспедиций на Луну (разработчиком топливных элементов для лунной экспедиции был сэр Фрэнсис Т. Бэкон, прямой потомок знаменитого философа и государственного деятеля Фрэнсиса Бэкона).

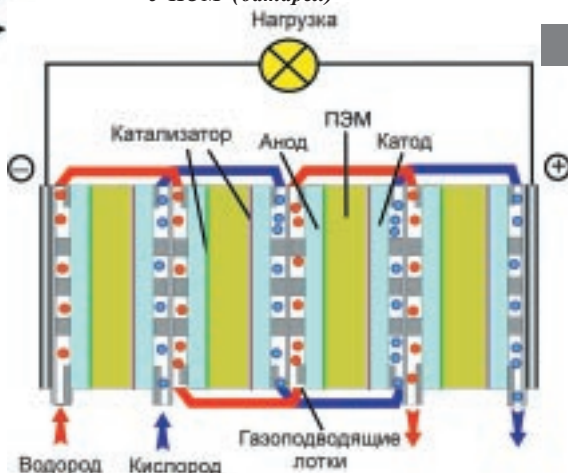
Сейчас в качестве «электролита» используется пленка — полимерная электролитная мембрана (ПЭМ). Она состоит из огромных молекул поливалентной кислоты, в которых сбоку к углеродной скелетной цепи прикреплены группы кислотного остатка $[-SO_3]$, а протоны свободно движутся по полимеру. Наиболее распространенный ПЭМ — пленка поли[тетрафторэтилен]-перфторсульфоновая поликислоты, известная под торговым именем «Nafion». Современный топливный элемент состоит из тонкой (от 50 мкм до 250 мкм) пленки «Nafion», покрытой с двух сторон катализатором (анодным и катодным); к слоям катализатора прижаты пластины — токосъемники, сделанные из какого-нибудь (тут возможны самые разные варианты) газопроницаемого пористого материала, хорошо проводящего электричество. К пластинам, в свою очередь, прижаты лотки с каналами, по которым к катоду и аноду

3

Кислород-водородный топливный элемент со щелочным электролитом и газодиффузионный электрод для него

4

Схема водород-кислородного топливного элемента с ПЭМ (батарея)



подводят кислород и водород. Обычно в режиме отдачи максимальной мощности напряжение на элементе составляет 0,5–0,6 В.

После преодоления технического барьера перед разработчиками встал экономический: кислород-водородный элемент оказался очень дорог и в производстве, и в эксплуатации (для экспедиции на Луну этим можно было пренебречь). Дороговизну топливного элемента обуславливают применение платины и полимерного электролита, тоже недешевого, и сложность технологии производства. Сейчас стоимость такого элемента около 2000 долл./кВт — в семь раз дороже дизеля. Конечно, она непрерывно уменьшается, и в ближайшие лет десять ожидается снижение стоимости кислород-водородного топливного элемента до уровня 350 долл./кВт, хотя и это многовато. Но хуже другое: стоимость эксплуатации зависит от дороговизны водорода, тем более что топливный элемент согласен потреблять только очень чистый водород — примеси, особенно угарный газ, отравляют платиновый катализатор.

Естественно предложить два пути к снижению эксплуатационных расходов: замену водорода на более привычное топливо (метиловый спирт, дизельное топливо и т. д.) или снижение требований к чистоте газа. Для решения последней (кажущейся более легкой) задачи разработчики применили в качестве электролита 100%-ную фосфорную кислоту и подняли температуру элемента до 150–200°C, что привело к относительному успеху — ста-

ло можно применять технический водород, содержащий 1–2% угарного газа. В настоящее время работают несколько опытных ячеек такой конструкции, мощностью от 5 кВт до 200 кВт. Фосфорнокислый топливный элемент дешевле щелочного, но не столь эффективен (кпд 40–50%) и все еще слишком дорог (около 500 долл./кВт). Работа при высоких температурах делает его непригодным для питания переносной электроники, а необходимость разогрева перед запуском ограничивает применение на транспорте (это относится и ко всем названным ниже элементам с нагревом).

Сменив фосфорную кислоту на расплав карбонатов щелочных металлов, можно повысить температуру в топливном элементе до 650°C. На аноде такого элемента происходит восстановление карбонат-иона с образованием паров воды и углекислого газа. Соответственно CO_2 направляется в катодный отсек, а электроны по внешней цепи — на катод. Здесь кислород принимает электроны и реагирует с углекислым газом, образуя карбонат-ионы. Преимущества элемента: кпд выше 60%, отсутствие платины (катализатором с анодной стороны может служить никель, а с катодной — оксид никеля), топливом может быть и водород, и природный газ, и даже дизельное топливо. Сейчас испытываются образцы такого топливного элемента мощностью до 2000 кВт. Основные проблемы — малый срок службы, оборачивающийся высокими эксплуатационными расходами, и высокая стоимость.

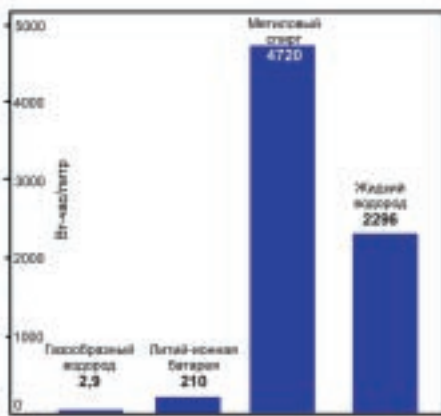
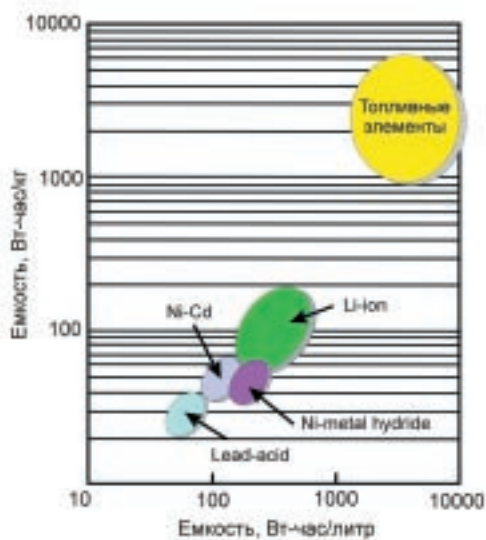


ТЕХНОЛОГИИ

5

Батарея мощностью 500 Вт из таких элементов





7

Плотности энергии газообразного водорода, жидкого водорода, литий-ионной батареи и метанола



8

Топливный элемент мощностью 50 Вт с ПЭМ для питания портативных электронных приборов

При еще более высоких температурах (800–1000°C) работает топливный элемент с твердым оксидным электролитом. Здесь нет катализатора, элемент состоит из тонкого слоя смеси оксидов иттрия и циркония — твердого оксидного электролита с высокой подвижностью вакансий ионов кислорода; по обе стороны электролита находятся сетки — токосъемники. На стороне анода топливо реагирует с ионами O^{2-} решет-

ки, отдавая электроны во внешнюю цепь и образуя продукты реакции; создавшиеся кислородные вакансии движутся к катоду по слою электролита, а электроны — к катоду по внешней цепи, создавая электрический ток. На катоде кислород присоединяет электроны, и образовавшиеся ионы O^{2-} заполняют подошедшие к катоду кислородные вакансии. Такой топливный элемент обладает кпд более 50%, не содержит платины, а топливом для

него может служить не только водород и природный газ, но даже дизельное топливо. Проблема в наличии высокотемпературной зоны, которая требует применения дорогостоящих конструкционных материалов и вспомогательных агрегатов; срок службы этих топливных элементов пока недостаточно велик. Подобно топливным элементам с расплавленными карбонатами, топливные элементы с твердым оксидным электролитом будут

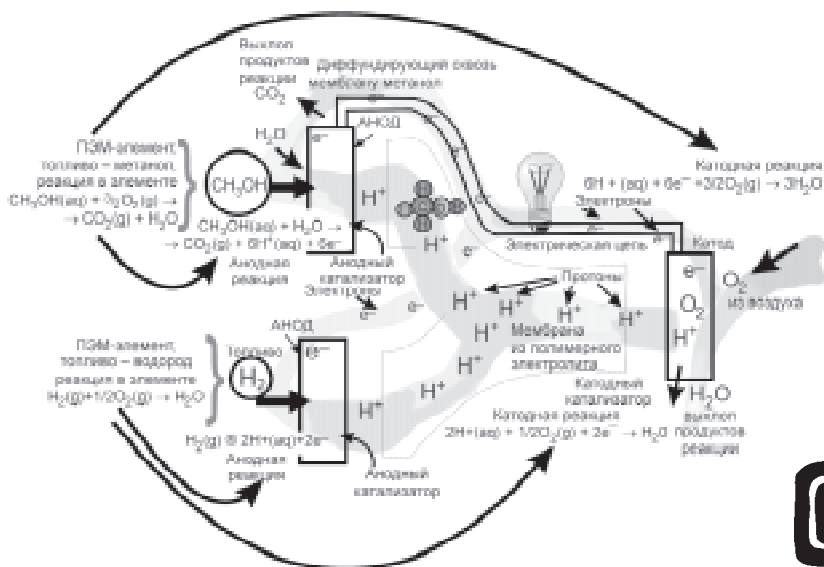


**Комплектация
исследовательских лабораторий
и лабораторий контроля качества**

Тест-наборы и реактивы для анализа воды
Расходные материалы для хроматографии и других физико-химических методов анализа
Аналитические приборы
Лабораторная посуда и вспомогательные приборы (рН-метры, весы, термостаты, печи, мешалки и др.)
Реактивы для биохимических и микробиологических исследований, питательные среды
Пищевые добавки и эфирные масла

Тел.: (095) 728-4192, 777-8495, факс: (095) 742-8341
E-mail: mail@chimmed.ru http://www.chimmed.ru
115230, Москва, Каширское ш., д. 9, корп. 3

Сравнение принципа действия метанольного и водородного топливных элементов с полимерным электролитом: верхний «рукав» схемы представляет метанольный ПЭМ-элемент, нижний «рукав» — водородный ПЭМ-элемент



ТЕХНОЛОГИИ

наиболее удобны для применения в больших стационарных установках.

Итак, несмотря на заметный прогресс в области топливных элементов со времени экспедиции на Луну, их энергия остается все еще слишком дорогой для широкого применения — если дело касается энергоснабжения жилья, предприятий и средств транспорта. Вот простой пример: стоимость наиболее готового к коммерческому применению фосфорнокислого топливного элемента, с учетом времени амортизации, прибавляет к стоимости 1 киловатт-часа энергии около 10 рублей. Стоимость водорода при КПД элемента около 50% дает стоимость энергии не ниже 30 рублей за киловатт-час, и это без учета всевозможных накладных расходов. А розничная цена «обычного» электричества в Америке меньше 20 центов, то есть примерно пять рублей за киловатт-час. Чтобы водородный топливный элемент стал конкурентом тепловых и атомных электростанций, его энергия должна подешеветь не менее чем раз в восемь, причем должен подешеветь как сам элемент, на что еще можно надеяться, так и водород — для чего нет видимых оснований.

Дело меняется, если речь идет о источниках питания для переносной электроники. Лет 25 назад рынок переносной электроники ограничивался радиоприемниками и калькуляторами, но теперь появились мобильные телефоны, спутниковые определители координат, портативные компьютеры и многое другое. Эти приборы, как и в 80-х, питаются от батарей, и тут цена киловатт-часа отходит на второй план (1 киловатт-час первичной батареи стоит 300–600 долл., аккумулятора — 1,3–1,5 долл.), а на первый выходит удельная плотность энергии источника. Сейчас лидер — литий-ионные батареи, но они уже достигли высокой степени совершенства, и будущее сулит увеличение их емкости не более чем на четверть.

Из рис. 6 видно, что применение топливных элементов для переносной электроники сулит революцию — уве-

личение срока непрерывной автономной работы электронных устройств в 10–20 раз. Причем из всех типов топливных элементов подходящим кандидатом оказывается только элемент с ПЭМ: остальные требуют для работы высоких температур и вспомогательных устройств (например, насосов). Трудно представить себе, что удастся разместить в портативном компьютере источник питания с нагревом до 200°C фосфорной кислоты и насос для подкачивания воздуха. Да и кто захочет это купить?

Отчего же вся переносная электроника еще работает на батарейках и аккумуляторах, а не на топливных элементах с ПЭМ? Причина проста: — в них используется газообразный водород, у которого велика энергоемкость на единицу веса, но очень низка — на единицу объема, поскольку он газ. Как видно из рис. 7, чтобы добиться такой же объемной плотности энергии, как у литиевой батареи, надо сжать водород до 72 атм, а с учетом объема самого элемента и баллона — до 100 атм.

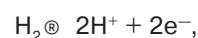
Неудивительно, что источники питания для портативной электроники, потребляющие водород, оказались не очень привлекательны для покупателей (пример такого источника приведен на рис. 8).

Методом «сгущения» могло бы стать сжижение водорода, однако необходимая для этого температура делает метод неприменимым для портативных приборов. Альтернатива «сгущению» водорода — применение иного топлива. Оно должно иметь высокую плотность энергии, быть дешевым и безопасным (экологичным, не слишком ядовитым, не взрывоопасным, не воспламеняющимся при контакте с воздухом или водой и т. д.). Посколь-

ку топливный элемент — электрохимическая система, желательно, чтобы топливо еще и хорошо растворялось в воде. Лучше всего этим требованиям удовлетворяет метанол — он дешев, смешивается с водой в любых пропорциях, легко разлагается в очистных сооружениях и обладает в два раза большей объемной плотностью энергии, чем даже жидкий водород.

Казалось бы, замена водорода на метанол решает проблему источников питания для переносной электроники — в стакане метанола энергии достаточно для непрерывной работы переносного компьютера в течение нескольких суток. Тем не менее метанольных топливных элементов на рынке пока нет, хотя более двух десятков компаний участвуют в гонке по их созданию, в том числе «Хитачи», «Тошиба», «Дюраселл», «Самсунг»... Приз весьма солиден — рынок объемом больше шести миллиардов долларов. За последние пять лет уже несколько раз та или иная компания объявляла о скором выпуске коммерческого образца, но мобильные телефоны или переносные компьютеры с метанольным топливным элементом так и не поступили в продажу. Какие трудности появляются при замене топлива в ПЭМ-элементе? Для понимания проблемы рассмотрим сравнительную схему работы водородного и метанольного ПЭМ-элемента (рис. 9).

Видно, что катодная часть обоих элементов одинакова и общая конструкция также сходна. Различие заключается в том, что в анодный отсек одного элемента подается газообразный водород и происходит реакция



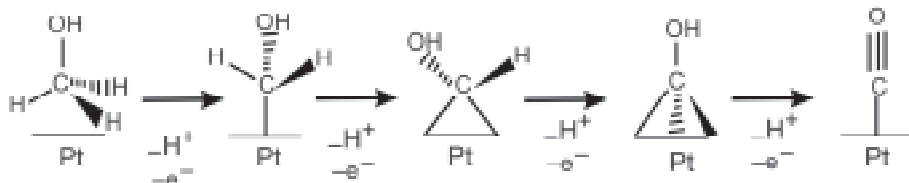


ТЕХНОЛОГИИ

а в анодный отсек другого — жидкий метанол, и идет реакция



Но если для первой реакции подобрать катализатор (платина), позволяющий ее ускорить и получить элемент с плотностью мощности около 0,5–0,7 Вт/см², то найти катализатор для второй реакции сложнее — пока у хороших образцов метанольного ПЭМ-элемента плотность мощности 0,02–0,03 Вт/см². Такие низкие величины плотности мощности приводят к тому, что для обеспечения типичного энергопотребления портативного прибора (10–30 Вт) электрод топливного



10 Механизм поэтапного электронного переноса в ходе электроокисления метанола на платине

элемента должен быть чрезмерно большим. Получается, к примеру, что топливный элемент, питающий портативный компьютер, сейчас должен иметь электроды с площадью около 500 см², и топливный элемент окажется больше самого компьютера. О стоимости и говорить нечего — один только кусок пленки полимерного электролита размером 600 см² будет стоить более 100 долл., а покрытый катализатором — уже около 1000 долл.

Проблема катализатора проистекает из многостадийности механизма электронного переноса при окислении даже столь простой органической молекулы, как метанол.

Из рис. 10 видно, что молекула метанола сначала адсорбируется на электроде, затем, в ходе окисления, теряет один за другим протоны и превращается в прочно адсорбированную карбонильную группу, которая не же-

лает ни десорбироваться, ни окисляться дальше. В результате буквально через две минуты после начала окисления платиновый электрод отравлен прочно адсорбированными карбонильными группами и больше не может катализировать окисление метанола.

Попытки найти катализатор, на активных центрах которого окисляется как метанол, так и угарный газ, вроде бы привели к решению проблемы — появился катализатор из Pt/Ru-сплава. Рутений неплохо окисляет карбонильные группы, но он — плохой катализатор для окисления метанола, платина же окисляет метанол, но отравляется угарным газом. Pt/Ru-сплав — твердый раствор, поверхность которого состоит из атомов платины и рутения. Образующиеся на атомах платины карбонильные группы мигрируют на соседний рутениевый атом, где и окисляются.

Но при изготовлении катализатора на микроуровне не происходит идеального перемешивания атомов платины и рутения, атомы каждого элемента тяготеют к атомам своего вида, собираются в кластеры, и механизм

миграции работает только на границах этих кластеров. Надо или изобрести новый катализатор для окисления метанола, нечувствительный к угарному газу, либо улучшить смешение атомов платины и рутения в Pt/Ru-катализаторе (недавно исполнилось 30 лет со дня его изобретения). Сравнение числа запатентованных методов приготовления Pt/Ru-катализатора и патентов, посвященных другим катализаторам для метанольного ПЭМ-топливного элемента, свидетельствует, что идея усовершенствования Pt/Ru-катализатора более популярна. Основные идеи в этой области — создание как можно меньших по размеру кластеров Pt/Ru-сплава на подложках из углеродных материалов с огромной площадью поверхности; уже получены обнадеживающие результаты при использовании углеродных нанотрубок. Но углеродные наноматериалы пока дороже платины и рутения.

Итак, разработка каталитически активного электрода — ключ к построению коммерческого портативного метанольного ПЭМ-топливного элемента. Задача сложная, но в ее решение вовлечены большие интеллект-

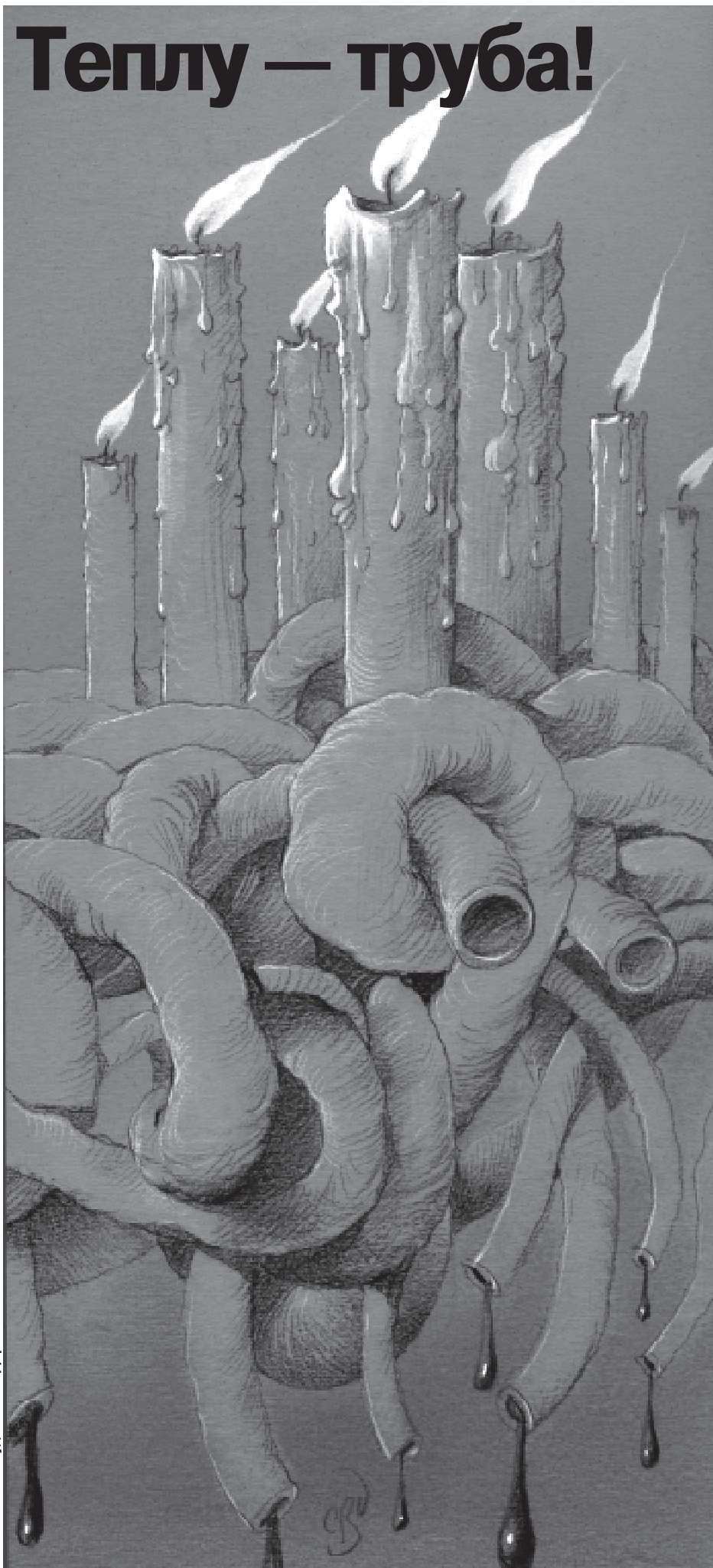
туальные силы и финансовые ресурсы. Вероятно, в течение ближайших двух-трех лет можно ожидать появления в продаже первых метанольных ПЭМ-топливных элементов. Такой источник питания размером с обычную батарею для переносного компьютера или мобильного телефона будет дороже современной литий-ионной батареи не более чем на 30–50%. При этом энергии в нем хватит для работы компьютера в течение 10–12 часов, или нескольких суток телефонных переговоров. Далее надо будет поменять израсходованный баллончик с топливом на новый, размером с обычную батарейку для карманного фонарика и стоимостью в 30–60 рублей.

Попробуем оценить, как возымеет появление нового товара на развитие цивилизации. Прежде всего такой источник питания стимулирует дальнейшее проникновение электроники в повседневную жизнь. Возможность работать с компьютером везде, не заботясь о наличии поблизости электрической розетки, вызовет увеличение продаж переносных компьютеров и уменьшение продаж настольных. Получат широкое распространение «электронные книги» — специализированные мини-компьютеры, предназначенные для чтения текста. Это приведет к переходу значительной части издательств на выпуск книг на CD- и DVD-носителях; расширится рынок переносных телевизоров и DVD-проигрывателей с плоским экраном и т. д.

Промышленность начнет выпускать новые продукты электроники, появление которых сейчас на рынке сдерживается ограничениями по мощности питания. Это относится к мобильным телефонам с цветным дисплеем, мобильным видеотелефонам, переносным компьютерам с беспроводным доступом в интернет и т. д. Появление новых источников питания будет особенно значимым для стран третьего мира. Сегодня существенная часть их населения не имеет электроснабжения, из-за чего миллиарды людей лишены возможности пользоваться телефоном, телевидением, компьютерами. Например, правительство Индии прилагает сейчас огромные усилия по компьютеризации школ страны, но дело подвигается медленно из-за того, что сотни миллионов людей живут без электроснабжения. Автономные источники питания приблизят их к реалиям современной информационной эпохи.



Теплу — труба!



Художник С. Дергачев

Л.Намер

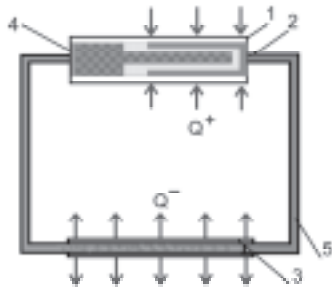


ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Каждый день люди перевозят, переносят, перемещают с места на место какие-либо предметы. В технике для этого занятия есть специальное слово — «массоперенос». А еще в технике есть слово «теплоперенос», и он не менее важен. Массу переносят поездами, самолетами, нефтепроводами, в сумках и карманах, а тепло — теплопроводниками или нагретым веществом (водяным отоплением, грелками). Правда, человек в быту намного чаще сталкивается с теплоизоляторами — свитерами, термосами. Но то в быту, а инженер, если он обнаружит при раскопках медное изделие, задумается — с какого конца это грели, а с какого охлаждали? Потому что именно медь среди всех материалов имеет наивысшую теплопроводность. И так было до момента, когда американские пекари в конце XIX века нашли способ передавать тепло в сотни и тысячи раз лучше, чем по меди.

О физике процесса пекари особо не задумывались, им надо было выпекать, чтобы не подгорало. До тефлоновых сковород было еще далеко. Следовательно, надо стабилизировать температуру противня. Но как? Термопар, соответствующих приборов и регулируемых топок у пекарей не было, поэтому они поступили «физичнее» — между топкой и духовкой вставили герметичную трубу с водой. Нижний конец — в топку, уголь горит, вода бурлит, пар подымается вверх, конденсируется и отдает тепло, капает обратно, а хлеб выпекается, не подгорая, — конденсация идет при постоянной температуре. Важно не перегреть совсем, не довести воду до полного испарения, иначе давление начнет расти и трубу может разорвать. «Булки пролетали над дельтой Миссисипи».

Из этого простого примера уже видны некоторые требования к устройству и веществам. Во-первых, рабочее тело должно иметь «правильные» температуры кипения и конденсации, большие теплоту и скорость испарения (для увеличения теплосъема) и, если есть опасность перегрева, не слишком большое давление пара. Но главное — вода, сконденсировавшаяся на противне с булочками, должна попадать обратно в нагреваемую зону. То есть капать вниз. А если надо не вниз?



- 1 — испаритель
- 2 — капиллярный насос
- 3 — конденсатор
- 4 — компенсационная полость
- 5 — паровой канал
- 6 — жидкостный канал

«Падает вверх»

6 июля 1944 года инженеру Гоглеру, сотруднику «General Motors», был выдан патент № 2350348 на изобретение, которое «обеспечивает поглощение теплоты или, другими словами, испарение жидкости в точке, лежащей выше области конденсации или зоны отвода теплоты, без дополнительных затрат на подъем жидкости от уровня конденсатора». Как это предлагалось делать, мы сейчас обсудим, но сначала — зачем сказано «без дополнительных затрат»? В патентных формулах каждое слово имеет смысл.

Автор текста «отстраивался» от применения каких-либо механических или тепловых устройств для доставки жидкости в зону нагрева. Ведь ее вполне можно таскать туда — ну не ведрами, конечно, но механически. Или в виде пара — нагреть конденсат специальным нагревателем, испарить, и пар сам перенесется в зону нагрева. Конечно, эффективность устройства падает, но оно работает. А изобретатель хотел, чтобы вода возвращалась сама, и предложил использовать для этого силы поверхностного натяжения. В трубу помещалось пористое тело, «фитиль», по которому и путешествовала вода — как керосин в керосинке и расплавленный парафин в свече. Так была изобретена тепловая труба, которой безразлично, где «низ». Впрочем, сам термин «тепловая труба» возник почти на двадцать лет позже. Реализовать в промышленных масштабах свою идею изобретатель не смог, это удовольствие досталось другим, и после очень немаленькой работы.

Из чего сделано то, что лучше меди

Корпус металлический: известно применение алюминия, нержавеющей стали, меди, никеля, молибдена, вольф-

рама, реже — пластмассовый, керамический. Теплоносители — самые разные: известно применение воды, аммиака, пропилена, спиртов, ацетона, фреона, азота, метана, кислорода, аргона, натрия, калия, цезия, лития, натрий-калиевой эвтектики, ртути, висмута, серебра (это для него применили корпус из вольфрама). «Фитиль» — то, по чему капиллярные силы транспортируют жидкость, — может быть выполнен в виде настоящего фитиля, пористой среды из разных материалов. Наиболее часто используют металлические сетки, металлические ткани, спеченные металлические порошки, металлический войлок. Материалы: медь, никель, титан, фосфористая бронза, нержавеющая сталь, пористая керамика из окиси алюминия. А бывает, что обходятся без фитиля — капиллярные силы транспортируют теплоноситель по узким щелям, прорезанным в стенке. Кроме очевидных требований ко всем материалам по прочности, коррозионной устойчивости и т. д., назовем еще одно: теплоноситель должен хорошо смачивать материал этого фитиля (или соответственно стенок).

При одинаковых температурах и габаритах устройства тепловые трубы переносят в сотни и тысячи раз больше тепла, чем медь. Они могут работать в диапазоне температур от 4 до 2300K, длина может быть от нескольких сантиметров до десятков метров, диаметр от 2–3 мм до нескольких метров. Для возврата конденсата в зону испарения могут быть использованы не только гравитация и капиллярные силы, но и центробежные, электростатические, магнитные и осмотические. В частности, центробежные силы очень удобно использовать во вращающихся тепловых тру-

Тепловые трубы:
справа — разрез,
слева — внешний вид



бах — их применяют, естественно, для охлаждения того, что вращается.

На пути изготовления большой тепловой трубы принципиальных трудностей нет, а даже если и были бы — от них ни у кого не болела бы голова. Можно просто положить десяток труб рядом и пусть работают параллельно или последовательно (при последовательном «включении» предлагалось

даже использовать тепловые трубы с разными жидкостями).

А можно ли сделать очень маленькую тепловую трубу? Основная часть длины трубы занимается только тем, что переносит пар. Но есть еще зоны кипения и конденсации, размеры которых обычно составляют около 0,1 мм и на которые приходится основной перепад температур. При уменьшении тепловой трубы размеры этих зон уменьшаются, зато увеличивается перепад температуры на участке переноса пара. Поэтому существует предел, меньше которого делать тепловую трубу не имеет смысла — ее эффективность будет мала. Однако диаметр канала 0,1 мм и длина 10 мм выглядят реальными. Перенос на микромасштаб принципов конструирования механических макрообъектов известен — именно такова идеология, например, сотовых композиционных материалов. Поэтому в принципе может быть создан материал с микроналами указанных размеров, имеющий в одном направлении теплопроводность в сотни раз больше, чем у меди.

Где применяются

В холодильном оборудовании, в медицинской технике (например, криоинструменты), в электробытовой технике (обогреватели, кондиционеры, печи и т. п.), в радиоэлектронике — для термостабилизации детекторов ионизирующих излучений, особо чувствительных к изменениям температуры, для охлаждения полупроводниковых приборов. Для утилизации тепла отходящих газов стекловаренных и цементных печей — в Китае на тепле от стекольного производства греется не один поселок, жители которых и составляют штат этих заводов. Приятно работать и знать, что твоя печь греет твоих детишек...

Разработана система испарения топливной смеси в двигателях внутреннего сгорания за счет тепла выхлопных газов, которое передается тепловой трубой. При этом возможны экономия топлива, использование более бедной смеси и снижение содержания оксидов азота и углерода в выхлопных газах. А самый крупный контракт (13 миллионов) на тепловые трубы был заключен компанией «Alyeska Pipeline Service» с «McDonnell Douglas», которая должна была поставить около 100 000 тепловых труб для Трансаляскинского нефтепровода. Назначение этих тепловых труб — предотвратить оттаивание вечной мерзлоты вокруг опор поднятых над уровнем земли участков трубопровода.



Вот еще один характерный пример применения. В этом году НАСА начинает работу над первой в мире АМС, использующей ядерный реактор как источник питания бортовой электро-реактивной двигательной установки и научной аппаратуры с высоким уровнем энергопотребления. Станция предназначена для исследования спутников Юпитера — Европы, Ганимеда и Каллисто — и потому названа JIMO (Jupiter Ice Moon Orbiter, Орбитальный аппарат для ледяных лун Юпитера). Она должна установить, есть ли под ледяной корой этих больших спутников океаны (в которых может быть жизнь). В отличие от дальних АМС, запущенных к настоящему времени (Pioneer 10 и 11, Voyager 1 и 2, Galileo, Cassini, Ulysses), станция JIMO будет питаться не от радиоизотопного генератора, а от ядерного реактора. Ядерная энергоустановка даст примерно в 100 раз больше энергии, чем неядерная той же массы. Мощный энергоисточник позволит осуществлять маневры, которые недоступны другим аппаратам, и досыта накормить научную аппаратуру с высоким энергопотреблением. JIMO будет иметь 20 ЭРД по 8 кВт и реактор мощностью 250 кВт (90 кВт достанется аппаратуре). Так вот, тепло из реактора потечет по тепловым трубам с натрием в качестве теплоносителя. А далее — теплообменник, газовая турбина, электрогенератор.

Посмотрим в корень

Перечислять отдельные применения можно долго. Но ни запомнить их (если это зачем-то потребуются), ни понять, каких еще чудес надо ждать, невозможно без системы. И она есть.

Первая группа применений — борьба с перегревом. Ничто не имеет 100%-ного КПД. Электродвигатель, тиристор, транзистор и процессор — все греются. Человек старается поднять КПД, поэтому в тех случаях, когда соображения веса и габаритов не слишком важны, основное внимание уделяется уменьшению потерь. За последние десятилетия вес и габариты стационарных электродвигателей несколько увеличились, зато КПД — возрос. В этих случаях вопросы перегрева и соответственно теплоотвода стоят не очень остро. Но зато везде, где надо уменьшить габариты (летающие объекты, носимая аппаратура, процессоры предельного быстродействия), увеличивается удельная мощность. Та же мощность выделяется во все меньшем объеме, увеличивается нагрев — последствия по-

няты. Тепло в итоге сбрасывается в воду или воздух, но для этого надо сначала вывести энергию из маленького объема. А чтобы ее вывести, нужен материал с высокой теплопроводностью.

Вторая область — тепловые двигатели. Их КПД тем выше, чем горячее «нагреватель» и чем холоднее «холодильник». Увеличение температуры продуктов сгорания топлива — известная задача, она упирается в высоко-температурную прочность, и этой задачей человечество занимается более чем серьезно. Но КПД можно увеличить и понизив температуру, грубо говоря, корпуса двигателя. Продвинуться в этом направлении можно с помощью тепловых труб, эффективно отводящих тепло в окружающую среду.

Третий способ — утилизация того, что иначе бы пропало (стекловаренные печи и т. д.) Это похоже на вторую область, но отвод тепла применяется не с целью увеличения КПД самого двигателя, а для разумного использования отходов.

«Чики-чики, тумблерочек»

Когда-то в древности электричество изучали в школах с помощью гидродинамической аналогии: напряжение — давление, заряд — количество воды, ток — поток и т. д. Потом это делать перестали, да еще из школьной программы исключили уравнение Бернулли, и впору стало изучать гидродинамику с помощью «электрической аналогии». Что же до тепла, то с ним все просто — понятия теплопроводности в школьной программе вовсе нет. Поэтому нам придется прибегнуть к аналогии.

Тепловая труба — это объект, имеющий тепловое сопротивление, причем маленькое: тепловой поток по ней идет (как электрический ток), а перепад температур (разность потенциалов) мала. В электротехнике бывают не только постоянные сопротивления. Есть переменные сопротивления, есть выключатели, которые имеют два положения — сопротивление малое и очень большое, есть диоды, которые

имеют одно сопротивление для тока, текущего туда, и другое для тока, текущего обратно. Все это существует и в мире тепла. Сделать переменное тепловое сопротивление или выключатель несложно — берем кусок меди и вставляем его между двумя теплоподводами. Разумеется, хочется придумать такое «переменное тепловое сопротивление», не применяя механических перемещений. Это возможно, если изменять количество теплоносителя в тепловой трубке или замораживать его, а также ввести в объем буферный газ. Можно действовать и механически, но более изящно — например, разъединяя две части фитиля или вводя заслонку на пути пара.

Но вот теплового диода без тепловой трубки вам не видать. А на тепловой трубке он делается легко — фитиль в зоне испарения не доходит до стенки (или сделан тонким), и, если зону испарения сделать зоной конденсации, теплоноситель из нее не будет возвращаться.

Тепловая труба «в тебе и во мне»

В 1974 году голландские ученые предложили новую гипотезу работы потовых желез. Ранее их работу описывали так: при необходимости отвести тепло железы выделяли воду, которая по каналу поступала на поверхность кожи и испарялась, охлаждая организм. В новой модели железа выделяет воду всегда. Но она испаряется не с поверхности кожи, а в начале протока (там выше температура, следовательно, это более эффективный способ охлаждения). Испарение с поверхности — вспомогательный процесс при чрезмерных нагрузках по теплопередаче. Обнаружили исследователи и возвратное течение воды по потовым протокам (благодаря капиллярному подосу по слизистой оболочке и под действием осмоса). Если это так, то за тепловой трубкой далеко ходить не надо.



Разные разности

Выпуск подготовили

О.Баклицкая,
М.Егорова,
Е.Сутоцкая

Древнегреческий астроном Гиппарх открыл новую звезду и прецессию Земли (закономерное изменение наклона земной оси), исследовал видимое движение Солнца и Луны. В 129 году до н. э. создал первый звездный каталог. В начале новой эры труд был утерян — вероятно, сгорел при пожаре в Александрийской библиотеке. До наших дней дошла только одна книга Гиппарха: комментарии к астрологической поэме Арата с описаниями некоторых созвездий.

Профессор физики и астрономии Б.Шефер из Университета Луизианы предположил, что сведения из звездного каталога Гиппарха не пропали: их использовали при создании статуи атланта с глобусом звездного неба. Это мраморное изваяние высотой около двух метров принадлежало знатному итальянскому роду Фарнезе и сейчас хранится в Неаполе, в Национальном археологическом музее. Атлант держит на плече небесный глобус диаметром 66 см, на котором рельефно изображены 41 древнегреческое созвездие, небесный экватор, тропики и эклиптика. Искусствоведы считают, что это поздняя римская копия греческого оригинала. Созвездия воспроизведены очень тщательно: по-видимому, скульптор основывался на точных астрономических наблюдениях.

Из-за прецессии вид звездного неба в разные эпохи неодинаков. Шефер изучил расположение звезд на глобусе и вычислил, что их положения были измерены примерно в 125 году до н. э. (С вероятностью около 70% это был год с 180 по 70 до н. э.) Значит, данные для глобуса мог получить только Гиппарх: другие крупные астрономы жили раньше или позже. Так, следующий небесный каталог был сделан только в 129 году н. э. Птолемеем. К тому же есть сведения о том, что Гиппарх сам создавал макет небесного глобуса (www.phys.lsu.edu/farnese/).

Растительные белки, вызывающие аллергию, встречаются и в цветочной пыльце, и в яблочной кожуре. Для большинства людей они абсолютно безвредны, но у некоторых запускают избыточный иммунный ответ. У страдалцев, как правило, чешутся глаза и течет из носа, но есть и более серьезные формы, сопровождающиеся, например, диареей и удушьем, а порой даже угрожающие жизни.

Никто не знает, почему нормальные, доброкачественные белки вызывают вдруг такую реакцию. Ученые и раньше обращали внимание на последовательность аминокислот, из которых состоят аллергены. Однако зачастую сильно различающиеся по последовательности белки растений оказывают сходное действие.

Исследователи предполагали, что дело здесь в форме белка, и вот сотрудники Института пищевых исследований в Норидже (Англия) получили тому подтверждение. Они построили компьютерные модели 129 пищевых аллергенов и классифицировали их по форме поверхности. Эти аллергены оказались представителями всего 20 из 3849 белковых семейств. Авторы работы были немало удивлены их схожестью. «Теперь остается выяснить, что именно в их строении вызывает аллергическую реакцию», — говорит К.Миллз, принимавшая участие в исследовании. Она полагает, что самые активные аллергены появились более 100 миллионов лет назад, вместе с первыми цветущими растениями, и в общих чертах сохранились с тех пор.

Результаты работы могут быть полезны для обнаружения новых аллергенов, так как достаточно будет сравнить форму подозреваемого белка и представителей изученных семейств. Для этого ученые планируют составить каталог вредоносных структур (www.nature.com/news, 2005, 11 января).

Ученый из Израиля Д.Стэнхилл первым обратил внимание на то, что с каждым годом все меньше солнечного света достигает поверхности Земли. С середины прошлого века разница составила в Израиле 22%, в США — 10%, в странах бывшего СССР — 30%, в Великобритании — 16%. А в среднем для земного шара — около 2%.

Стэнхилл опубликовал свою работу в 2001 году, и отклики на нее были по большей части скептические. Тем не менее австралийские ученые, опираясь на иные методы исследования, недавно пришли к схожим выводам.

Причина затемнения — загрязнение атмосферы. Когда сжигают уголь, нефть, мазут, бензин или дерево, в воздух попадают мелкие частички копоти, пепла, серных соединений и другая грязь, которая отражает в космос все больше солнечного света. А в облаках из-за примесей образуются дополнительные капельки воды, что еще увеличивает отражение. Океаны недополучают тепла, нарушается водный баланс, на материках начинаются засухи. Подобные неприятности происходили в Африке в 70-х и 80-х годах прошлого века, теперь они угрожают Азии.

Быть может, самое тревожное следствие этого явления — недооценка парникового эффекта. Многие ученые не ожидали, что выбросы диоксида углерода в атмосферу повысят температуру всего на 0,6°C. Кое-кто даже стал утверждать, будто теперь климат менее чувствителен к CO₂, чем в ледниковый период. Однако вполне вероятно, что пока потепление, связанное с парниковым эффектом, компенсируется понижением температуры из-за затемнения Солнца и пока незаметно. Если загрязнение воздуха не уменьшится, по прогнозу Стэнхилла, Англия уже к 2100 году станет похожа на Северную Африку, а многие регионы нашей планеты окажутся непригодными для жизни («BBC News», 2005, 13 января).



Каждый год в период спаривания тысячи гигантских австралийских каракатиц собираются на южном побережье зеленого континента. За самок идет отчаянная борьба — на одну даму претендуют от 4 до 11 самцов. Обычно в схватке побеждает самый крупный ухажер, который потом тщательно охраняет свою подругу. Однако более мелкие особи все же ухитряются оплодотворить примерно треть самок.

Действуют они по-разному: один выбирает момент, когда соперник занят борьбой, другой подкарауливает самку под камнем, когда она готовится откладывать яйца, а наиболее изобретательный сам притворяется самкой, притом не готовой к спариванию. Самец-обманщик меняет окраску и прячет большие «мужские» шупальца. Хотя ученые и раньше знали об этой хитрости, только теперь им удалось доказать, что тактика эта весьма успешна и ушлые самцы все-таки умудряются оплодотворить выбранную самку.

Ханлон и его коллеги наблюдали за поведением пяти каракатиц-подражателей на скалистом рифе на севере залива Спенсера. В 30 из 62 случаев имитаторам удалось обмануть стражей и близко подобраться к самке, а два самых ловких сумели оплодотворить свою цель. Исследователи говорят, что каракатицы-лицедеи могут менять внешний вид десять раз за 15 минут.

Половая мимикрия — не новость в животном мире. Рыбка синезаберный солнечник и краснобокая подвязочная змея давно используют этот метод. Однако самцы каракатицы ухитряются менять внешность быстрее всех (www.nature.com/news, 2005, 19 января).

В прошлом году американцы приняли план строительства постоянной базы на Луне. Если он осуществится, астронавты смогут не только исследовать наш спутник, но и отправиться оттуда на Марс. Однако без энергии такая станция работать не сможет, а доставлять топливо с Земли слишком дорого.

Выход несколько лет назад нашли ученые из Хьюстонского университета (штат Техас). А.Фройндлих с коллегами предложил отправить на спутник роботы-вездеходы для строительства солнечных батарей из лунной пыли, или реголита. Это вещество наполовину состоит из диоксида кремния, наполовину из смеси оксидов двенадцати металлов, в том числе алюминия, магния и железа. В нем есть все необходимые элементы для изготовления батареи. Роботы могли бы расплавлять реголит, очищать его и делать стеклянную основу солнечной панели.

Недавно Фройндлих и его команда воспроизвели работу роботов в вакуумной камере, где условия почти полностью имитируют лунные. Там они расплавили порошок под названием JSC-1, по составу похожий на лунный грунт, который доставили астронавты «Аполлона». Затвердевший порошок превратился в гладкую стеклянную панель. Если напылить на нее другие необходимые компоненты, она действительно превращает свет в электричество. Обработанный реголит получился достаточно гладким, чтобы служить основой для тонких слоев солнечных панелей, и достаточно прочным, чтобы не треснуть.

Ученые собираются предпринять следующий шаг на пути создания колонии на Луне — выделить из реголита кремний и изготовить из него полупроводниковые части солнечной панели («New Scientist News», 2005, 19 января).

Физики Т.Педерсен и Э.Геркен из Корнельского университета (Итака, США) «обстреляли» радиоволнами сполохи северного сияния с помощью передатчика мощностью 960 кВт. «Мы были настолько поражены увиденным, что даже решили проверить исправность оборудования», — говорит Педерсен о зеленых вспышках, которые возникли в ответ на облучение и были заметны невооруженным глазом. Возможно, изучая эти отклики ионосферы, физики смогут лучше понять красивое и загадочное явление природы.

Как возникает северное сияние? Исчерпывающего объяснения нет до сих пор. Известно, что большую часть прилетевших от Солнца электронов отклоняет магнитное поле Земли. Однако некоторые все-таки просачиваются вдоль его силовых линий в верхние слои атмосферы вокруг полюсов. Над полюсами они ускоряются, сталкиваются с молекулами кислорода и азота и заставляют их светиться, создавая северное сияние.

Что же вызывает ускорение электронов? Ученые придерживаются разных точек зрения. Одни говорят, что за него отвечают постоянные электрические поля, как будто разные слои в атмосфере представляют собой клеммы батарейки. Другие считают, что волны в электрическом поле ионосферы гоняют электроны туда-сюда, увеличивая их энергию при смене направления.

Педерсен и Геркен — сторонники второго предположения. Радиоволны заставили электроны качаться, подобно лодкам на море, производя при этом искры. Пока не ясно, насколько важно наличие самого северного сияния для такого эффекта. Вероятно, можно создавать вспышки света в ионосфере и в его отсутствие (www.nature.com/news, 2005, 2 февраля; «Nature», т.433, с.498).

В последнее время было проведено немало исследований, связывающих высокий коэффициент интеллекта (IQ) с продолжительностью жизни. Однако Й.Дири из Эдинбургского университета и его коллега Дж.Дер из Исследовательского центра проблем здравоохранения в Глазго считают, что этот показатель слишком зависит от воспитания, образования и вообще социальных условий, и полагают, что более точной мерой умственных способностей может служить время реакции. Оно отражает способность мозга обрабатывать информацию и не обусловлено такими параметрами, как уровень образования или воспитание.

В своей работе исследователи использовали данные наблюдений, которые проводились с 1988 года. Их объектом стали 412 мужчин и 486 женщин в возрасте от 54 до 58 лет. Все испытуемые прошли тесты на IQ и время реакции (в последнем случае они должны были нажимать на кнопку после появления на экране комбинации цифр). За прошедшие 14 лет 185 человек умерли, и Дири и Дер проанализировали результаты, полученные ранее.

В полном соответствии с данными других исследований, дольше прожили люди с более высоким IQ. Однако время реакции оказалось гораздо лучшим индикатором продолжительности жизни.

Результаты можно интерпретировать по-разному. Замедленная реакция, например, может свидетельствовать о дегенеративных процессах в мозгу, что, в свою очередь, отражает общее ухудшение здоровья. Но анализ тестов 11-летних подростков подтверждает, что уже в этом возрасте IQ достаточно определенно предсказывает продолжительность жизни. Дальнейшие исследования времени реакции у молодых людей должны прояснить эту связь («EurekAlert!», 2005, 2 февраля).



Имеет ли смысл прогрессивная эволюция?

1

*Биологи до сих пор не
удосужились сформулиро-
вать, что же такое про-
грессивная эволюция.*

Н.В.Тимофеев-Ресовский

Если непонятно, что такое прогрессивная эволюция, как можно говорить о ее смысле? Тем не менее... Выдающийся эволюционист А.Н.Северцов разработал понятие о биологическом прогрессе. По Северцову, это победа вида в борьбе за существование, достигнутая любой ценой. Критерии биологического прогресса — рост численности, расширение ареала, распадение на подчиненные таксоны. Если так, то самыми прогрессивными будут одноклеточные безъядерные микроорганизмы (прокариоты). Их количество в биосфере составляет астрономическую величину $4-6 \cdot 10^{30}$ клеток, скорость продукции всех микроорганизмов планеты — $1,7 \cdot 10^{30}$ клеток в год. Так что венец эволюции *Homo sapiens*, с его численностью всего в $6 \cdot 10^9$ особей, «отдыхает». Но, с другой стороны, что же привело этот вид к высоким показателям IQ, к способности ходить по Луне, бродить по интернету и спускаться в Марианскую впадину?

Для пользы дела договоримся считать прогрессивной такую эволюцию, которая ведет к усложнению, то есть к появлению новых элементов — новых генов, новых типов клеток, новых органов, — и к увеличению количества связей между ними. Хотя, разумеется, «более сложный» отнюдь не значит «более эффективный» или «оптимальный», в чем читателю предстоит убедиться далее...

Теперь переформулируем вопрос: какие эволюционные





механизмы приводят к усложнениям и для чего живые организмы усложняются и совершенствуются?

Как известно, эволюция движется естественным отбором. Точнее, как принято считать, двумя его типами: направляющим и дизруптивным. Третья форма отбора — стабилизирующий.

Когда условия среды долго не изменяются, отбор сохраняет особей, количественные признаки которых близки к средним значениям или равны им. Стабилизирующий отбор действует постоянно, ибо слабо приспособленные формы постоянно порождаются генетической изменчивостью.

Направляющий отбор возникает при изменении условий и благоприятствуют особям, у которых количественные значения характеристик отклоняются от средних в «нужную» сторону: при потеплении преимущество получают звери с более редкой шерстью, которые в холодные времена не преуспевали. В популяции сдвигается фенотипический оптимум — среднее значение признака, который важен для выживания в новых условиях среды.

Дизруптивный (разрывающий) отбор благоприятствует более чем одному фенотипическому оптимуму, действуя против промежуточных форм. (Пример, такой же условный, как и предыдущий: при появлении некоего нового хищника крупные и мелкие особи получают больше шансов на выживание, чем особи среднего размера: крупную добычу труднее одолеть, мелкую труднее найти.) При длительном дизруптивном отборе возможна репродуктивная изоляция: мелкие особи скрещиваются только с мелкими, крупные — с крупными. Так происходит дивергентное видообразование: один вид разделяется на два.

И теперь вспомним вопрос Н.В. Тимофеева-Ресовского, который он сформулировал в своей последней публикации («Генетика, эволюция и теоретическая биология», «Природа», 1980, № 9): «Обязательно ли длительное действие естественного отбора приводит к прогрессивной эволюции?» На первый взгляд ответ кажется простым: коль скоро генетическая изменчивость идет постоянно и условия среды постоянно меняются — разумеет-

ся, да. Но разве естественный отбор не действует на микробов? Или они не подвержены мутациям? Почему же у них не увеличивается сложность? Начнем, однако, с самого начала.

2

Склонившись над бездной прошлого, будем наблюдать ее меняющуюся окраску. Из века в век цвет сгущается. Вот-вот что-то вспыхнет на молодой Земле. Жизнь! Вот Жизнь!

Пьер Тейяр де Шарден

Жизнь — это самовоспроизведение системы из элементов среды, которая ее окружает. Если молекула способна к самовоспроизведению, если она сама строит себя из того, что вокруг нее, — это жизнь.

Совершенно неожиданно при исследовании генов эукариот в свое время были обнаружены «молекулярные ископаемые» — остатки древнейших живых молекул, рибозимов, до сих пор сохранивших некоторые из своих удивительных свойств. (Подробнее см. «Химию и жизнь», 2004, № 3.) Рибозим — это молекула РНК, способная осуществлять ферментативную, или, иначе говоря, энзиматическую, функцию. Отсюда название: **ribonucleic acid enzyme**. До их открытия считалось, что ферментами могут быть только молекулы белков. Но оказалось, что рибозимы, так же как и ферменты белковой природы, способны осуществлять практически весь спектр ферментативных реакций. Более того, одна из самых важных молекулярных строительных машин клетки — рибосома, осуществляющая трансляцию (декодирование) генетической информации при биосинтезе белков, также использует рибозимную активность. Но самое волнующее свойство некоторых рибозимов в том, что они могут самовоспроизводиться. Некоторые рибозимы могут одновременно выступать в роли собственного гена (матрицы для синтеза копий) и энзима, который осуществляет такой синтез: строит копию из четырех нуклеотидов, находящихся в растворе. Стронники гипотезы «мира РНК» (среди них Л.Оргелл, а из наших соотечественников — академик РАН А.С.Спирин) предполагают, что жизнь

зародилась в виде автореплицирующихся рибозимов. Позднее роль главного носителя генетической информации перешла к ДНК.

Но где же эволюция? Ведь возрастает только количество молекул, а их качество как будто бы не изменяется? Источник эволюции — случайные ошибки, возникающие при репликации. Копирование никогда не бывает абсолютно точным. Могут происходить точечные замены правильного нуклеотида на неправильный (не комплементарный нуклеотид матрицы), однобуквенные выпадения или вставки. Изменившаяся последовательность изменяет и функции рибозима, например увеличивает скорость его авторепликации. И тогда потомки «счастливого» мутанта получают преимущество и заполняют собою «сушу и воды». Однако вредные мутации, замедляющие самовоспроизведение, возникают гораздо чаще — такие мутантные молекулы «вымирают». Это уже дарвиновская эволюция молекул, естественный отбор направлен на увеличение скорости и точности размножения. В итоге планетарный океан будет заполнен наиболее быстро копирующимися «живыми» молекулами.

Но где же усложнение и совершенствование? В данном контексте самый совершенный — наиболее быстро реплицирующийся. На этом эволюция и остановилась бы, если бы не...

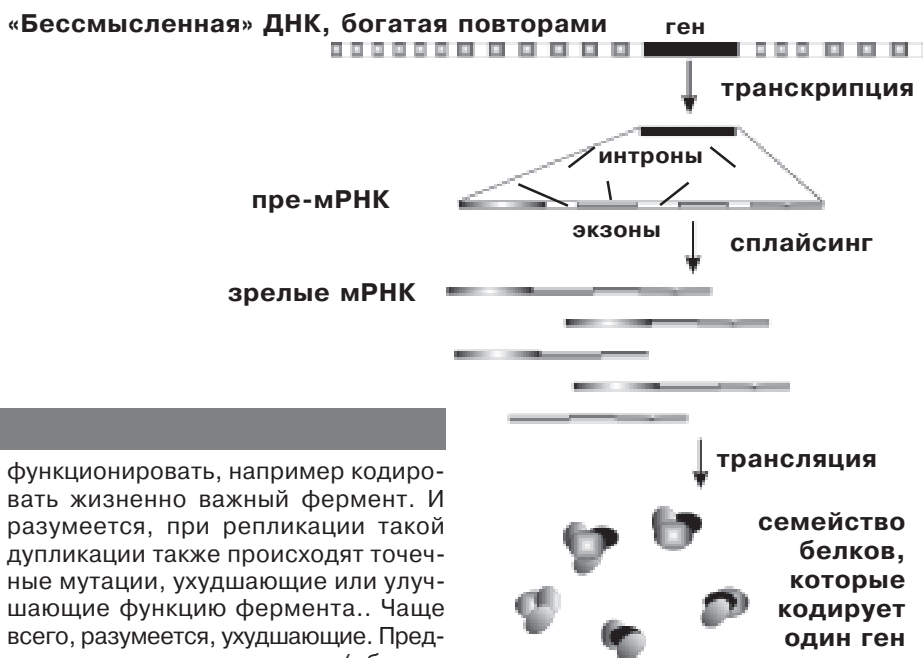
3

— Тут он открыл ей тайну, за которую всякий из нас дорого бы дал.

Молодые игроки удвоили внимание.

А.С.Пушкин

Если бы не удвоение генов. Этот тип мутаций, возникающих при репликации ДНК, называют дупликациями. Вновь синтезированная линейная молекула двунитевой ДНК не отделяется от исходной матрицы, чтобы затем существовать независимо, а ошибочно присоединяется к концу матрицы. Из гена АБВГД образуется [АБВГДабвгд], а не [АБВГД] + [абвгд]. Такая новая структура, состоящая уже из двух идентичных генов, кодирующая одну и ту же функцию (имеющих один и тот же смысл), тоже может



функционировать, например кодировать жизненно важный фермент. И разумеется, при репликации такой дупликации также происходят точечные мутации, ухудшающие или улучшающие функцию фермента. Чаще всего, разумеется, ухудшающие. Предположим, что такая мутация (обозначим ее *) произошла в первом гене АБВ*ГДабвгд. В этом случае в клетке будет образовываться смесь из двух ферментов, один из которых «похуже». Поэтому в целом эффективность функции, выполняемой обоими ферментами, будет снижаться, а это приведет к снижению жизнеспособности и в итоге к снижению скорости размножения. Но затем может возникнуть новая мутация, которая либо ухудшит один из ферментов (и тогда дело будет совсем плохо), либо восстановит активность мутантного фермента, либо повысит активность неповрежденного и тем самым опять же восстановит жизнеспособность организма. Это не означает, что в точности восстановится исходная последовательность АБВГДабвгд. Восстанавливающая (супрессорная) мутация может произойти и во втором гене и привести к образованию структуры типа АБВ*ГДабвг*д. Функция (смысл) такой структуры может быть той же, что у исходной дупликации АБВГДабвгд, однако теперь эта функция определяется *двумя* похожими, но уже *разными* генами («синонимами») АБВ*ГД и абвг*д. (Например, первый из них отбирает из окружающей среды подходящие мономеры, а второй катализирует реакцию присоединения.) Этот процесс в молекулярной генетике назван субфункционализацией.

Итак, новые гены образуются под действием двух случайных процессов: ошибок копирования при репликации и дупликации. Затем отбор, сохраняющий общий «смысл» (жизнеспособность), сужает «смысл» каждого из удвоенных генов, при этом смысл всей дублированной области может расширяться. То, что раньше делал один ген, теперь делают два, и они все боль-

ше зависят друг от друга. Вот и усложнение: из одинаковости возникает разнообразие, многофункциональность.

Несомненно, удвоение гена с последующим разделением функций двух копий может играть важную роль и в современных эволюционных процессах. Однако эволюция изобрела также другой способ создания новых генов.

4

Тут он подвел меня к раме... Поверхность ее состояла из множества дощечек... Все они были скреплены между собой тонкими проволоками. Дощечки были оклеены кусочками бумаги, и на этих бумажках были написаны все слова... в различных наклонениях, временах и падежах, но без всякого порядка... По его команде ученики взяли за железные рукоятки, вставленные в края рамы, и быстро повернули их. Все дощечки перевернулись, и расположение слов совершенно изменилось... Если случилось, что три или четыре слова составляли часть осмысленной фразы, ее диктовали... ученикам, исполнявшим роль писцов.

Джонатан Свифт

Оказалось, что внутри генов эукариот всегда бывают участки, которые не кодируют ни полипептидов, ни стабильных РНК. Эти участки называли интронами — от английских слов **intervening zone** — зона, «перемежающая» смысловую последовательность гена. А кодирующие участки были названы экзонами (от **expressing zone** — экспрессируемая зона гена). Во многих случаях каждому экзону соответствует домен — часть белковой молекулы, обладающая относительной завершенностью и независимостью.

Как работает ген, который представляет собой мозаику экзонов и интронов? А вот как:

Спеолдрласитьцйсиитбцнгорлю
 Бессмысленное слово? Но если из него удалить все интроны, то получится сплайсинг. Чтобы эукариотный мозаичный ген заработал, необходимо создать РНК-копию этого гена, также содержащую экзоны и интроны (за копирование отвечает фермент РНК-полимераза), и в ней интроны удалить, а экзоны объединить — это и есть сплайсинг. Полученный окончательный транскрипт (теперь приобретший смысл) уже можно использовать для трансляции — считывания белка. Интроны из первичного транскрипта удаляются по очереди, а не все сразу. Примерно так:
Спеолдрласитьцйсиитбцнгорлю
 Спласитьцйсиитбцнгорлю + еолдр
 Сплайсиитбцнгорлю + еолдр + ситыц
 Сплайсингорлю + еолдр + ситыц + итбц
 Сплайсинг + еолдр + ситыц + итбц
 + орлю

Таким образом, если в гене есть N интронов, то для сплайсинга необходимы N стадий вырезания интронов и сшивания экзонов. И если в какой-нибудь стадии произойдет ошибка, например при вырезании интронов будет вырезан один нуклеотид из экзона, ген свою функцию не выполнит, и наказанием за такую неточность может быть смерть или тяжелое нарушение жизнеспособности.

Так для чего же нужна эта упомо- рачительная сложность?

Вот еще один пример:
Аишалцуюофьольтжиуекеруюнабю- утхаипровбююньцфыйооопс

В этом «гене» 12 экзонов и 12 интронов. Если в 12 стадий удалить по очереди все интроны, то получится название особого типа сплайсинга:

Альтернативный+ Аиша+цуюофе+ол- л+жиу+ке+ую+бюю+ха+про+бюю+ыц- ф+ооопс

Однако удалять интроны можно разными способами: интрон может становиться экзоном, и наоборот. С ходу предложим еще пять вариантов:

Альт+ишша+цуюофе+ол+жиуекерую- набюютхаипровбююньцфыйооопс

нативный+Аишалцуюофьольтжиуе- керую+бюю+ха+про+бюю+ыцф+ооопс

наивный+Аишалцуюофьольтжиуе- керую+бюютха+про+бюю+ыцф+ооопс

левый+Аиша+цуюофьольтжиу+ке- руюнабюютхаипро+бююньцф+ооопс

лев+Аиша+цуюофьольтжиу+керую- набюютхаипро+бююньцфыйооопс

Из одного бессмысленного слова получено шесть вполне осмысленных. А если это слово — ген?

Действительно, экзоны одного гена в природе могут стыковаться различными способами. Благодаря альтернативному сплайсингу один ген может



кодировать целое семейство структурно схожих, но функционально разных белков. На данный момент известно максимальное количество разных белков, которое может кодировать один ген, — около 40 000! (Сумма прописью — сорок тысяч.) Например, ген дрозофилы, который кодирует один из белков рецептора аксона (нервного окончания) за счет альтернативного сплайсинга может приводить к образованию 38 016 различных информационных РНК. Этот ген содержит 95 альтернативных экзонов. Причем речь идет вовсе не о каком-то молекулярном курьезе, уникальном и случайном. По современным данным, как минимум 74% генов человека работает с помощью альтернативного сплайсинга! (См., например, статью Б. Модрека и К. Ли: Modrek B., Lee C., A Genomic View of Alternative Splicing. «Nature Genetics», 2002, т.30, с.13–19.)

Особо отметим, что в окончательном варианте сплайсированной (зрелой) РНК некоторые экзоны могут отсутствовать, но местами они не меняются. Если ген содержит экзоны 1-2-3-4-5-6, то зрелая РНК может состоять из соединенных экзонов 2-4-6, но не 4-2-6 или 6-4-2.

Теперь самое время задаться вопросом: что такое ген?

Ген эукариот — это длинная и преимущественно случайная, не кодирующая последовательность нуклеотидов, в которой расположены участки (экзоны), способные после вырезания из транскрипта этого гена и их объединения в строго определенной очередности кодировать определенную функцию.

Таким образом, мозаичная структура генов, которую сперва полагали бессмысленной, на деле оказалась весьма эффективным и экономичным способом кодирования множества смыслов. Зато правила обнаружения этих смыслов значительно усложнились. По какому пути пойдет сплайсинг каждой отдельно взятой мРНК, зависит от состояния клетки, от ее регуляторных сигналов: клетка будет нарабатывать РНК для того продукта, который больше всего нужен здесь и сейчас.

Весьма примечательно, что при эволюционном усложнении организмов среднее количество интронов, входящих на один ген, возрастает, как и средняя длина интронов. У беспозвоночных интроны короче, чем у человека, а интроны дрожжей еще короче. В эукариотном гене суммарная длина интронов может превосходить суммарную длину экзонов в десятки и сотни раз.

Обратите внимание: в ходе эволюции возрастают количество и длина интронов, то есть «бессмысленных» последовательностей. А что же с собственно генами?

А с генами — сюрприз. Если секвенирование (определение нуклеотидной последовательности, от англ. sequence — последовательность) эукариотных генов привело к открытию их мозаичной структуры, то массовое секвенирование целых геномов разных организмов привело к результатам просто изумляющим. У мыши, человека, у рыбы фугу количество генов практически одинаково — 30 000–40 000. Что же тогда определяет эволюционную сложность? Более того, если сравнивать между собой кодирующие последовательности (экзоны) в геномах мыши и человека, то окажется, что они идентичны на 99%! Почему же мы так не похожи на мышей?

Вот одна из возможных причин: хотя ДНК-последовательности наших и мышинных генов схожи, пути альтернативного сплайсинга различны. Ведь не зря по мере прогрессивной эволюции среднее количество интронов (а значит, и экзонов), входящих на один ген, возрастает? Тем самым расширяется спектр белков, потенциально кодируемых одним геном. Сходные гены кодируют различные наборы белков, и в итоге получается или мышь, или павиан, или тот (та), кто в данный момент читает эти строки.

Альтернативный сплайсинг предоставляет эволюции практически безграничные возможности. Напомним, что материал эволюции — генетическое разнообразие, а двигатель — естественный отбор. А ведь альтернативный сплайсинг дает невероятное разнообразие белковых продуктов. Посудите сами: всего лишь три гена, каждый из которых может кодировать 1000 вариантов белков, дает 1 000 000 000 возможностей для естественного отбора (1 млрд. изоформ трех белков).

Как могли возникнуть мозаичные гены и альтернативный сплайсинг? Похоже, в составе древних самовоспроизводящихся молекул (или их агрегатов, или древнейших клеток) были, во-первых, «генератор случайных чисел» — механизм, который синтезировал протяженные случайные последовательности нуклеотидов, и, во-вторых, механизм, разрезавший эти последовательности на фрагменты и в разных комбинациях эти фрагменты

соединявший. А затем естественный отбор оценивал результат. Если соединенные фрагменты приобретали новые полезные функции или лучше справлялись со старыми (к вящей славе и преуспеянию родного молекулярного комплекса), такой мозаичный ген и пути его альтернативного сплайсинга сохранялись.

Самое поразительное, что точечные мутации в экзоне могут приводить к изменению пути сплайсинга — изменение одной буквы в слове может вести к изменению путей его соединения с другими слогами. Случайная точечная мутационная изменчивость приводит к изменчивости более высокого уровня — к изменчивости пути комбинирования субсмысловых блоков. (См. обзор Картеши с соавторами, «Nature Reviews», 2002, т.3, с.285–298.) Разумеется, это ускоряет эволюцию. Но разоряет геномные фирмы.

5

— Дама ваша убита, — ласково сказал Чекалинский.

Германн вздрогнул; в самом деле вместо туза у него стояла пиковая дама. Он не верил глазам своим, не понимая, как он мог так обдернуться.

А.С.Пушкин

Проект «Геном человека» по научной значимости, амбициозности сравнивают с программой пилотируемых полетов на Луну. Но инициаторы проекта «Геном человека», кроме научных целей, строили грандиозные планы практического использования результатов. А где практическое использование, там и коммерческий интерес. Предполагалось, что информация о геноме человека будет полезна для ранней молекулярной диагностики и лечения наследственных заболеваний. Прогнозы обещали миллиардные прибыли, фирмы, которые секвенировали геном, патентовали всю информацию о нуклеотидных последовательностях.

Но разве нуклеотидная последовательность эукариотного гена дает однозначную информацию о том, какой именно белок он кодирует? Нет. Все зависит от пути альтернативного сплайсинга. А если этих путей десятки тысяч? Выделить и охарактеризовать ты-

сдачи белков и установить, какая именно изоформа дает патологию, — отдельная работа, которую надо еще, как говорится, начать и кончить.

Возможно, не случайно знаменитый дешифровальщик генома человека Крейг Вентер покинул пост директора «Celera Genomics» и теперь занимается геномами бактерий. Его научный корабль бороздит волны Саргассова моря, экипаж отлавливает морских микробов и секвенирует их геномы прямо на корабле. Суммарная длина всех уже просеквенированных последовательностей — более 1 млрд. нуклеотидов от 1800 видов бактерий, 148 из которых ранее известны не были. Цель проекта — поиск новых генов, имеющих прикладное значение. Разумеется, работать с прокариотными генами проще: бактерии куда лучше соблюдают классическое правило «один ген — один белок». Крейг Вентер не одинок среди коллег: директор фирмы «Human Genome Science» Уильям Хэзелтайн объявил на страницах «New Scientist», что собирается «перейти на другую работу».

Итак, путь прогрессивной эволюции направлен:

— от простого воспроизведения генов к увеличению их количества за счет дубликаций и дивергенции их нуклеотидных последовательностей,

— от случайного перебора нуклеотидов к случайному перебору экзонов, кодирующих субсмысловые модули, и к перебору путей их сплайсинга.

Отсюда можно сделать весьма важный и новый для теории эволюции вывод: *прогрессивная дивергентная эволюция происходит без изменения условий среды в результате постоянно идущих случайных мутационных процессов, главную роль в которых играют спонтанные дубликации*. Как ни парадоксально, дивергенцию в данном случае вызывает не дестабилизирующий отбор, который уничтожает организмы, несущие вредные мутации, очищая тем самым от них популяцию. И самое главное — *прогрессивная эволюция, сопровождающаяся усложнением, не имеет адаптивного (по отношению к окружающей среде) характера*. Это еще более неожиданное и принципиальное положение было сформулировано совсем недавно М. Линчем и Дж. Конери («Science», 2003, т.302, № 5649, с. 1401—1404). Но, разумеется, после каждого эпизода «усложнения», закончившегося появлением жизнеспособного организма с большим числом генов, чем у предка, отбор подгоняет (адаптирует) новое поколение к конкретным условиям окружающей среды, сохраняя удачу и выбраковывая неудачи.

Когда мы обсуждали строение эукариотного гена, речь шла о «бессмыс-

ленных» интронах. Зададимся, однако, более общим вопросом: в чем заключается эволюционный смысл бессмысленной ДНК?

6

*А жизнь, как посмотришь
С холодным вниманьем вокруг,
Такая пустая и глупая шутка.*

М.Ю.Лермонтов

Самая обескураживающая шутка — это количество генетической информации, которое имеет амеба. У этого одноклеточного существа в 200 раз больше ДНК, чем у человека: 600 млрд. нуклеотидов против наших 3 млрд. Ну зачем ей столько? И что там, в ее геноме, написано?

Там повторяются миллионы «бессмысленных слов» — последовательности, не кодирующие никаких белков. 99% генома человека также ничего не кодируют, и эти 99% — не только интроны и межгенные области, но в основном многократно повторяющиеся последовательности различных типов и разной длины — от десятков до тысяч нуклеотидов. Подобные повторы имеются у всех эукариот. Они могут располагаться друг за другом (тандемные, локализованные повторы) или поодиночке в разных местах генома (диспергированные). По предполагаемому механизму происхождения среди повторов различают сателлитную ДНК, которая могла образоваться при определенных ошибках репликации, и ретропозоны, которые образуются из-за ошибок обратной транскрипции — случайного синтеза ДНК на матрице РНК.

Обратная транскрипция происходит при размножении ретровирусов, геном которых состоит из РНК. В обычном жизненном цикле ретровируса на матрице его РНК синтезируется ДНК, которая затем встраивается в геном клетки. Синтез ДНК на матрице РНК проводит специальный вирусный фермент — обратная транскриптаза. Но иногда этот фермент по ошибке начинает синтезировать ДНК не на вирусной, а на случайно подвернувшейся клеточной мРНК. И после массового копирования этого «бессмысленного» (для вируса) гена одна или несколько копий встраиваются в случайные участки генома.

Если при массовом образовании сателлитной ДНК и массовой интеграции в геном ретропозонов нарушаются жизненно важные функции, организм погибает, если нет — выживает с грузом бессмысленной, или мусорной, ДНК. Именно так ее и называют — «junk DNA». А то и еще суровее — «эгоистическая» (selfish) или «паразитическая» ДНК: дескать, она размножается вме-

сте с функциональными генами, а организму ничего полезного не дает. Действительно, клеткам приходится тратить значительные ресурсы для воспроизведения «бессмысленной» ДНК (напомню, что ее доля может превышать 90%). Такое впечатление, что принцип «максимум эффективности при минимуме затрат» для эукариот несправедлив: они без видимых вредных последствий выдерживают огромный груз «бессмысленной» ДНК. Но так ли она бессмысленна? Не зря ведь эти ее презрительные наименования в последние годы все чаще пишут в кавычках...

Может, мы чего-то просто не хотим видеть? Может быть, неспособность организмов избавиться от «паразитической» ДНК — очередной шаг на том пути, который мы называем прогрессивной эволюцией? Мы уже видели, что она идет от случайного накопления бессмысленных усложнений к отбору случайных осмысленных изменений.

Обескураживающий факт, что количество ДНК в геноме организма не связано с его эволюционной сложностью, получил название «парадокс содержания ДНК» (C-value paradox, C — от content). Попытки его объяснить наводят на крамольную мысль, что в генетических механизмах существует неизвестное нам «измерение». Но возможно ли, чтобы в наших знаниях был такой огромный пробел? Как-никак, трансгенные организмы, созданные с учетом известных нам законов, вполне жизнеспособны...

Справедливости ради отметим, что «бессмысленная» ДНК не всегда и не совсем лишена смысла. Например, в повторяющемся элементе, расположенном внутри интрона, находятся последовательности, которые изменяют путь стыковки экзонов и тем самым создают новый белок. Кроме того, молекулы РНК, считанные с «бессмысленной» ДНК (она может быть и кодирующей!), выступают в роли регуляторов — управляют работой генов, в частности, при развитии организмов (когда идет дифференцировка клеток). А недавно появились данные, что некоторые изменения в «бессмысленной ДНК» вызывают эпигенетические эффекты — модифицируют функции генов, не изменяя их нуклеотидной последовательности.

Но в данный момент можно с уверенностью сказать, что только от 1 до 10% ДНК эукариот имеют понятный нам смысл. Остальная ДНК, судя по всему, во-первых, не несет существенных функций и, во-вторых, не нарушает жизнеспособности организма. И, в-третьих, как ни парадоксально, именно «эгоистическая и бессмысленная» ДНК предопределяет пути эволюционных

изменений, которые мы договорились называть прогрессивными.

7

*Когда б вы знали, из какого сора
Растут стихи, не ведая стыда.*

А.А.Ахматова

Да может ли быть, чтобы изменения «бессмысленной» ДНК направляли эволюцию жизни? И если да, то каким образом?

Все не так противоречиво, как может показаться на первый взгляд. При внезапном и массовом образовании «бессмысленной» ДНК геном изменяется столь сильно, что это приводит или к летальному исходу, или к появлению нового биологического вида.

Напомним, что основная характеристика вида — репродуктивная изоляция: способность продуктивно скрещиваться только с особями своего вида. Один из механизмов репродуктивной изоляции основан на отсутствии гомологии между хромосомами у особей, принадлежащих к разным видам. Говоря проще, даже если отношения между этими особями зайдут так далеко, что сперматозоид оплодотворит яйцеклетку, отцовские и материнские хромосомы не смогут рекомбинировать — обмениваться участками. Ведь для рекомбинации нужна очень высокая степень сходства между ДНК парных хромосом. Как только различия превышают некий допустимый предел, все пропало — без рекомбинации нет нормального развития зиготы (зародыша). Поэтому некоторые виды, почти неотличимые и внешне, и по поведенческим особенностям, все-таки остаются отдельными видами: различия у них на хромосомном уровне.

Если же родители принадлежат к одному виду, но в хромосомах половых клеток у папы или мамы произошли крупные блочные перестройки, то, скорее всего, потомства получить не удастся. Однако из любого правила есть исключения. Иногда несходство родительских хромосом вызывает в зиготе «незаконные» перестройки, и на свет появляются жизнеспособные потомки с новыми свойствами. Но весьма вероятно, что они смогут скрещиваться и давать плодовитое потомство только со своими братьями и сестрами — их хромосомы сходны между собой и не похожи ни на чьи больше. Возможно, во многих случаях именно так происходит видообразование. Появление новых видов, увеличение числа таксонов — иначе говоря, прогрессивная эволюция по Северцову. Вот вам и «мусорная» ДНК...

Заметим, что и в самом деле многие известные близкородственные виды почти не отличаются между собой по «смысловым», кодирующим участкам

ДНК, но весьма различаются по «несмысловым», по повторам. Скрещиваться могут только организмы, у которых одинаковые повторяющиеся участки эгоистической ДНК расположены в одних и тех же местах хромосом.

Стало быть, эволюция в данном своем проявлении — это, образно говоря, совместимое с жизнью переформатирование геномов за счет случайного изменения качества, количества и расположения участков бессмысленной ДНК. После этого естественный отбор удаляет нежизнеспособные варианты, а выжившие подгоняет к более эффективному существованию в конкретных условиях окружающей среды.

Итак, похоже, что эволюция — это процесс:

— случайных дупликаций генов, приводящих из-за возникновения мутаций к дифференциации их функций и в итоге — к усложнению;

— случайного массового образования некодирующей («бессмысленной») ДНК, приводящий к видообразованию, и

— естественный отбор, нежизнеспособные формы удаляющий, а жизнеспособным благоприятствующий.

Но почему естественный отбор не удаляет «паразитическую» ДНК? Ведь без нее у живых организмов были бы куда меньше затрат на копирование информации и куда больше шансов на эффективное размножение?

Естественному отбору для удаления «бессмысленной» ДНК просто не хватает времени, а популяции, ее несущей, — астрономической численности. Случайное образование множественных копий «бессмысленной» ДНК — событие крайне редкое, но в результате единичного события в геноме могут возникнуть десятки тысяч вставок. А удалять их (путем делеций) можно только постепенно, каждую копию отдельно. Наводить порядок вообще сложнее, чем устраивать беспорядок.

Если предположить, к примеру, что вероятность утрат каждой из 1000 копий «бессмысленной» ДНК — $1 \cdot 10^{-7}$, то вероятность утраты всех копий сразу — $1 \cdot 10^{-7000}$. Иначе говоря, чтобы в такой популяции случайно возник вариант, сразу утративший всю «бессмысленную» ДНК, ее численность должна составлять 10^{7000} особей. Число атомов

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

во Вселенной — примерно 10^{77} . Утра та же одной или даже нескольких копий вряд ли даст ощутимое преимущество — как-никак, скорость копирования ДНК в эукариотической клетке весьма высока.

В общем, эукариоты обречены на прогрессивную эволюцию из-за того, что вероятность одномоментного образования множественной «бессмысленной» ДНК во много раз выше, чем вероятность ее утраты. А осмысленной ДНК приходится изменяться, организовывать себя таким образом, чтобы сосуществовать с «бессмысленной», используя ее, а не погибнуть вместе.

Суть эволюции в том, что она происходит за счет случайных малых изменений смысловой информации, направленных на поддержание ее существования с возрастающим количеством, если можно так выразиться, информации бессмысленной.

8

*Я убежден, что Он не играет
в кости.*

А.Эйнштейн

Жизнь — это информация, смысл которой — обеспечивать за счет поглощения вещества и энергии самовоспроизведение ее носителя и тем самым распространение. Она возникла (или возродилась) из остывшего пепла Большого Взрыва, создавшего Космос. И под разрушающим действием Хаоса случайных процессов жизнь стала эволюционировать, чтобы сохранить свой смысл. Первое «слово» (первая живая информационная молекула) стало превращаться в «текст» из синонимов, значения которых дифференцировались и становились все более конкретными, но все вместе они передают из поколения в поколение все тот же смысл.

Он действительно не играет в кости. Он посылает весть — самопередающееся и самораспространяющееся сообщение, эволюционирующее, чтобы преодолеть помехи.

Это сообщение и есть Жизнь.





Мемориальная доска
в Вашингтоне

Кандидат физико-математических наук

А.Р.Смирнов,
ФТИ низких температур
НАНУ, Харьков

Физик от Бога

Два с половиной года назад была отмечена круглая дата — прошло 70 лет с того дня, 10 октября 1932 года, когда в Украинском физико-техническом институте (УФТИ) было расщеплено ядро атома лития. Харьковские физики Александр Ильич Лейпунский, Кирилл Дмитриевич Синельников, Антон Карлович Вальтер и Георгий Дмитриевич Латышев, работавшие в организованном всего четырьмя годами ранее институте, пришли к этому выдающемуся достижению, увы, вторыми. Они лишь на пять месяцев отстали от Джона Кокрофта и Эрнеста Уолтона, сотрудников старейшей в мире кембриджской физической лаборатории знаменитого Эрнеста Резерфорда, которые впоследствии были удостоены Нобелевской премии. Да, дважды одно открытие в науке не делается, но успешное и скорее повторение результата само по себе говорило о выходе советских исследователей на самые передовые научные рубежи. Тем более что в данном случае вопрос национального приоритета был не так ясен, как могло показаться из простого сравнения календарных дат

История той увлекательной гонки пионеров ядерной физики хорошо известна: никакой секретности в начале 30-х годов минувшего века еще не было. Английские и советские исследователи были желанными гостями друг у друга и щедро делились опытом. Менее известно, а точнее, намеренно забыто, что у истоков обоих опытов стоял один человек — Георгий Антонович Гамов, 100-летие со дня

После публикации первоначального варианта этой статьи в харьковской областной газете «Время» отыскалась Ольга Петровна Гамова — внучатая племянница выдающегося ученого. Она по профессии математик, закончила механико-математический факультет Харьковского университета, живет в Харькове, сейчас на пенсии. Ольга Петровна любезно предоставила из семейного архива уникальный фотоснимок Жорочки Гамова в возрасте одного года, который сидит на коленях своей тети Эмили

Георгий Гамов — трижды нелауреат Нобелевской премии

рождения которого отмечали 4 марта прошлого года. Сопоставление двух юбилеев изумляет: выходит, что инициатору одного из эпохальных экспериментов XX века было на тот момент только 27 лет! А саму теорию, что легла в его основу, Гамов разработал в 24 года. Так кем же был Георгий Гамов и почему его имя так малоизвестно на Родине?

Родом из Одессы

Гамов родился в Одессе 4 марта 1904 года в семье преподавателей Одесской гимназии. Отец в чине статского советника преподавал русский язык и литературу (среди его учеников был и Лев Троцкий), а мать историю и географию. Она была из рода запорожских казаков Лебединцев. Гамов шутил, что его отец и мать могли бы и не встретиться друг с другом: один из его прапрадедов — царский офицер Гамов или запорожский есаул Лебединец — в сабельном бою вполне был способен поставить точку в биографии второго предка. К счастью для физики, та встреча не случилась. Дед по отцовской линии был командующим Кишиневским гарнизоном, а по материнской — митрополитом.



Детство, пришедшееся на годы Первой мировой войны, революции, Гражданской войны и интервенции, Георгий провел в родной Одессе, там же он поступил в университет. Но, не удовлетворенный получаемым образованием, перевелся в Ленинградский университет, который закончил в 1926 году. Там Гамову посчастливилось недолго учиться у профессора Александра Александровича Фридмана (скончавшегося в 1925 году в возрасте 37 лет), который смог лучше разобраться в космологических следствиях общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна, чем сам ее создатель. Анализируя уравнения ОТО, Фридман пришел к выводу о нестационарности Вселенной, с чем долго не мог примириться Эйнштейн. Эта встреча 20-летнего студента с Фридманом дала Гамову первый толчок к работам рубежа 40–50-х годов, в которых он обосновал свою концепцию Большого Взрыва и так называемой «горячей Вселенной».

Но тогда, в конце 20-х, воображение Гамова пленили горизонты едва зародившейся квантовой механики. С 1928 по 1931 год перспективный выпускник ЛГУ на стипендию Наркомпроса проходит стажировку в Геттингене, Копенгагене и Кембридже. Уже в 1928 году вчерашний студент молниеносно получает всемирное признание среди крупнейших физиков своей теорией радиоактивного α -распада. В ней Гамов ввел понятие квантового туннелирования частицы сквозь потенциальный барьер атомного ядра, что имело ряд важнейших теоретических и практических следствий. Одно из них объясняло природу термоядерного плавного горения звезд (а не взрывного, как получалось из первых теорий), другое позволило Гамову вывести формулу, объяснившую экспериментально установленную зависимость периода полураспада ядер от энергии вылетающих из них α -частиц. Эта же идея, но обращенная в противоположную сторону, подсказала Гамову способ разрушения атомного ядра искусственно ускоренными протонами, энергии которых, казалось бы, недостаточны для преодоления сил электростатического отталкивания от ядра. Именно техническая невозможность ускорить частицы до расчетных энергий останавливала экспериментаторов от



Советский физический десант в Кембридже в конце 1920-х, слева направо: Г.А.Гамов, П.Л.Капица, И.В.Обреимов (основатель и первый директор УФТИ), К.Д.Синельников (фактически второй директор УФТИ, поскольку после ареста Обреимова этот пост был занят другим человеком недолго)

Георгий Гамов на мотоцикле, которым управляет Кирилл Синельников, Англии, 1928 год



Предоставлено Ю. Ранюком



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

попыток расщепить ядро. Однако уровень энергии был недостаточным только с точки зрения классической, а не квантовой физики.

Гамов попытался донести свои идеи до патриарха атомной физики сэра Резерфорда, но поначалу не был удостоен его внимания. Авторитет и письмо другого великого физика Нильса Бора, который сразу понял идею Гамова, заставили в 1929 году Резерфорда дать «добро» на сооружение ускорителя протонов, что и привело Кокфорта и Уолтона к Нобелевской премии. Гамов в Кембридже лично принял самое активное участие в постановке задачи для английских экспериментаторов. Позже это время назовут «эпохой бури и натиска» в физике. Свободный обмен идеями и почти свободное перемещение ученых через границы способствовали стремительному прогрессу науки. В 1931 году Гамов возвращается в Ленинград, в Физико-технический институт, где директором был Абрам Федорович Иоффе. Иоффе не только создал ленинградский Физтех, но он же стоял и у истоков УФТИ — его дочернего института. Вновь созданный в тогдашней столице Украины институт был призван обеспечить связь науки с быстро развивавшейся индустрией. Одним из направлений работы бывших ленинградских, а теперь уже харьковских физиков стало создание промышленной высоковольтной аппаратуры. Это было наиболее узким местом при реализации идеи Гамова построить протонный электростатический ускоритель. Хотя ленинградско-харьковский задел в создании высоковольтной техники превосходил первоначальный потенциал кембриджской группы, у англичан был гораздо больший опыт ядерных исследований. Да и приступили они к работе с легкой руки Гамова еще в 1929 году. Только летом 1931 года (после недельного визита в УФТИ приехавшего из Кембриджа Кокрофта) в тематическом плане института появился пункт о создании установки для расщепления атомного ядра.

Харьковское расщепление

Долгое время считалось, что Гамов в Харькове бывал только наездами, в командировках, поскольку сам Гамов в автобиографии «Моя мировая линия» о постоянной жизни в Харькове не упомянул. Но историк УФТИ доктор физико-математических наук Юрий Ранюк отыскал в архивах документы о приеме Гамова на работу в институт на должность научного консультанта. Ему была даже предоставлена служебная квартира, так что в какой-то мере харьковчане могут считать его своим земляком. В Харькове Гамов занимался тем же, чем он занимался в Кембридже, — консультировал подготовку эксперимента по расщеплению ядра. К сожалению, это был тот самый случай, когда пророка в своем отечестве оценили слишком поздно: догнать и перегнать кембриджцев харьковчане чуть-чуть не успели.

Тем не менее крупный успех был налицо. Руководство УФТИ отрапортовало о научном достижении «бригады ударных напряжений» (так официально называлась группа, занятая экспериментом по расщеплению ядра лития) весьма необычным для научных работников образом. Зато в духе времени: телеграммой на имя товарищей Сталина, Молотова и Орджоникидзе в редакцию газеты «Правда», подписанной директором института академиком Иваном Васильевичем Обреимовым и конечно же парторгом и председателем месткома. Трудовая победа была приурочена к 15-й годовщине Октябрьской революции. 22 октября 1932 года главная газета страны вышла с передовой статьей «Разрушено ядро атома лития». Вслед за «Правдой» все центральные и республиканские издания подключились к пропаганде успеха советских физиков.

Так, украинский поэт Павло Тычина, который позже стал наркомом просвещения УССР (имя поэта-министра упоминается в совершенно секретных директивах, связанных с подготовкой кад-

ров ядерщиков для УФТИ), писал под свежим впечатлением от полетов стратостата «ОСОАВИАХИМ» и ядерного эксперимента в Харькове:

*Ми тривожим стратосферу, атомне ядро
та сферу
о прекрасний час, неповторний час!
Неповторний, невмирущий,
Хто од нас у світі дужчий?
Та з яких країн?!
Ми плануєм творчі гони,
За колонами — колони,
Та всі ж як один!
Та всі ж як один!*

Однако Тычина не был первым на поприще поэтического воспевания успехов в ядерной физике. Еще в 1928 году, когда имя Гамова только появилось на мировом научном небосклоне, пролетарский поэт Демьян Бедный, можно сказать, пророчески опубликовал в той же «Правде» стихотворение «До атомов добрались»:

*СССР зовут страной убийц и хамов.
Недаром. Вот пример: советский парень
Гамов.
Чего хотите вы от таких людей?! —
Уже до атомов добрался, лиходей!
Миллионы атомов на острие иголки!
А он — ведь до чего механика хитра!
В отдельном атоме добрался до ядра!
Раз! Раз! И от ядра остались осколки!
Советский тип — (сигнал для всех Европ!)
Кошунственно решил загадку из загадок!
Ведь это что ж? Прямой подкоп
Под установленный порядок*

*Подкоп иль не подкоп, а, правду говоря,
В науке пахнет тож кануном Октября.*

Бедный дважды оказался пророком: на момент написания стихотворения речи об искусственном разрушении ядра еще не было (теория 1928 года относилась к естественной радиоактивности), а употребленное поэтом слово «осколки» тоже еще не вошло в научный лексикон ядерщиков, это случилось значительно позже. Таким образом, стихи, стилистически весьма неуклюжие, тем не менее предвосхитили грядущие события. Любопытно, что словосочетание «атомная бомба» тоже впервые в мире появилось

в русской поэзии, а не специальной литературе. В июне 1921 года поэт-символист Андрей Белый в то время, когда все физики были твердо убеждены в практической недоступности атомной энергии, пророчески писал:

*Мир рвался в опытах Кюри
Атомной, лопнувшей бомбой
На электронные струи
Невоплощенной гекатомбой.*

Гекатомба — это жертвенное убийство 100 быков в Древней Греции, ставшее символом массового жертвоприношения. До воплощения гекатомбы в Хиросиме и Нагасаки с их жертвоприношением в 145 тысяч людских душ оставалось чуть более 24 лет. Впоследствии Гамов неизменно подчеркивал, что своими ядерными работами к трагедии японских городов он не причастен. Чуть отклоняясь от основной темы статьи, заметим, что термин «атомная бомба» в привычном и грозном смысле этих слов тоже впервые был заявлен в Харькове в 1940 году. Тогда трое молодых сотрудников УФТИ Фридрих Ланге, Владимир Шпинель и Виктор Маслов подали заявку на изобретение урановой атомной бомбы. Их предложение было отклонено как «фантастическое». Но после Хиросимы и Нагасаки в 1946 году отдел изобретательства Красной Армии зарегистрировал не подлежащее опубликованию авторское свидетельство под названием «Атомная бомба или другие боеприпасы» за № 6358с с приоритетом от 1940 года.

В 1931 году директор Радиевого института академик Владимир Иванович Вернадский выдвинул 27-летнего Гамова в Академию наук. А в 1932 году он становится самым молодым в ее истории членом-корреспондентом. Но действительным членом АН СССР Гамову не суждено было стать

Брюссельский невозвращенец

Гамов обладал не только выдающейся физической, но и политической интуицией. Задолго до «большого террора» Гамов почувствовал, что ситуация в стране меняется. Сначала ему было отказано в поездке в Рим на 1-й Международный конгресс по ядерной физике. За него доклад прочел его приятель, будущий нобелевский лауреат Макс Дельбрюк. Кроме того, фундаментальный квантово-механический принцип неопределенности Гейзенберга, лежащий в основе всех гамовских теорий, вдруг был объявлен противореча-

щим диалектическому материализму. Гамову запретили его публично упоминать в своих докладах (справедливости ради следует отметить, что Эйнштейн до конца жизни тоже считал квантово-механическую вероятность не более чем тактической уступкой, поскольку полагал, что «Господь Бог не играет в кости»).

Такая личная и творческая несвобода Гамова категорически не устраивала. Он с молодой супругой-красавицей Любовью Вохминцевой предпринял беззастенчивую попытку бежать в Турцию на байдарке, выйдя в море вечером якобы покататься из академической базы отдыха в Кацивели на Южном берегу Крыма. Через сутки встречный ветер вынес обесиленных гребцов на место их старта. Попытка осталась незамеченной, а потому и безнаказанной. Была и безуспешная попытка «туннелирования» сквозь советско-норвежскую границу во время «лыжной прогулки» на Кольском полуострове.

Благоприятный случай представился в 1933 году, когда Гамова включили в официальный состав советской делегации на престижнейший среди физиков Сольвеевский конгресс в Брюсселе. Жене разрешение на выезд не дали. Гамов поставил ультиматум: без жены



не поеду. За благонадежность Гамова поручились лично академик Йоффе и, что особенно важно, организатор конгресса, почетный член АН СССР и член ЦК компартии Франции Поль Ланжевен. При посредничестве Николая Бухарина Гамова принял в Кремле сам Вячеслав Молотов и лично разрешил выезд обоим супругам. Как вспоминал Гамов, выйдя из Кремля, он тут же зашел в ГУМ и на радостях купил большой портрет Молотова, который поставил у себя на рабочем столе.

На конгрессе Гамов сказал Ланжевену, что не намерен возвращаться в СССР. Ланжевен ужасно расстроился и три дня не мог определиться с ответом. Без морального разрешения своего поручителя Гамов не мог решиться на такой поступок. Наконец Ланжевен с огромным внутренним сопротивлением благословил Гамова начать новую жизнь

на Западе. Так Гамов стал первым советским ученым-невозвращенцем.

Год спустя, в 1934-м, Петра Леонидовича Капицу при очередном посещении СССР на Запад больше не выпустили. Гамов категорически отрицал, что послужил тому причиной. Раньше Капица считал, что родиной для человека служит то место, где ему хорошо работается. Теперь же он высказывался о Гамове очень резко: «Джонни (прозвище Георгия среди советских коллег. — А.С.) — тип беспринципного шкурника, одаренного исключительным умом для научной работы, но вообще человек неумный». Капица писал своей жене Анне Алексеевне: «Джонни гордились как первым молодым знаменитым ученым. Глава правительства благословляет его на путешествие, а он, мерзавец, не возвращается. Что притягивает его на Западе, в капиталистических странах? Джонни никогда не будет играть первую скрипку, и, кроме как в Америке, ему нигде не устроиться». Но Анна Алексеевна (ее отца, выдающегося кораблестроителя академика Крылова тоже на Запад больше не выпускали) относилась к Джонни с симпатией.

Гамов действительно вскоре из Европы перебрался в Америку. И хотя он про-

Эта почти семейная фотография тоже сделана в Кембридже: слева К.Д.Синельников, рядом с ним его будущая жена англичанка Эдна Купер (уехала с мужем в Харьков, где и прожила всю оставшуюся жизнь), потом Гамов и две женщины, хозяйки дома, в котором квартировала Синельников

должен был работать исключительно продуктивно, формально «первую скрипку», как напророчил Капица, он не играл. Наивысшей наградой для него стала премия ЮНЕСКО за популяризацию науки. В литературе Гамов не знал равных еще со времен студенческих «Отбросов науки», от которых берут начало знаменитые сборники «Физики шутят».

Одесские шуточки

Врожденное чувство юмора одессит Гамов пронес через всю жизнь. Вот некоторые из его шуток. Оказавшись в эмиграции, Гамов сразу же издал книгу «Квантовая теория ядра». В ней он сделал ссылку на несуществующую работу своего друга со студенческих лет, будущего нобелевского лауреата Льва Давидовича Ландау, который возглавлял теоретический отдел УФТИ. Работа Ландау якобы была опубликована в украинском научном журнале «Червоный гудок». Зарубежные физики-теоретики с ног сбились, разыскивая по библиотекам загадочный журнал. Между тем, казалось бы, абсурдное название журнала чрезвычайно емко и информативно. В два слова Гамов иронично

втиснул и революционный пафос, и пафос форсированной индустриализации, а также насильственную украинизацию науки того времени — в то время, например, основатель украинской школы математиков академик С. Бернштейн подал рапорт ректору ХГУ с просьбой уволить его из университета по причине запрета преподавания математики на русском языке.

В 1950 году Гамов пошутил с другим будущим нобелевским лауреатом, Хансом Бете. Гамов написал совместную работу со своим аспирантом Ральфом Альфером и решил, что для полной гармонии коллективу соавторов не хватает Бете, которого и включил без его ведома в соавторы. По-гречески коллектив зазвучал просто замечательно: Альфер, Бете, Гамов! Именно в этой работе под шутливым названием $b-r-g$ -теории сохранилось предсказание реликтового излучения, возникшего в момент Большого Взрыва в гамовской модели «горячей Вселенной». Это было дальнейшее развитие идей его учителя Фридмана. Гамов смог даже рассчитать современную температуру этого излучения — около 5 градусов Кельвина. Американский физик Р. Дикке попытался проверить гипотезу Гамова, но его радиоаппаратура оказалась слишком «шумящей» для этой цели. Успех пришел совершенно неожиданно к молодым радиоинженерам компании «Bell» А. Пензиасу и Р. Уилсону. В 1965 году они создали маломощные приемники для спутниковой связи, но никак не могли избавиться от остаточного радиошума с температурой около 3К. В группе Дикке сразу поняли, что обнаружено реликтовое излучение, и объяснили этот замечательный результат. В 1978 году инженеры Пензиас и Уилсон за это случайное открытие стали лауреатами Нобелевской премии по физике, которую поделили с Капицей (их объединили по весьма натянутому признаку низких температур). А Гамов и Дикке никак отмечены не были.

Наконец, третье крупнейшее достижение Гамова. Оно находится на стыке физики, биологии и теории информации. Когда Джон Уотсон и Френсис Крик открыли в 1953 году «двойную спираль» — структуру молекулы ДНК, открылся и новый мир — мир молекулярной генетики. Абстрактные гены, введенные в научный оборот еще монахом Грегором Менделем, обрели конкретное молекулярное воплощение. Гамов не стал дожидаться, пока построят электронные микроскопы высокого разрешения и научатся препарировать нуклеиновые спиральи. Он обратил внимание, что генетический код 20 аминокислот, из которых устроено все живое, написан алфавитом, в котором всего четыре буквы. Как это можно сделать? Перебрав варианты, Гамов математически доказал, что слова этого

языка могут быть только трехбуквенными. Это даже не биофизика, а теория кодирования! Так Гамов сделал важнейший шаг к осмыслению полученных Уотсоном и Криком результатов. Как известно, Уотсон и Крик стали нобелевскими лауреатами по биологии.

Гамов не был бы Гамовым, если бы упустил возможность пошутить и в этой связи. Однажды его пригласили выступить с популярной лекцией о генетическом коде перед избранной аудиторией секретного ядерного центра в Лос-Аламосе. Свою лекцию Гамов начал очень странно: «Вот мы здесь в Америке решили, что поймали Бога за бороду, расшифровав структуру ДНК. А что, по сути, нового мы этим сказали? Ну, подвели научную базу под общеизвестный факт, что в семье какого-нибудь Джона и Мэри рождается сын, похожий на Джона. Не более того. А тем временем в России великий естествоиспытатель Трофим Денисович Лысенко пошел неизмеримо дальше!»

При этих словах аудитория замерла, решив, что у докладчика не все в порядке с головой. До научной общест-венности США дошли сведения о сессии ВАСХНИЛ 1948 года, посвященной борьбе с «буржуазной лженаукой» генетикой. Гамов же невозмутимо продолжал: «Своими гениальными опытами по воспитанию растений и изучению влияния окружающей среды на потомство Лысенко не только объяснил, почему у Мэри обычно рождаются дети, похожие на ее мужа Джона. Он смог также объяснить те случаи, когда у Мэри рождаются дети, похожие на соседа Билла!». Тут аудитория взорвалась аплодисментами.

Американский термояд

Американские секретные службы Гамову не доверяли по анкетно-бюрократическим причинам: в 1924 году Гамов преподавал в Ленинградской артиллерийской школе и формально числился командиром запаса Красной Армии (несколько лет он по бедности донашивал военный мундир). Поэтому к созданию ядерной бомбы он привлечен не был, а разработку термоядерной бомбы возглавил его протезе и ученик — эмигрант из Венгрии Эдвард Теллер. Если бы не честолюбие и не огромные орга-

низаторские усилия Теллера, то США и весь мир о термоядерном оружии не знали бы еще десятки лет. Гамов шутил, что без него дело все равно не обошлось. Не пригласи он Теллера в 1935 году в США, супербомбы наверняка не было бы. Позже, однако, Гамов был тоже допущен к термоядерному проекту.

После опубликования в середине 90-х годов мемуаров руководителя советской внешней разведки генерала НКВД Павла Судоплатова стало ясно, что недоверие ФБР к Гамову не было излишней перестраховкой. Советская агентура смогла найти «вербовочные подходы» к невозвращенцу. Это был стандартный метод сочетания кнута и пряника. У Гамова в СССР осталась родня. Ему прямо сказали, что если он пойдет на сотрудничество в деле атомного шпионажа, то его родственники станут получать в голодной стране дополнительные продукты пайки, а если нет в общем, пусть он подумает. Гамов подумал и согласился, но поскольку к секретным работам допуска тогда не имел, то переданная им информация особой ценности не представляла.

Личная жизнь Гамова в Америке не удалась. Красавица жена ушла. Он переехал из столичного Вашингтона в провинциальный университет (однако далеко не захолустный!) колорадского городка Боулдер. По слухам, в последние годы много пил. Умер в 1968 году, почти одновременно с другом молодости Ландау. В 1990 году Георгию Гамову посмертно вернули звание члена-корреспондента Академии наук СССР. В Одессе в последние годы регулярно проводятся астрономические школы и физические конференции, посвященные памяти выдающегося уроженца этого города.

Памятников Гамову не существует, только в Вашингтонском университете есть скромная мемориальная доска. Юрий Ранюк, которому удалось «выбить» средства на открытие памятного знака, посвященного 70-летию расщепления атома в УФТИ, теперь снова прилагает усилия для увековечения памяти Гамова в Харькове.



Школа как лаборатория

Что нужно сделать, чтобы наука стала интересной для ребенка, и как помочь ему реализовать себя? В разной форме этот вопрос задают многие учителя — кто себе самому, кто коллегам. А некоторые предлагают ответы. Вот один из ответов.

Если вы не думаете о будущем, возможно, оно для вас и не наступит.

Джон Голсуорси

Надо превратить школу в исследовательскую лабораторию. Это можно сделать, если научные знания являются частью жизни школьника, а учитель — носителем метода познания.

Как мы это делаем

Взрослые люди понимают, что в каждом ребенке есть свой мир увлечений и духовных интересов. Вопрос в том, как учителю найти этот мир и помочь ему существовать. Для этого учитель должен научить школьника методам научного познания, создать ему условия для самореализации, сформировать отношение к знанию как к ценности и помочь в профессиональной ориентации. В итоге учитель получит главный образовательный результат — высокую исследовательскую культуру выпускника. Но этого можно добиться, только если школа превращена в исследовательскую лабораторию.

Сейчас мы видим в школе пассивность школьников, массовую потерю культуры суждения и действия. Но социально защищен только широко образованный человек, способный, если потребуется, изменять область своей деятельности. Мы должны стремиться к тому, чтобы именно такими были наши выпускники. Кроме того, необходимо преодолеть разобщение естественнонаучного и гуманитарного компонентов культуры. Кое-где в России осознана необходимость перехода от традиционной школы воспроизведения знаний к школе мышления и развития. Почему же так медлен-

но происходит процесс движения к школе исследовательской культуры? Посмотрим, как относятся к этой проблеме педагоги.

Согласно результатам нашего опроса, 15% педагогов готовы формировать у школьников умения добывать новое знание, 12% хотят направлять свои силы на создание у школьников научного стиля мышления, 24% стремятся к развитию мотивов познания, 49% хотят наблюдать творческую активность школьника. Почему же при столь позитивной установке лишь 5–8% учебного времени отводится на творческую деятельность школьника? А ведь ученик на самом деле достаточно любознательный человек, в нем зачастую бурлит не находящий реализации инстинкт исследователя!

По-видимому, дело в программах, которые не ставят школьника в позицию исследователя. Однако и при существующих программах можно кое-что сделать. Для этого надо не разжевывать знания, а позволить ученику самому добывать их и уважать этот труд. Наша школа, Белгородская гимназия №1, накопила некоторый опыт такой деятельности.

Все началось с участия профильного химико-биологического класса во Всероссийском конкурсе ис-



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

следовательских проектов «Вода на Земле». Проектом занимался весь класс, ученики составляли сравнительные характеристики гидрохимических показателей местных водоемов. В исследовании участвовали ученые, учителя и родители. Каждый из педагогов связал тему со своим предметом: в курсе биологии изучали растения и организмы, обитающие в реке и околоводной зоне, на истории — события, связанные с предметом поиска, учителя географии и экологии помогли составить карту исследуемых рек с указанием предприятий-загрязнителей, на музыке разучивали обрядовые песни Белгородчины. Ученые руководили экспериментом с использованием более точного оборудования. Родители помогли с организацией экспедиций.

Такая организация работы позволила школьникам увидеть системный подход к решению сложных проблем, узнать много интересного, пообщаться с увлеченными наукой людьми, оказать практическую помощь заповеднику «Лес на Ворскле» — высадить 4000 саженцев дуба, выступить в печати с призывом охранять окружающую среду, выпустить и распространить экологические листовки. Ассоциация химического образования отметила наших конкурсантов специальным дипломом. А что досталось учителям? Дружный класс и ученики, которые хотят учиться.

«Вирус исследования» оказался вирулентным. В работу включились учителя литературы, информатики, физики и математики. Возникли различные предметные секции ученического научного общества гимназии. Сейчас в нем два отделе-



ния, естественнонаучное и гуманитарное, оба с большим количеством секций. Ученики могут работать не только в гимназии, но и в некоторых лабораториях вузов города. Ученые руководят исследованиями, родители помогают в поиске материалов для исследований и в самих исследованиях.

Школьники научились шире смотреть на учебный материал, привлекать литературные источники, в том числе периодическую печать, — это нужно, чтобы определить интересную тему для учебного исследования, найти информацию. Научились активно использовать интернет, обзавелись друзьями среди ученых, а также среди таких же любознательных юных исследователей.

От гипотезы — к открытию

Учитель на уроке или во внеучебное время дает информацию и формулирует проблему или вопрос — то, что может послужить темой исследования. На этом этапе важно, чтобы ученикам был интересен сам вопрос, чтобы он соответствовал их жизненному опыту. Далее учитель должен определить, как делать работу, что для нее нужно, какие есть материальные возможности, какой должна быть квалификация руководителя. Руководителем исследования может быть старшеклассник, учитель, родитель, научный работник вуза, любой квалифицированный специалист. Направляя познавательную деятельность ученика, мы учим его грамотно формулировать гипотезы и определять технологию поиска. Это происходит на уроке или на специальных занятиях лектория «Введение в научное исследование».

В нашей гимназии исследовательской деятельностью разной сложности занимаются учащиеся профильных классов, и существует

система консультантов-старшеклассников. Она позволяет сэкономить время учителя, а ученику почувствовать себя в роли руководителя, научиться сотрудничать, оценивать достижения других.

Важно научить будущего выпускника осмысливать приобретенные знания. Мы обсуждаем полученные результаты не только индивидуально, но и в коллективе. Ученики составляют по определенной схеме рецензии на исследования своих одноклассников или учащихся младших классов, анализируют рецензии на собственную работу. Коллективное обсуждение полученных результатов позволяет им понять критерии ценности работы, приобрести опыт ее осмысления, научиться представлять полученные результаты, осознать сложность получения познавательной информации, ставить новые задачи. В учениках просыпается уважение к науке, а их самих больше уважают сверстники.

Ученые за партой

Все итоги учебных исследований наши школьники выносят на научно-практическую конференцию в собственном классе во время зачетной недели. Оценка работы вместе с указанием темы исследования заносится в зачетную книжку гимназиста. Самые интересные исследовательские работы попадают на общегимназическую конференцию, здесь посвящают докладчиков в новые члены ученического научного общества, награждают книгами и дипломами. В дипломе всегда отмечены лучшие стороны работы. Критерии оценки известны заранее: глубина исследования, нестандартный подход к решению проблемы, оригинальность изложения, творческая активность, практическое значение исследования, ак-

туальность заявленной темы, ответы на вопросы.

Итоговая научно-практическая конференция — это высший руководящий орган ученического научного общества. На ней утверждают цели и задачи будущих учебных работ, подводят итоги. Такая организация работы помогает не только ученику, но и учителю. Ученик развивается как личность, учитель повышает свою педагогическую культуру. Каждый учитель нашей гимназии погружен в мир поиска ученика, его не надо заставлять заниматься педагогическими исследованиями, это получается само собой. И тогда учитель действительно становится учителем, носителем метода познания. Никто другой его в этом заменить не может. Так складывается единое научное сообщество гимназистов и учителей.

Чем бы дитя ни тешилось

Вот пример исследовательской работы, с которой успешно справились ученики белгородской гимназии. И вы можете — в школе или дома просто из интереса. Известно, что витамин С (аскорбиновая кислота) защищает организм, уменьшает частоту заболеваний дыхательных путей, увеличивает эластичность сосудов, способствует регенерации тканей, лучшему усвоению железа и нормальному кроветворению.

Человеческий организм, в отличие от подавляющего большинства животных, не синтезирует витамин С, а только получает его с пищей, главным образом с овощами, фруктами и ягодами. К сожалению, далеко еще не все люди внимательно относятся к своему здоровью: забывают о том, что витамин в организме не накапливается и не всегда его много в употребляемых продуктах питания.

Попробуем определить содержание аскорбиновой кислоты в соке. Она участвует в регулировании окислительно-восстановительных процессов углеводного обмена, обладая восстановительными свойствами. Значит, она может быть узнана веществами-окислителями. В качестве окислителя применим доступный для домашней и школьной лаборатории раствор иода. В этом случае протекает следующая реакция образования дегидроаскорбиновой кислоты:



Процесс выполните с помощью титрования. Чтобы узнать об окончании реакции, надо посмотреть на изменение цвета или какой-либо другой характеристики. В нашем случае конечная точка титрования определяется по началу появления свободного иода в растворе, который фиксируется раствором крахмала (синяя окраска). Поэтому перед началом анализа в анализируемый продукт добавляют крахмал. Появление устойчивой синей окраски (держится более 20 с после встряхивания раствора) означает конец титрования. Помните о сложении цветов — например, красный цвет анализируемого раствора в сочетании с синей окраской комплекса приведет к фиолетовому окрашиванию.

Для проверки методики и калибровки попробуйте оттитровать раствор витамина С известной концентрации. Это позволит вам найти коэффициент пересчета (количество мг витамина С, реагирующее с 1 мл раствора иода). Можно построить калибровочный график, по осям которого откладывают данные объемов растворов иода и концентрацию витамина. Для эксперимента можно использовать аптечные растворы аскорбиновой кислоты и растворы иода с известными концентрациями. Удобно 5%-ный раствор аптечного иода разбавить в 40 раз, раствор крахмала используется обычно 1%-ный.

Ученики нашей гимназии, изучая методы определения аскорбиновой кислоты с помощью иода, выяснили, сколько ее теряется при замораживании черной смородины, а также применили метод в обратном направлении — определили содержание иода в некоторых употребляемых в пищу растениях.

Можно ли получить аскорбиновую кислоту в домашних условиях? Да, ее можно извлечь из растительных продуктов. Небольшую навеску растительного продукта (10–20 г) измельчите ножом из нержавеющей стали и разотрите в фарфоровой ступке с добавлением 2%-ного раствора соляной кислоты (или 1%-ного раствора лимонной или щавелевой кислоты). Если вы будете использовать грубые ткани растений (шиповника или хвои), то растирание проводите с использованием стеклянного песка. Полученную массу с использованием стеклянной палочки и воронки перенесите в мерную колбу на 100 мл. Ступку ополосните этим же раствором кислоты и слейте его в ту же мерную колбу, доведите объем раствора до метки, закройте пробкой, встряхните и оставьте на 10 минут для более полного извлечения аскорбиновой кислоты.

Полученную вытяжку аскорбиновой кислоты следует отфильтровать, а затем поступить так же, как и при определении аскорбиновой кислоты в соках, взяв определенную пробу с помощью мерной пипетки. Расчеты следует провести с учетом соотношения объемов пробы и исходного объема вытяжки.

Чтобы узнать, что же происходит с витамином С при неправильной упаковке продуктов и их обработке, попробуйте усложнить эксперимент. Для этого вам придется найти посуду, содержащую металлы: железо, медь, алюминий. Поместите в нее исследуемые овощи на несколько часов, рассчитайте по предложенным выше методикам количество пропавшего витамина. Для этого, очевидно, вам придется узнать о его содержании до и после опыта.

Убедитесь в том, что витамин лучше сохраняется при добавлении в продукты лимонной кислоты, белка или крахмала. Подумайте, почему щелочная среда и доступ воздуха ускоряют его разрушение. Для этого вы можете провести небольшие опыты по взаимодействию аскорбиновой кислоты с раствором медного купороса, соды или щелочи. А затем повторите эти же опыты с добавлением профильтрованного куриного белка, а затем и лимонной кислотой.

Проведя подобные исследования, вы узнаете, какие сорта яблок бо-

лее богаты витаминами, почему зимой полезнее есть квашеную капусту, как приготовить из хвои витаминосодержащие настои на холодной воде с добавлением лимонной или аптечной соляной кислоты, какие соки полезнее пить, как разрушается витамин С. Вы получите много ответов, но важнее всего, что у вас возникнут вопросы.

Участие в исследовательской работе вызывает желание поделиться опытом. И ученики гимназии составили вот такой список рекомендаций.

1. Надо точно сформулировать тему, выяснить, что мы хотим определить, разбить исследование на этапы, построить план исследования. Затем обдумать приемы и технологию исследования. Помните, что первая идея редко бывает оригинальной.

2. Предложите как можно больше вариантов решения возникших задач. Для этого поищите связи предмета исследования с другими явлениями или объектами, путешествуйте в прошлое и будущее.

3. Записывайте все пришедшие в голову идеи, чтобы потом оценить их. Это надо делать обязательно, иначе можно потерять хорошую идею.

4. Оригинальная идея иногда в первый момент воспринимается как недостойная внимания. Но даже хорошая идея — не решение проблемы, а путь к нему.

5. Оцените достоинства и недостатки предлагаемых путей решения.

6. Наиболее ценно простое решение возникших задач.

7. Если долго не удастся найти простое решение исследовательской проблемы, подумайте о расширении области поиска, поищите другие подходы к проблеме.

8. Выполнив исследование, подумайте о возможном продолжении поиска. Посмотрите, что не было учтено в ходе решения.

9. Если что-то не получилось, проанализируйте причину неудачи.

10. По ходу работы делайте записи: они потребуются при осмыслении результатов.

Так что наши ученики не просто ведут те или иные исследования, но и пытаются извлечь из этой деятельности какой-то общий, методологический опыт.

Г.В.Макотрова

Катушка, магнит, свет, жулики

В редакцию поступил следующий вопрос:

В продаже появились «вечные фонарики», «индукционные фонарики» и т. п. Судя по описанию и по тому, что видно через прозрачный корпус, внутри катушки движется магнит и индуцирующееся напряжение после выпрямления заряжает конденсатор, а от него питается светодиод. Но при разряде конденсатора напряжение падает плавно, и логичнее было бы заряжать не конденсатор, а аккумулятор. Причем в фонаре можно разглядеть какие-то два диска — не аккумуляторы ли это?

Прежде всего, это все же не аккумуляторы, а батареи (литиевые, на 3 вольта). Но конденсатор в фонаре тоже есть, 0,1 Ф на 5,5 В (0,1 фарады — это не опечатка!). При энергичном трясении фонаря конденсатор заряжается до примерно 4,5 В (дольше нескольких секунд трясти бесполезно, и важна, естественно, скорость движений). Поэтому свежескупленный фонарик работает за счет батареек, а когда продавец говорит вам, что «потрясли минуту — работает час», он лукавит (правда, изготовитель ничего подобного и не обещает, так что это вранье придумано на месте). Когда батарейки сядут (или если вы их вытащите), вы немедленно убедитесь, что правильнее было бы говорить: «Потрясли десять секунд — работает минуту». Да и светит намного слабее, чем с батарейками. Посчитайте сами, на сколько хватит заряженного конденсатора при токе разряда 10 мА.

Можно ли сделать такой фонарик действительно на аккумуляторе? Можно. Для этого надо поставить аккумулятор на 5 В, немного увеличить количество витков в катушке, чтобы генерировать напряжение, скажем, 6–7 В и заряжать аккумулятор, тряся фонарь. Если же вы все-таки захотите приобрести это изделие, не вздумайте покупать его в интернет-магазинах или в магазинах дорогих подарков. На радиорынках он стоит в несколько раз меньше — от 300 рублей.

И еще: конденсатор емкостью 0,1 фарады — непростой. Называется эта вещь «ионистор», и об этом схемном элементе, его оригинальной физике и сложной истории мы напишем отдельно.

Л.Намер



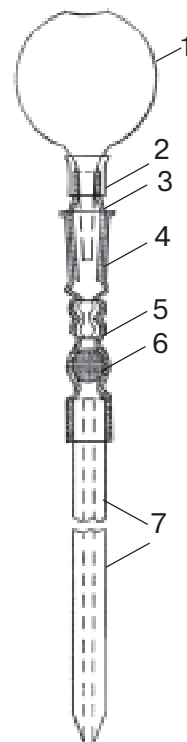
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

Устройство для наполнения пипеток

Одна из самых частых операций в лабораторной практике — отбор проб различных жидкостей и отмеривание их объема. Для этого разработаны специальные устройства (см. «Химию и жизнь», 1988, № 11 и 1993, № 4). Их удобно использовать при массовом отборе проб и отмеривании объемов одного реагента, но если нужно работать с разными жидкостями, то манипуляции становятся трудоемкими. Приходится каждый раз отсоединять эти устройства от пипетки и присоединять к следующей. Предлагаемое устройство это неудобство устраняет. Оно состоит из взаимозаменяемых конусных шлицов — муфты 4 с оттянутой оливой и керна 3 с отводом; отрезков резиновой трубки 2 и 5; стеклянного шарика 6 и резиновой груши 1 (см. рис.). При сборке устройства отводную трубку резиновой груши 1 вводят в полость керна 3 через его верхний конец и закрепляют трубкой 2. Далее на оливу муфты надевают трубку 5 и помещают в ее полость стеклянный шарик 6.

Чтобы устройство начало работать, надо вставить верхний конец пипетки 7 в свободный конец трубки 5, погрузить нижний конец пипетки в сосуд с отбираемой жидкостью, сжать грушу 1 и вставить соединенный с ней керн 3 в муфту 4, затем сжать пальцами трубку 5 в месте расположения шарика 6 (груша самопроизвольно разжимается) и засосать жидкость в пипетку 7. Далее надо освободить трубку 5, извлечь керн 3 с соединенной с ним грушей 1 из муфты 4, вынуть пипетку 7 из сосуда с отбираемой жидкостью, снова сжать пальцами трубку 5 и слить отобранную жидкость в сосуд. Слить из пипетки 7 остатки жидкости можно, сжимая грушу и одновременно — трубку в месте расположения шарика.

Комплект, состоящий из нескольких муфт с надетыми на их оливы трубками и одной груши с керном, позволяет наполнять различные пипетки разными жидкостями. Необходимо только, чтобы входящие в комплект муфта 4 и керн 3 были совместимы.



Кандидат
химических наук
М.Ф.Кесаманлы,
Баку

Камни и пылинки внутреннего уха

Доктор биологических наук
Д.В.Лычаков

В статье доктора химических наук С.С.Бердоносова и И.В.Знаменской «Цветочки для Дюймовочки» («Химия и жизнь», 2004, № 6) приведены фотографии микрокристаллов карбоната кальция CaCO_3 в форме кальцита, арагонита и ватерита. Как пишут авторы, «простые неорганические соединения часто поражают воображение необычной формой своих аморфных и кристаллических частиц». Однако мало кто знает или помнит, что у животных, в том числе и у нас с вами, кристаллические модификации CaCO_3 можно обнаружить в отолитовых органах вестибулярного аппарата внутреннего уха (рис. 1).

Речь идет о так называемых отолитах и отокониях. Эти термины образованы от греческих слов *us*, родительный падеж *otos* — ухо, *lithos* — камень, *konion* — пыль. По форме отолиты и отоконии не менее разнообразны, чем выращенные в пробирке микрокристаллы карбоната кальция, однако по размерам могут превосходить их на несколько порядков (см. фотографии к этой статье). Кроме того, в отличие от неживых кристаллов, ушные камни и ушная пыль содержат помимо минеральной компоненты органические вещества.

По определению одного из основателей отечественной биоминералогии Алексея Александровича Кораго, отолиты и отоконии, так же как и скорлупа птичьих яиц, зубы, кости, экзоскелеты моллюсков, относятся к физиогенным органо-минеральным агрегатам. В противоположность патогенным образованиям — желчным, почечным, зубным и прочим «нехорошим» камням — физиогенные выполняют жизненно важные функции. Специальные биохимические механизмы обеспечивают их образование в нужное время и в нужном месте. При этом органические вещества отоконий и отолитов (в первую очередь белки) контролируют развитие минеральной компоненты, определяют состав, структуру и форму агрегатов.

Обширное исследование отолитов и отоконий с помощью поляризационного микроскопа и рентгеноструктурного анализа, выполненное в 1963 году шведским ученым Диего Карльстромом, показало, что отоконии у разных видов животных ведут себя как поли- или монокристаллы и состоят из арагонита или кальцита, реже ватерита. Отолиты же подобны поликристаллам и состоят из арагонита, реже ватерита. Согласно современным данным, отоконии и отолиты образованы мельчайшими микрокристаллами диаметром от 0,05 мкм, объединенными органическим веществом.

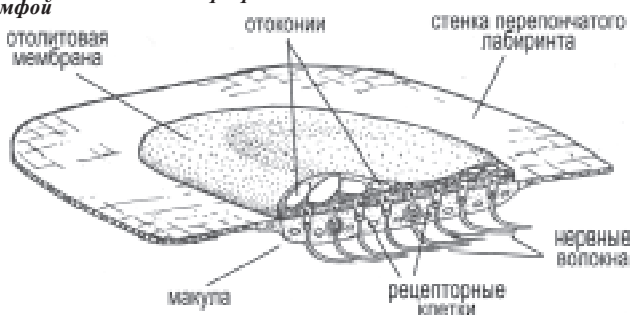
В целом отолиты и отоконии позвоночных разных классов и видов чрезвычайно сильно варьируют по форме, размерам, массе и типу упаковки. Однако, прежде чем перейти к разбору причин этого разнообразия, скажем несколько слов об истории изучения вестибулярного аппарата и о структуре и функции отолитовых органов.

Скрытое чувство

...Так, век за веком — скоро ли,
Господь? —
Под скальпелем природы и искусства,
Кричит наш дух, изнемогает плоть,
Рождая орган для шестого чувства.

В отличие от хорошо известных пяти органов чувств, шестому сенсорному органу, вестибулярному аппарату, явно не повезло. Мы постоянно используем информацию, поступающую от него, — как для поддержания равновесия и координации, так и для регуляции движения глаз при перемещении, чтобы сохранить стабильное изображение на сетчатке. Порой мы страдаем от его работы — когда нас укачивает. Однако большинство людей не подозревают или не вспоминают о его существова-

1
На одном рисунке схематично показано положение костного лабиринта внутреннего уха (сильно увеличен): полукружные каналы (1), отолитовые органы (2), костная улитка (3). Костный лабиринт представляет собой, по сути дела, полость в височной кости. В этой полости находится перепончатый лабиринт (не показан). Перепончатый лабиринт имеет еще более сложную форму, он полностью замкнут и заполнен эндолимфой



нии и обычно говорят о «пяти чувствах». (На самом деле за восприятие прикосновения, тепла, холода отвечают разные рецепторы, объединенные в чувство осязания, а у рыб есть также механо- и электрочувствительные органы боковой линии. Так что чувство прекрасного, воспетое Николаем Гумилевым, могло бы иметь даже больший порядковый номер.)

Ушной лабиринт еще в начале нашей эры описал римский врач и естествоиспытатель Клавдий Гален (129–201) (рис. 1). Первые четкие рисунки отолитов рыб и сведения о кальциевых включениях в ухе человека появились в XVIII веке. Однако вплоть до начала XX века точная функциональная роль вестибулярного аппарата была неизвестна. Прежде всего потому, что при нарушениях равновесия и прочих вестибулярных расстройствах человек не может связать их с определенным органом или местом в теле, как при нарушениях зрения, обоняния, вкуса, слуха или осязания. Неудивительно, что еще в конце XIX века полукружным каналам и отолитовым органам приписывали различные слуховые функции: усиление или восприятие звука, восприятие шума, определение направления звука. Эти ошибочные представления до сих пор отражены в терминах «отолит», «отоконии», которые произошли от слова «ухо» — «то, с помощью чего слушают». Только в начале XX века стало окончательно ясно, что отолитовые органы и полукружные каналы служат, как предполагал еще в 1870 году немецкий физиолог Фридрих Гольц (цитирую по В.М.Бехтереву), источником особого рода *бессознательных* ощущений, которые оказывают влияние на состояние чувства равновесия головы и всего тела.

На другом рисунке схематично показан участок утрикулуса млекопитающего в разрезе



3
Схема эволюции отолитовой мембраны

4

Отоконии речной миноги имеют сферическую форму и состоят из аморфного апатита. Сканирующая электронная микроскопия. Длина полоски (масштаб) соответствует 10 мкм

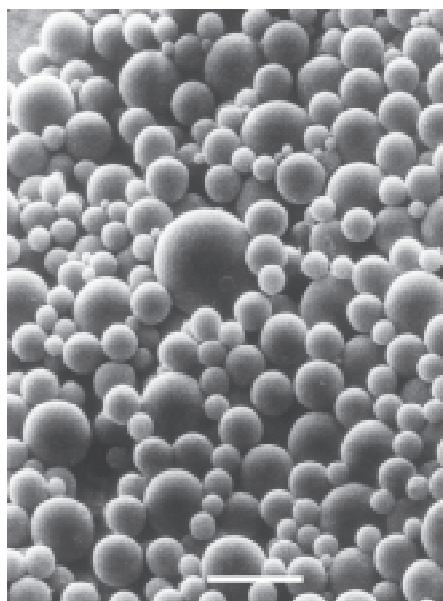
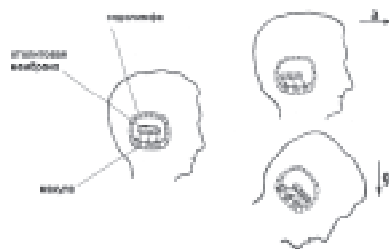
Сегодня функциональная роль рецепторных структур внутреннего уха установлена достаточно четко. Согласно современным представлениям, улитка воспринимает звуковые колебания, полукружные каналы реагируют на угловые ускорения, а отолитовые органы — на линейные ускорения (рис. 1). Способность реагировать только на определенные механические стимулы обеспечивают, во-первых, особая архитектура лабиринта, во-вторых, высокочувствительные механорецепторные волосковые клетки и, в-третьих, специальные внеклеточные кроющие структуры (в отолитовом органе — мембрана), которые располагаются над рецепторными клетками и контактируют с их чувствительными волосками.

Механика уха

У человека в каждом внутреннем ухе есть два отолитовых органа — маточка (утрикулус) и мешочек (сакулус). Они заполнены специальной жидкостью — эндолимфой. В каждом отолитовом органе имеются рецепторные волосковые клетки, собранные вместе в виде пятна (макулы) на одной из стенок органа. Если человек стоит прямо, то макула утрикулуса в каждом ухе располагается примерно в горизонтальной плоскости, а макула сакулуса — в вертикальной плоскости. Со стороны эндолимфы макула покрыта крупным внеклеточным образованием — отолитовой мембраной (рис. 1). Она представляет собой желеобразный слой, в который впаяно множество мелких отоконий или один крупный отолит. Эти кристаллические включения называются «отолитовый аппарат».

2

Схема работы отолитовых органов. Утрикулус в разрезе сильно увеличен. Над макулой с рецепторными клетками, снабженными пучком чувствительных волосков, располагается содержащая отоконии отолитовая мембрана. При действии линейных ускорений а или силы тяжести g отолитовая мембрана смещается параллельно поверхности макулы



Отолитовые органы работают как механические акселерометры. В роли маятника выступает мембрана: за счет кристаллических включений ее плотность примерно в 2,5 раза выше, чем у эндолимфы. Под действием линейных ускорений, возникающих при ускоренном движении или наклоне головы, отолитовая мембрана смещается, скользит по поверхности макулы (рис. 2). При этом упругие пучки волосков рецепторных клеток, прикрепленные своими концами к мембране, отклоняются от нейтрального положения. Чем больше наклон, тем сильнее изменяется электрический потенциал рецепторной клетки и тем сильнее ее ответ. Изменение потенциала, в свою очередь, вызывает изменение импульсации в нервных волокнах, контактирующих с рецепторными клетками. Так механический стимул преобразуется в нервные сигналы, которые кодируют информацию о силе, направлении и частоте действующего ускорения.

У рыб отолитовые мембраны смещаются также под действием звуковых колебаний. Тело рыбы практически прозрачно для звука, поэтому колеблется в звуковом поле, как и окружающая вода. Отолиты, будучи более плотными структурами, отстают в своем



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

движении от колебаний тела рыбы. В результате они смещаются относительно макулы, и рецепторные клетки возбуждаются. Таким образом, у рыб отолитовые органы выполняют сразу две функции — и органа равновесия, и органа слуха. Лишь некоторые виды рыб, так называемые «слуховые специалисты», используют при восприятии звука плавательный пузырь и другие специализированные структуры, такие, как веберовы косточки. Однако и у этих рыб звуковые колебания в конечном счете передаются к отолитовым органам, и далее преобразование звука идет по схеме, описанной выше.

Но почему отолитовая мембрана, при всей видимой простоте ее функциональной задачи, столь сильно варьирует у разных групп животных? Почему, например, масса отолитовой мембраны сакулуса у взрослого человека равна 61,9 мкг, а у курицы 83,5 мкг? Почему у черноморского ласкиря, рыбки длиной 11,5 см, сакуллярный отолит имеет массу 14,1 мг, а у черноморской сельди, при тех же размерах тела, только 0,58 мг? Почему костистые рыбы используют для построения отолита арагонит, а осетровые — ватерит? Почему в отолитовой мембране млекопитающих можно найти только ушные пылинки отоконии, а в отолитовой мембране почти у всех костистых рыб встречаются исключительно ушные камушки отолиты? Список вопросов можно продолжить, и он неуклонно растет по мере накопления новых сведений.

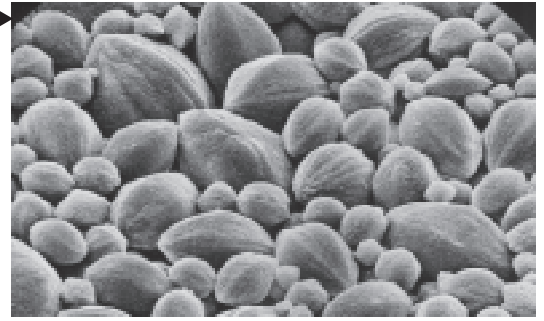
Сразу следует сказать, что многие вопросы до сих пор не нашли полного и точного решения. Тем не менее исследования, недавно проведенные в нашем Институте эволюционной физиологии и биохимии РАН (Санкт-Петербург), позволили выдвинуть несколько гипотез.

Миноги и рыбы: эволюция в воде

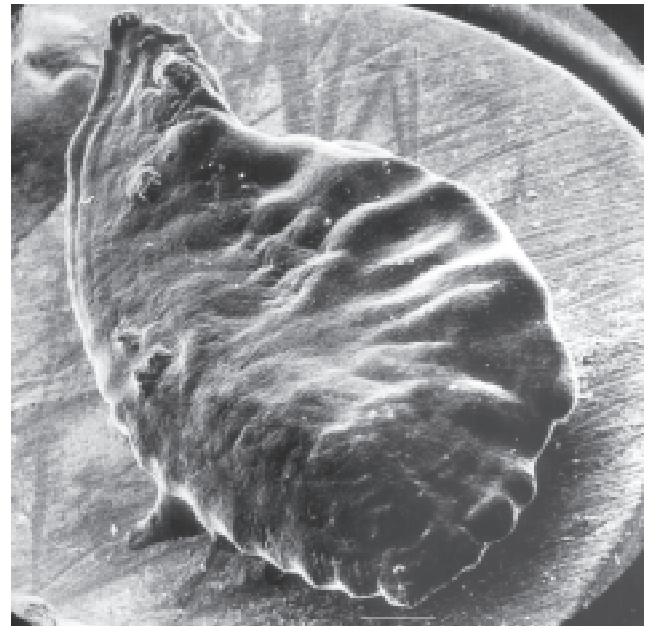
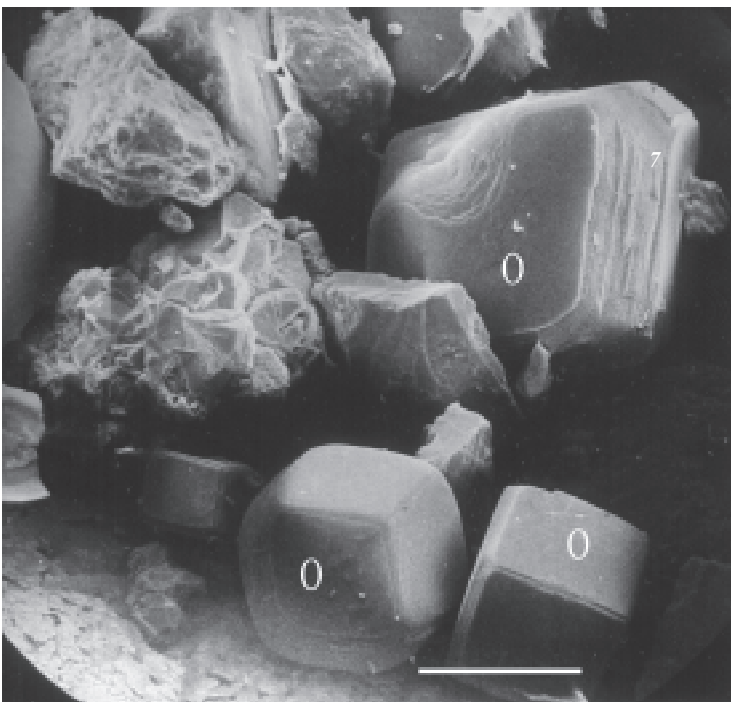
На рис. 3 представлена схема эволюции отолитовой мембраны. В основание этой схемы положена гипотетическая отолитовая мембрана предков позвоночных. Она, вероятно, представляла собой тонкую пластинку, состоящую из мно-



5
Отолит речной миноги образован слившимися отокониями.
Масштаб 100 мкм



6
Отоконии скала морской лисцы имеют ореховидную форму, они ведут себя при кристаллографическом анализе как поликристаллы и состоят из арагонита.
Масштаб 10 мкм



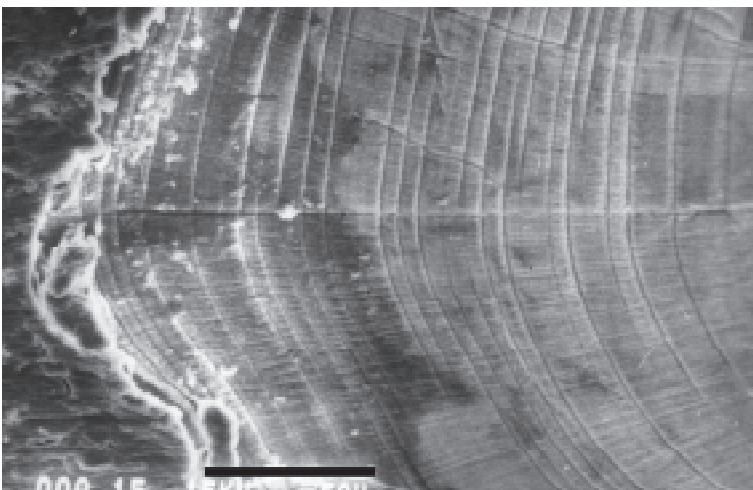
8 ▲
Саккулярный отолит черноморской ставриды.
Масштаб 500 мкм

9
Лагенарный отолит налима.
Масштаб 200 мкм



10
Шлиф саккулярного отолита гуппи (слева край отолита).
Масштаб 50 мкм

7 ▲
У черноморской акулы катрана часть отоконий образуется внутри отолитового органа (они обозначены буквой O). Слева показаны песчинки, имеющие неровную поверхность и попадающие в отолитовый орган из внешней среды. Масштаб 50 мкм



жества эндогенных (то есть образованных внутри организма) отоконий.

Наиболее близка к предковой отолитовая мембрана миног, этих древнейших позвоночных. (Европейская речная минога обитает в Финском заливе и имеет, кстати, промышленное значение.) На рис. 4 представлен участок отолитовой мембраны речной миноги. Помимо сферических отоконий, у миног имеются и более крупные образования — отолиты (рис. 5). Как показал Диего Карльстром, отолиты и отоконии миног состоят не из карбоната, а из фосфата кальция (апатита), причем аморфного. Отолиты постоянно растут за счет присоединения к их основанию все новых шарообразных отоконий, которые сливаются друг с другом, образуя единую массу. Мы выделили отолиты миног в особую группу и назвали их «единицами аморфными отолитами».

С появлением в процессе эволюции челюстноротых (к ним относятся все позвоночные, начиная с хрящевых рыб) в отолитовой мембране произошла замена аморфного фосфата кальция на кристаллический карбонат кальция (рис. 3). Предполагается, что причиной этому было появление у челюстноротых костной ткани, основной минерал которой — именно апатит. Смена минерала и соответствующая смена белков органической компоненты уменьшила роль специальных гуморальных влияний, контролирующих процессы обмена в костной ткани, и таким образом кристаллы внутренне-го уха обрели стабильность.

С переходом к кристаллическому CaCO_3 резко увеличилась концентрация неорганической компоненты в отолитовом аппарате. Согласно расчетам, которые автор статьи сделал совместно с кандидатом биологических наук Е.А.Лавровой, у речной миноги минеральная компонента составляет менее 53,7% от массы отолитов, а в отоли-

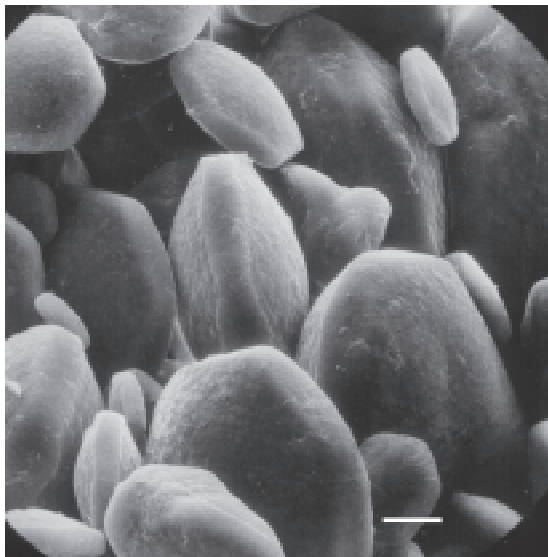
тах и отокониях челюстноротых — от 84,8 до 99,8%.

Однако кристаллические отоконии потеряли способность сливаться друг с другом и образовывать единые отолиты. Но отолитовая масса должна расти, пока растет рыба. (Зачем это нужно, будет сказано чуть позже.) Поэтому у челюстноротых возникают отолиты нового типа, которые мы назвали «композиционными отолитами»: крупные конгломераты индивидуальных отоконий, связанных между собой желеобразным веществом. С ростом животного масса такого отолита увеличивается за счет включения новых отоконий.

Композиционные отолиты впервые появляются у хрящевых рыб (рис. 3). Образующие их отоконии у различных видов акул и скатов могут сильно отличаться по форме, размеру, внутренней и кристаллической структуре. В большинстве случаев отоконии представляют собой поликристаллы арагонита (рис. 6). Однако у черноморской акулы катрана они образованы кальцитом и ведут себя в скрещенных поляроидах как монокристаллы (рис. 7).

У некоторых пластиножаберных рыб та же роль, что отоконии эндогенного происхождения, играют песчинки, которые попадают в лабиринт через узкий эндолимфатический канал, выходящий на поверхность головы животного (рис. 7). Такой способ утяжеления отолитовой мембраны уникален для позвоночных. В то же время использование песчинок характерно для многих беспозвоночных животных. Интересно, что у них, как и у рыб, с ростом тела увеличивается общая масса песчинок в органах равновесия — это, в частности, показала кандидат биологических наук Т.А.Харкеевич, исследуя «ухо» речного рака.

Разнообразие способов утяжеления мембраны у хрящевых рыб говорит о том, что формирование отолитового аппарата на этом этапе эволюции еще не завершено. О том же свидетельствует и не всегда полное разделение у них мембран утрикулуса и саккулюса (как, например, у морского kota — этот вид ската обитает в Черном море).



11
*Отоконии шипа, относящегося к осетрообразным, имеют линзообразную форму и состоят из ватерита.
Масштаб 10 мкм*



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

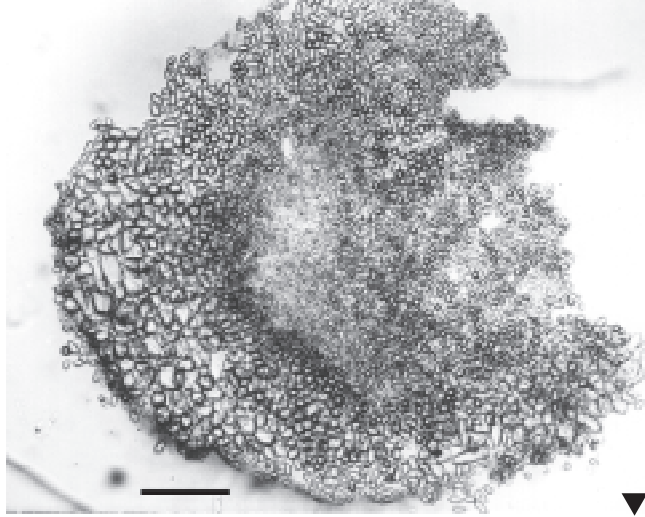
У костных рыб появляется еще один эволюционно новый тип отолита, который мы назвали «единым поликристаллическим отолитом» (рис. 3). Каждый из них — это постоянно растущий твердый камушек (рис. 8, 9). Растет он за счет того, что на поверхности откладываются тончайшие слои кристаллического карбоната кальция и органических веществ. Слоистость отолитов видна на шлифах — они напоминают срезы ствола дерева (рис. 10). Толщина слоя, его состав, наличие в нем примесных элементов очень сильно зависят от условий обитания. Например, зимой, при плохом питании, в каждом слое откладывается меньше карбоната кальция. Такие слои бывают тоньше, чем летние. Взятые вместе, слои образуют месячные, летние, зимние кольца. Они различаются по содержанию CaCO_3 и органических веществ и поэтому имеют разные оптические свойства, а следовательно, хорошо видны под световым микроскопом. Подсчитывая число слоев и колец, ихтиологи могут определить возраст рыбы — иногда с точностью до суток!

Порции CaCO_3 откладываются неравномерно не только во времени, но и в пространстве. Поэтому слои роста в разных участках отолита имеют неодинаковую толщину и отолиты могут принимать самые разнообразные формы (рис. 8, 9). Эта форма может служить одним из признаков при определении вида рыбы. У большинства костных рыб отолиты состоят из арагонита и только у осетрообразных рыб — из ватерита.

Следует отметить, что композиционные отолиты окончательно заменяются цельными только у сравнительно молодой и самой многочисленной группы костных рыб — у настоящих костистых рыб *Teleostei*, к которым относятся хорошо известные нам карпы, гуппи, щуки и т. д. А вот у более древних осетрообразных рыб в саккулюсе есть и единый поликристаллический отолит, и отоконии, а в утрикулусе и лагене (это третий отолитовый орган, характерный для всех позвоночных, кроме млекопитающих) — композиционные отолиты. Интересно, что отоконии у осетрообразных рыб имеют линзообразную форму и состоят из ватерита, то есть из наименее стабильной кристаллической модификации CaCO_3 (рис. 11).

12

Выделенная и распластанная на предметном стекле отолитовая мембрана утрикулюсы крысы. Хорошо видно, что крупные и мелкие отокоци сгруппированы в разных областях; центральная часть имеет наименьшую толщину. Световая микроскопия. Масштаб 100 мкм



О рыбах больших и маленьких

Рассматривая нижнюю «подводную» часть схемы на рис. 3, можно видеть, что в процессе эволюции у низших позвоночных усиливается интеграция отолитового аппарата. Какой же в этом смысл? Зачем рыбам цельные постоянно растущие отолиты? Ведь не для того же, чтобы ихтиологи по спилам могли считать число приростов и определять возраст рыбы?

Чтобы ответить на этот вопрос, автор совместно с кандидатом физико-математических наук Ю.Т.Ребане из Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе РАН (Санкт-Петербург) создали математическую модель движения отолита при вестибулярных и звуковых стимулах.

Прежде чем перейти к результатам моделирования, напомним, что рыбы, в отличие от нас с вами, растут и после достижения половой зрелости. Непрерывный рост дает значительные преимущества: с увеличением тела увеличивается количество половых продуктов, которые производит особь, к тому же у большой рыбы меньше врагов и больше шансов выжить. С ростом у рыб происходят не только количественные, но и качественные изменения. Для нас важно, что, во-первых, чем крупнее рыба, тем более низкочастотные звуки она издает, а во-вторых, с ростом рыбы меняются гидродинамические характеристики ее тела, роль сил вязкости, препятствующих движению в воде, уменьшается, а силы инерции приобретают решающее значение.

Выше отмечалось, что отолитовые органы рыб выполняют сразу две функции: вестибулярную и слуховую. Значит, у этих органов с ростом рыбы должна повышаться чувствительность к звукам более низких частот (чтобы общаться с себе подобными) и к линейным ускорениям — более крупной рыбе приходится точнее контролировать свои движения, чем маленькой, иначе при остановках, рывках, поворотах она по инерции будет проскакивать нужную точку.

Математическое моделирование движения отолита показало, что увеличение его массы как раз и обеспе-

чивает нужные изменения. Отолитовый орган может реагировать на все более и более слабые ускорения. Кроме того, увеличивается его разрешающая способность: рыба с более крупными отолитами способна лучше различать разницу между двумя близкими по величине ускорениями. Наконец, максимум чувствительности отолитового органа к звуковым колебаниям сдвигается в сторону низких частот.

Таким образом, появление в ходе эволюции постоянно растущих отолитов дало возможность модифицировать характеристики отолитовых органов, сдвигая их настройку в нужную сторону. Красивое решение задачи!

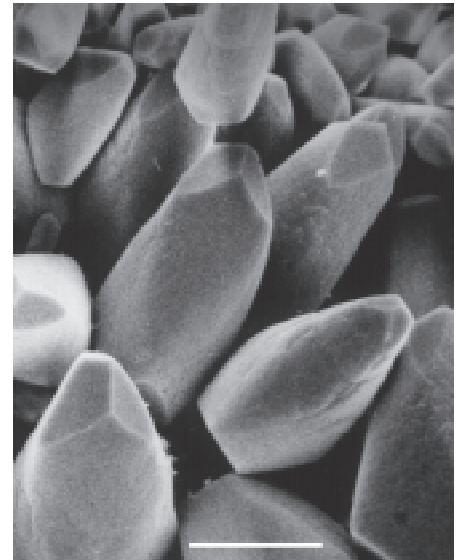
Заметим, что смена одного типа отолита на другой каждый раз улучшала функциональные характеристики отолитовых органов. Единый кристаллический отолит — своего рода вершина «технических достижений» эволюции в этом направлении. В таких отолитах плотность минерального вещества наивысшая, что позволяет наиболее эффективно использовать объем отолитовой мембраны, обеспечивая максимальную чувствительность. Кроме того, у рыб появляется возможность использовать форму отолита: наши расчеты показали, что от нее может зависеть способность рыбы определять положение источника звука.

Четвероногие: эволюция на суше

Появление тетрапод — четвероногих и выход позвоночных на сушу сопровождался многочисленными приспособительными изменениями в организме. Изменения конечно же коснулись и отолитовых органов. У тетрапод вначале в утрикулюсе, а затем и во всех трех отолитовых органах появляется новый тип отолитовой мембраны, которую мы назвали «структурно дифференцированной» (рис. 12). Она представляет собой тонкую нежную пластинку, в которой все структуры — и слой отокоциев, и желеобразный слой, а также пучки чувствительных волос-

13

Отокоци морской свинки. Масштаб 10 мкм



ков, связанные своими вершинами с отолитовой мембраной, — закономерным образом меняют свое строение в плоскости мембраны и макулы.

Важнейшая особенность отолитовой мембраны этого типа состоит в том, что ее формирование завершается на ранних стадиях онтогенеза. Так, согласно измерениям американских ис-

14

Композиционный отолит саккулюсы геккона состоит из множества отдельных отокоциев. Масштаб 500 мкм





15

*Отоконии саккулюса жабы
(монокристаллы арагонита).
Масштаб 10 мкм*



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

следователей во главе с Чарльзом Райтом, выполненным еще в конце 70-х годов, масса и площадь отолитовой мембраны в саккулюсе и в утрикулюсе человека достигают «взрослого» значения к концу беременности и в дальнейшем не меняются.

Отоконии структурно дифференцированной отолитовой мембраны имеют характерное бочкообразное тело и заканчиваются с двух сторон тремя гранями, сходящимися у вершины (рис. 13 — отоконии морской свинки). При кристаллографическом анализе отоконии ведут себя как монокристаллы кальцита, то есть содержат самую устойчивую кристаллическую модификацию CaCO_3 . Это обеспечивает стабильность всей структуры в течение жизни.

Следует отметить, что у низших тетрапод — амфибий и рептилий — в саккулюсах сохраняются композиционные отолиты (рис. 14), схожие с отолитами двоякодышащих рыб. Отоконии, образующие эти отолиты, также имеют призматическую или веретенообразную форму и ведут себя при кристаллографическом анализе не как поли-, а как монокристаллы арагонита (рис. 15). Учитывая, что у тетрапод с двоякодышащими рыбами были общие предки, можно предположить, что в саккулюсе низших тетрапод композиционный отолит используется как готовая структура, перешедшая от древних лопастеперых рыб (рис. 3).

Отолитовые органы тетрапод, содержащие разные морфологические типы отолитовых мембран, различаются и функционально. Те, что содержат композиционные отолиты, сходны с отолитовыми органами рыб. Они отвечают и на вибрацию, и на звуковые стимулы. Как и у рыб, с ростом животного и увеличением массы отолитов слуховая чувствительность сдвигается в сторону низких частот.

Напротив, отолитовые органы со структурно дифференцированными мембранами выполняют только вести-

булярную функцию. Разные участки такой мембраны имеют разную массу, а подлежащие пучки волосков — разную жесткость. Благодаря этому различные участки мембраны обладают разной чувствительностью, быстродействием и разрешающей способностью.

Возникает вопрос: почему у тетрапод появился новый тип отолитовой мембраны, почему они не использовали столь совершенную структуру, как единый кристаллический отолит? Почему у высших позвоночных — птиц и млекопитающих — не сохранились композиционные отолиты?

Появление структурно дифференцированной отолитовой мембраны связано в первую очередь с выходом тетрапод на сушу. Воздушная среда обитания имеет гораздо меньшую плотность и вязкость, чем вода, поэтому уже с первых дней жизни наземному существу нужна высокочувствительная и быстродействующая система анализа ускорений. Кроме того, у наземных позвоночных по сравнению с рыбами расширился диапазон ускорений, с которыми они стали встречаться в жизни.

Ориентироваться в этих новых условиях, используя как основу отолитовые органы рыб, можно было бы, только увеличив их число в лабиринте, чтобы каждый отолитовый орган был настроен на работу в особом диапазоне ускорений, от едва заметного до очень сильного, при ударе. При этом самые чувствительные органы с крупными отолитами должны сформироваться к моменту рождения особи. Однако развитие такого органа в течение эмбрионального периода, по-видимому, просто невозможно — рост крупных отолитов требует много времени и места. У тетрапод реализовалась другая программа: в пространстве одной мембраны и макулы стали согласованно изменяться масса отоконий и упругость пучков волосков. Таким образом, система «отолитовая мембрана — макула» даже в одном отолитовом органе смогла охватить весь диапазон ускорений и приобрела необходимые чувствительность и быстродействие.

Потеря отолитов связана также с тем, что отолитовые органы, как уже упоминалось, постепенно утрачивали слуховую функцию. Уже у амфибий

имеются специализированные органы слуха, в которых нет кристаллических включений, а используются другие принципы возбуждения рецепторных слуховых клеток. Вершиной этого направления в эволюции можно считать кортиев орган млекопитающих. Но о его фантастической чувствительности и других поражающих воображение свойствах следует говорить особо.

Заключение

Еще раз взглянув на схему эволюции, читатель, возможно, согласится, что в целом ход эволюции отолитовой мембраны может служить иллюстрацией известного философского закона развития по спирали, когда одна структура отрицается другой и так далее: тонкая однородная пластинка сменяется массивным отолитом, на смену которому, в свою очередь, приходит тонкая пластинка, структурно дифференцированная, — по сути дела, качественное преобразование первой, исходной структуры.

Куда же пойдет дальше этот процесс и можно ли ожидать, что с завоеванием новой среды обитания, например с резко пониженной силой тяжести, кристаллические включения будут вновь меняться, обеспечивая наилучшее приспособление отолитовых органов для анализа ускорений? Автору неоднократно приходилось участвовать в космических экспериментах, а также в наземных опытах на центрифугах, имитирующих условия повышенной гравитации, целью которых было выяснить, как подобные условия влияют на отолиты и отоконии у развивающихся и взрослых животных. Однако эти опыты по своей идеологии были далеки от «обрубания хвостов»: никто не ждал, что у животных после пребывания в космосе начнет появляться потомство с иным строением слухового и вестибулярного аппаратов. Цель экспериментов была вполне прозаической: анализ возможных патологических сдвигов, связанных с пребыванием в чуждой и враждебной среде. Поэтому ответа на поставленный выше вопрос у нас, конечно, нет.





НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

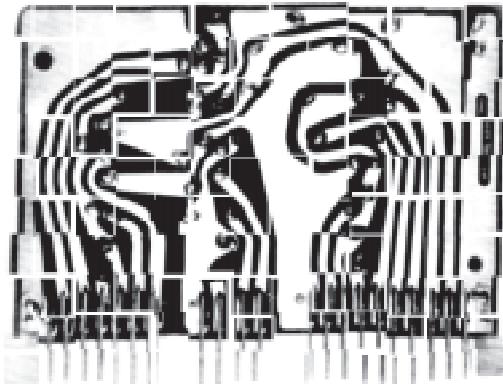
Клинопись будущего

Столетиями сохраняют записанную информацию микросхемы, сделанные на основе сегнетоэлектриков, причем без всякой энергетической подпитки. Устройства на основе тонких пленок этих удивительных материалов помогут проследить путь животного или птицы на протяжении всей их жизни, проконтролировать перемещение ценного груза и найти потерянную или украденную вещь, даже если с момента пропажи прошел не один год. Информация об этой разработке ученых из Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе размещена в интернете, в разделе перспективных исследований базы данных Международного научно-технического центра (v.yarmarkin@mail.ioffe.ru).

Не бумага и не кожа, а глиняные таблички с палочками-символами и картинками сохранили для потомков и жизнеописание царицы, записочки влюбленных далекого прошлого. Возможно, в будущем долгосрочные хранилища памяти тоже станут делать на основе слоев керамики. Разумеется, это будут очень тонкие слои совершенно особенной керамики. Той, что называют сегнетоэлектриками с легкой руки И. В. Курчатова: именно он придумал это название в честь французского аптекаря Э. Сегнета (E. Seignette), впервые обратившего внимание на необычные свойства одной из солей винной кислоты.

Дело в том, что кристаллы сегнетоэлектриков состоят из доменов с различными направлениями поляризации, то есть из множества кристаллических иголок в форме фигуры, образованной из двух пирамид, сложенных основаниями друг к другу. А элементарные ячейки кристаллов, из которых состоят домены, чуть несимметричны: в одних ячейках их, образно говоря, центр электрической тяжести смещен в одну сторону, в других — в противоположную.

Важно то, что при изменении внешних условий — температуры, электрического поля или механического напряжения — эти домены могут разрастаться, то есть площадь их может увеличиться, да так и остаться до тех пор, пока на них не подействуют вновь. Причем приложишь «плюс» — разрастутся домены одной ориентации, приложишь «минус» — увеличится площадь



других. А при этом изменяются свойства всего кристалла, в частности остаточная поляризация, которая зависит от ориентации его доменов. Отсюда возможность записи и хранения информации. Чтобы сохранить эту информацию, дополнительная энергия уже не нужна. Следовательно, теоретически из них можно сделать энергонезависимую память, причем с высоким быстродействием и очень надежную даже в условиях ионизирующих излучений.

Свойства сегнетовой соли и ее многочисленных родственников не только изучают, но и активно используют — делают на их основе керамические конденсаторы и элементы СВЧ-техники, излучатели и приемники ультразвуковых колебаний, приемники ИК-излучений, словом, множество полезных вещей (одних только конденсаторов на основе сегнетоэлектрики в мире изготавливают несколько миллиардов штук в год). Однако элементы памяти на их основе только начинают делать. Проблема в том, что для современных процессоров нужны методы, совместимые с технологиями изготовления полупроводниковых интегральных схем.

Выращивать тонкопленочные структуры из сегнетоэлектриков для создания энергонезависимой памяти как раз и научились сотрудники легендарного Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе, преемники основателей науки о сегнетоэлектриках — академиком А. Ф. Иоффе и И. В. Курчатова. И получили необходимые для ячеек памяти тонкопленочные структуры «металл-сегнетоэлектрик-металл» и «металл-сегнетоэлектрик-полупроводник». Этакие микроскопические, диаметром в несколько микрон, конденсаторы — участки тонкой, в сотые доли микрона, пленки сегнетоэлектрика между двумя электродами. Качество этих пленок позволяет надеяться на то, что и микросхемы на их основе будут работать быстро, эффективно и долго.

А еще на основе таких ячеек памяти можно сделать маленькие радиочастотные идентификаторы для товаров, мобильных телефонов или, скажем, для перелетных птиц, чтобы следить за их перемещениями где угодно и сколько угодно. Память-то энергонезависимая, можно будет не беспокоиться, что батарейка кончится. Впрочем, промышленную технологию производства подобных пленок ученые пока не разработали, необходимо дополнительное финансирование.

ИСТОРИЯ

Маленькие люди платили большие налоги

Подданные Российской империи, рождавшиеся в начале царствования императоров, когда обычно прощались недоимки и проводились послабления в налоговом гнете, оказывались более статными, чем те, кто появлялся на свет, когда Россия вела затяжные войны, проводила реформы и занималась масштабными преобразованиями. Уменьшение роста — таков был безмолвный ответ жителей страны на активную преобразовательную деятельность правителей.

Как оценить благосостояние наших предков в XVIII веке? Ну не оперировали тогда такими терминами, как ВВП, МРОТ или национальный доход на душу населения. Доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института истории РАН Б. Н. Мионов предлагает необычный критерий — человеческий рост (длину тела). Ведь биологам известно, что средний рост зависит от качества жизни, питания, болезней, интенсивности труда и даже от психологического комфорта. Конечно, для конкретного человека определяющий фактор — наследственность. Но в масштабе целой нации рост оказывается не биологическим, а социальным признаком.

Исследователь обращается к массовым источникам — формулярным спискам почти 83 тысяч новобранцев, призванных на военную службу в течение всего XVIII века. В них содержались сведения о возрасте, росте, месте рождения, социаль-



ном и семейном положении, здоровье и грамотности. В подавляющем большинстве рекрутами становились крестьяне, а также низший социальный слой городского населения — мещане, в возрасте 17–35 лет.

Так как же менялись внешне представители основного податного сословия страны? Статистика засвидетельствовала, что на протяжении столетия статные и высокорослые постепенно сменялись поколениями более приземистых. Например, те, кто родился на рубеже XVII–XVIII веков, имели в среднем рост 165 см. А рост их младших сверстников начал снижаться, и за первую четверть столетия уменьшился на 23 мм. Казалось бы, более благоприятные условия наступили в 40-х годах, так как родившиеся в это время начали прибавлять в росте. Однако этот период был недолгим. Вторая половина века стала для наших предков временем неуклонной потери в росте. За 50 лет они стали ниже на 47 мм. Средний рост тех, кто родился в середине 90-х годов, составлял лишь 160 сантиметров. Они были уже на 54 мм ниже богатырей, родившихся веком раньше.

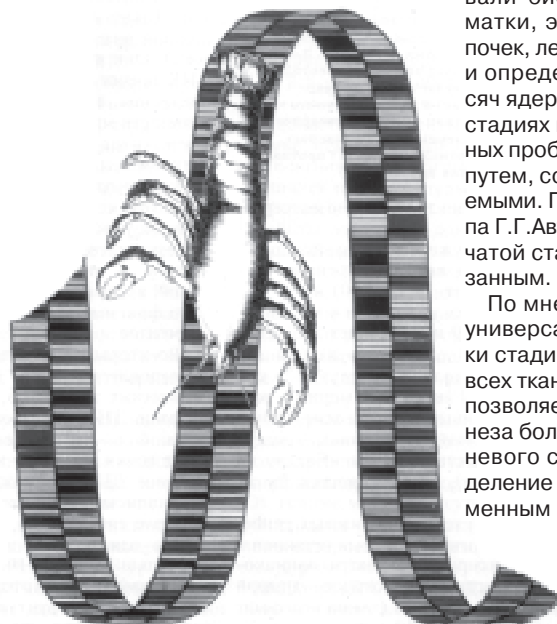
Что же могло так повлиять на биологическое состояние человека? Ухудшение условий труда? Неблагоприятный климат? Питание? Исследователь отмечает, что за столетие российское крестьянство ввело в оборот более 21 млн. га земли. Титанические трудовые затраты по освоению новых земель оплачивались сторицей. Несмотря на неурожай, основных продуктов питания было более чем достаточно. В чем же дело? Данные по ценам и налогам свидетельствуют, что в течение всего столетия крестьянству приходилось отдавать на продажу все большую часть урожая, чтобы «заплатить налоги и жить спокойно». Особенно тяжело пришлось помещичьим крестьянам

— с начала века до 1770-х годов их рента увеличилась вдвое, а средний рост сократился на 55 мм. У мещан, платежи которых на протяжении столетия выросли в наименьшей степени, потери были меньше — 44 мм. Меньше всего пострадали дворовые, рост которых уменьшился на 34 мм, даром что находились они при господском дворе.

Исследователь отмечает, что государственное налоговое бремя особенно усугублялось, когда Россия вела войны и проводила масштабные реформы. Отсюда ясно, что значительные потери в росте приходились на период правления царей-преобразователей. Исследователь замечает, что хуже всего россияне росли во времена правления Елизаветы Петровны и Екатерины Второй, когда вся тяжесть налогов легла на крестьянство. Времена правления Петра Великого были не столь суровыми, так как подати равномерно распределялись среди всех сословий страны.

цитология ДНК на разных стадиях рака

Специалисты Российской медицинской академии последипломного образования под руководством академика РАЕН Г.Г.Автандилова обнаружили феномен, названный ими законом ступенчатой стадийности канцерогенеза. Согласно этому закону, развитие рака следует рассматривать как ступенчатый процесс, а определить стадию развития опухоли можно по количеству ДНК в клеточных ядрах.



Всякая опухоль проходит три стадии развития. Сначала возникает доброкачественная опухоль, потом она перерастает во внутритканевую, «местный» рак, который затем распространяется и образует инфильтрирующие злокачественные образования. При анализе биопсийного материала клиницисты иногда затрудняются определить стадию развития опухоли, особенно переходные состояния. По мнению Г.Г.Автандилова, помочь диагностам может определение количества ДНК в клетках опухоли. Еще в 1972 году специалисты Медицинской академии последипломного образования, изучая клетки разных опухолей, заметили, что переход опухоли в злокачественное состояние сопровождается увеличением количества ДНК в ядрах клеток. Показатель содержания ДНК в ядре называется плоидностью. В клетках нормальной ткани средние значения плоидности не превышают 3,4. Затем, в процессе канцерогенеза, возникают пограничные опухоли, плоидность ядер их клеток достигает 4,4. Если же плоидность превышает 4,5, да еще не хватает некоторых хромосом, это верный признак злокачественности.

Этот закон, официально признанный открытием, можно описать с помощью линейной зависимости между стадией (временем развития) опухоли и средней плоидностью клеточных ядер. Из формулы следует, что увеличение среднего показателя плоидности соответствует переходу на следующую стадию развития опухоли. Это явление исследователи назвали законом ступенчатой стадийности канцерогенеза. Для каждой следующей стадии характерна булшая дезорганизация пораженной ткани и появление новых биологических свойств.

Ученые проверили свою модель на практике. Для этого они проанализировали биопсийный материал из шейки матки, эндометрия, молочной железы, почек, легких, щитовидной железы и кожи и определили плоидность более 50 тысяч ядер клеток, находящихся на разных стадиях канцерогенеза. Во всех изученных пробах данные, полученные опытным путем, совпадали с теоретически ожидаемыми. Поэтому исследовательская группа Г.Г.Автандилова считает закон ступенчатой стадийности канцерогенеза доказанным.

По мнению авторов закона, он имеет универсальное значение для диагностики стадий развития новообразований во всех тканях. Показатель плоидности ядер позволяет установить стадию канцерогенеза более точно, чем исследование тканевого среза или мазка, поэтому определение плоидности должно стать непременным этапом диагностики опухолей.

Доктор химических наук
Я.И. Яшин,
кандидаты химических наук
А.Я. Яшин,
Н.И. Черноусова

Хроматография чая

*Первая чашка чая слегка оросила мои губы и гортань;
вторая — прогнала прочь мое одиночество;
третья — просветлила мой ум;
четвертая — пронесла сквозь мое тело испарину;
пятая чашка — очистила каждый атом моего существа;
шестая — породила меня с бессмертием;
седьмая — почти что предел моих возможностей.*

Китайский поэт Лю Танг (VIII в. н.э.)

*Чай усиливает дух,
смягчает сердце,
пробуждает мысль
и не позволяет поселиться
лености, облеглает
и освежает тело.*

Из древнего китайского трактата

Краткая история

Считается, что чай начали пить около пяти тысяч лет назад в Китае, в провинции Юньнань. Легенд о том, как появился чай, несколько — одни из них связаны с буддийскими монахами, другие с пастухами, а некоторые и с императорами. Чай лучше всего растет в условиях «вечной весны», то есть во влажном и жарком климате. На его качество влияют не только влажность и температура, но и высота, время сбора, тип почвы, близость гор или моря. Естественно, оно также зависит от технологии переработки, хранения и упаковки чайных листов.

О чае написаны сотни книг и тысячи статей. Автор первой книги «Ча Чинг» («Классический чай») — знаток VIII века Лу Ю. Фактически это была энциклопедия чая тех времен. Хорошо известна книга «Та куан ча лан» («Все о чае») императора Хун Цунга (960 г.). До VIII века секреты чайного производства не выходили за границы Китая, за их разглашение полагалась смертная казнь. Однако в VIII–IX веках буддийские монахи вывезли чайные кусты в Японию и Корею. В европейских странах (Португалии, Голландии и Англии) чай впервые появился в конце XVI — начале XVII века, а в Америку попал в XVIII веке. В 1773 году из-за повышения пошлин на чай у берегов Бостона за борт высыпали весь груз с кораблей (этот инцидент получил название «Бостонское чаепитие»), что привело к англо-американской войне, закончившейся появлением независимых Соединенных Штатов Америки.

В основных странах-производителях этого напитка уникальное растение появилось довольно поздно. В Индии чай выращивают с 1828 года, на Цейлоне — с 1891-го.

В России чай пьют с XV века, поскольку его с 1482 года (при Иване III)

периодически завозили купцы. При Алексее Михайловиче Романове он уже поступал в Россию наземным путем, преодолевая более 12 000 км купеческими караванами (потому и получил название «караванный»). В 1817 году чайный куст пытались вырастить в Крыму, а в 1833 году появились его плантации в Грузии.

На протяжении столетий чай был обменной валютой. В Древнем Китае крестьяне платили им подати, меняли на коней у монголов, соболей у сибирских охотников. Известно даже, что в XIX веке англичане меняли на чай выращенный в Бенгалии опиум. Из-за этого напиток возникли войны — в частности, две «опиумные» войны между Англией и Китаем (1842 и 1857–1860 гг.).

С древних времен в чай добавляли жасмин, розу, хризантему, корицу, кардамон, гвоздику, имбирь, мяту, травы, ягоды и фрукты. В разных странах существуют определенные предпочтения: в Китае пьют чай с жасмином, в Англии с молоком, в России с лимоном, в США — со льдом, монголы и другие восточные народности — с солью и маслом или топленым салом.

Чай и искусство

Чаепитие способствовало развитию прикладных ремесел, например фарфоровой и фаянсовой посуды в Китае, Англии и России, а также появлению символа России — самовара (сначала на Урале, а потом в Туле). Более того, этот ритуал был настолько важным, что нашел отражение в русской живописи, например в картинах В.Г.Перова («Чаепитие в Мытищах»), Б.М.Кустодиева, К.А.Коровина, В.М.Максимова и других художников. Кстати, в XIX веке

вода в подмосковных Мытищах считалась наилучшей для заваривания чая, и ее для этого даже возили бочками в Санкт-Петербург.

Наверное, никакие, даже самые изысканные самоварные посиделки нельзя назвать высоким искусством. Зато на это звание вполне могут претендовать чайные церемонии в Китае, Японии, Англии. В Китае строят специальные чайные павильоны, чайные домики и разбивают сады. О чайных церемониях тоже написано много книг, автор одной из них — английская королева Виктория, ей принадлежит труд «Tea Moralities» («Чайный этикет»). Одна из самых знаменитых — ежегодная чайная церемония в Букингемском дворце на лужайке в специальных шатрах. А самая совершенная — пожалуй, японская.

Дело в том, что японская церемония «Тя-но ю» сохранилась со средних веков. Ее эстетика и утонченный

Чай — наиболее распространенный напиток в мире, его пьют две трети населения земного шара (4 млрд. человек). Ежегодно 40 стран производят более 3 млн. тонн чая. Основные производители: Индия, Китай, Шри-Ланка, Кения, Индонезия, Япония, Южная Африка, Вьетнам, Аргентина. Россия занимает второе место в мире по потреблению чая (первое — естественно, Англия).

ритуал подчиняются канонам дзэн-буддизма. Согласно легенде, она берет свое начало из Китая времен первого патриарха буддизма Бодхидхармы, хотя в действительности чайная церемония возникла в Китае задолго до появления буддизма. Согласно многим источникам, своим появлением она обязана Лао-цзы, который где-то в V в. до н. э. ввел ритуал питья чашки «золотого эликсира». Этот ритуал процветал в Китае вплоть до монгольского нашествия, после чего китайцы свели церемонию с «золотым эликсиром» к простому завариванию подсушенных листьев чайного куста. (Именно этот метод дошел до нас.) Японцы же, удачно избежавшие монгольского завоевания, продолжали культивировать искусство чаепития,

Таблица 1

Тип анализируемых соединений в чае	Метод хроматографии и тип детектора
Летучие органические компоненты, аромат черного чая	ГХ, ГХ-МС
Пуриновые алкалоиды: кофеин, теобромин, теofilлин	ВЭЖХ + УФ ВЭЖХ + АД
Катехины (флавонолы)	ВЭЖХ + УФ; ВЭЖХ + АД (или КД) ВЭЖХ + МС
Флавонолы и их гликозиды	ВЭЖХ + МС
Флавоны и их гликозиды	ВЭЖХ
Теафлавины	ВЭЖХ + УФ ВЭЖХ + МС
Ксантины	ВЭЖХ
Теарубигины	ВЭЖХ
Свободные аминокислоты	ВЭЖХ + АД
Теанин (5-N-этилглутамин)	ВЭЖХ + УФ
Сахара	ВЭЖХ + АД
Витамины	ВЭЖХ + АД; ВЭЖХ + УФ ВЭЖХ + МС
Кислоты	ВЭЖХ + КД, КЭФ
Катионы и анионы	ИХ + КД

дополняя его особыми манипуляциями. Японское чаепитие — это кропотливое и долгое занятие, требующее знаний и усилий. В нем недопустимы вольности, искусству овладения чайным ритуалом учатся годами. Чайные комнаты предельно скромны по убранству. Непринятельность обстановки создает высшее ощущение красоты, постичь смысл которой можно путем философского осмысления реальности. Кроме того, в комнате должны быть полумрак, чистота и такая тишина, чтобы ухо различало даже комариное пение. «Тя-но ю — это поклонение красоте в сером свете будней». Главные принципы этой чайной церемонии — гармония, почтительность, чистота, тишина, покой, просветленное одиночество; основная цель — очищение души через единение с природой, стремление к простоте и естественности. (Подробнее о японской чайной церемонии можно прочитать на www.marstu.mari.ru:8101/mmlab/home/students/JapTea/).

Чай по-научному

Неземной и возвышенный напиток специалисты все время норовят разделить и проанализировать. То есть не просто констатировать: «После чашки крепкого хорошего чая чувствуешь себя замечательно», а выяснить, почему именно. Задача эта оказалась не из легких. В чае обнаружилось более 3000 самых разнообразных соединений, поэтому процесс разделения и анализа затянулся на годы, породив сотни научных статей и книг. Ведь каждое это вещество по-своему влияет на наш организм, а его содержание в раз-

ных видах чая меняется. Отдельные фрагменты этой активной научной работы периодически появляются на страницах «Химии и жизни» (давать ссылки не имеет смысла, это займет слишком много места). Но, как мы уже неоднократно отмечали, методы анализа идут вперед семимильными шагами. Более совершенные приборы и методики позволяют не только понять, что же есть в чае, но и точно оценить, сколько миллиграммов пользы или вреда содержится в разных видах божественного напитка. Поэтому мы снова возвращаемся к чаю и коснемся лишь маленькой части тех данных, которые ученым удалось получить, разделив «золотой эликсир» на фракции в хроматографе, масс-спектрометре и других серьезных приборах.

Интерес к чаю сильно возрос, когда выяснилось, что в нем много сильных природных антиоксидантов. Сейчас уже можно уверенно утверждать, что причина многих болезней, а также старения людей — действие свободных радикалов на биологические молекулы. Свободные радикалы — это очень сильные окислители, поэтому они активно вступают в реакцию практически со всеми соединениями в организме (например, липидами) и меняют их структуру. Как следствие — повреждаются стенки сосудов, мембраны клетки, возникают сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, диабет и многие другие опасные болезни. Ученые находят все новые продукты, которые содержат повышенное количество антиоксидантов, подавляющих вредное действие свободных радикалов. Все

Типы соединений, обнаруженных в чае различными хроматографическими методами

ВЭЖХ — высокоэффективная жидкостная хроматография; ИХ — ионная хроматография; УФ — ультрафиолетовый, АД — амперометрический, КУЛ — кулонометрический, МС — масс-спектрометрический, КД — кондуктометрический, КЭФ — капиллярный электрофорез.



ЧТО МЫ ПЬЕМ

хорошо запомнили, что в числе этих продуктов красное вино и оливковое масло, но, пожалуй, чая мы все-таки пьем гораздо больше. После подробного химического анализа оказалось, что тонизирует любой чай, а вот активными целебными свойствами в большей мере обладает зеленый.

Антиоксидантами в чае работают полифенолы (флавоноиды). Это общее название огромного количества химических соединений, производных флавона, которые ученые нашли в чае, вине и многих других продуктах растительного происхождения. Их роль в растениях активно исследуется, но уже сейчас понятно, что флавоноиды захватывают свободные радикалы и прерывают их вредное воздействие, обладают антимутагенной активностью и во многих случаях также служат защитным фактором. Одна из разновидностей флавоноидов — катехины относятся к группе витамина Р. Именно их оказалось особенно много в чае, и его защитное и целебное действие связывают в первую очередь с ними. Научные публикации подтверждают, что чай предотвращает и подавляет онкологические заболевания и лечит многие другие болезни.

Чтобы понять, какие именно компоненты содержатся в разных чаях, применяют чуть ли не все существующие аналитические методы: газовую, жидкостную, ионную хроматографию. Для определения неизвестных веществ исследователи комбинируют разные методы: газовую хроматографию или высокоэффективную жидкостную с масс-спектрометрией, жидкостную с инфракрасной спектрометрией или с ЯМР (табл. 1). Кстати, несмотря на огромные возможности современных методов, официальные методы контроля качества напитка — органолептические или устаревшие аналитические. Давно пора бы соотнести заключения дегустаторов с результатами современных хроматографических методов.

Конечно, аромат чая так не определится — для органических летучих компонентов нужна газовая хроматография (табл. 2).

Таблица 2

Классы органических соединений, идентифицированных в чае газовой хроматографией и масс-спектрометрией

Тип соединений	Число соединений
Жирные кислоты C ₁₋₁₀	71
Кетоны	57
Эфиры	55
Альдегиды	55
Спирты	46
Углеводороды	37
Лактоны	16

Аромат оказался не просто многокомпонентным. Всего ученые идентифицировали около 500 летучих соединений, среди которых обнаружилось также производные фурана, пиррола и др. В натуральном листе их нет — за счет биосинтеза в нем образуются только спирты. Абсолютное большинство летучих соединений чая (обратите внимание — не все из них полезны) возникают в процессе его технологической обработки (ферментации) из каротиноидов, липидов и аминокислот.

А теперь перейдем к составу самого напитка (рис. 1). Прежде чем называть цифры, надо уточнить, что когда исследуют катехины и другие компоненты чая, то их концентрацию определяют не только в самом водном настое, но и в биологических жидкостях человека после употребления (в моче, плазме, желудочном соке, слюне).

Начнем с самого полезного — антиоксидантов катехинов (флавоноидов). В зеленом чае может быть 4–12 разных типов катехинов (рис. 2), и их концентрация колеблется от 10 мг до 300 мг на грамм сухого чая, в зависимости от сорта и качества. Получается, что полезного в зеленом чае до 30% от сухого листа. Сразу надо сказать, что в черном чае катехинов в 8–15 раз меньше, чем в зеленом. Вспомним технологию: зеленый чай не ферментируют, поэтому полезные вещества в нем сохраняются. При ферментации катехины окисляются в теафлавины и теарубигины, которые дают черному чаю цвет, но уменьшают его полезность. Боль-

Средняя мировая закупочная цена чая — 1,75 доллара за 1 кг. Общее производство и продажу оценивают в 10–15 млрд. долларов. Некоторые элитные сорта стоят более 1000 долларов за 100 г. Существует более 3000 коммерческих сортов чая, которые получились всего из двух видов чайного растения *Camellia sinensis*.

тируют, поэтому полезные вещества в нем сохраняются. При ферментации катехины окисляются в теафлавины и теарубигины, которые дают черному чаю цвет, но уменьшают его полезность. Боль-

рых его сортах порошкового японского («sencha» и «gyakuro») их может быть до 300–500 мг/л, а также до 160–260 мг/л кофеина, 230–250 мг/л теанина и 30–80 мг/л аскорбиновой кислоты.

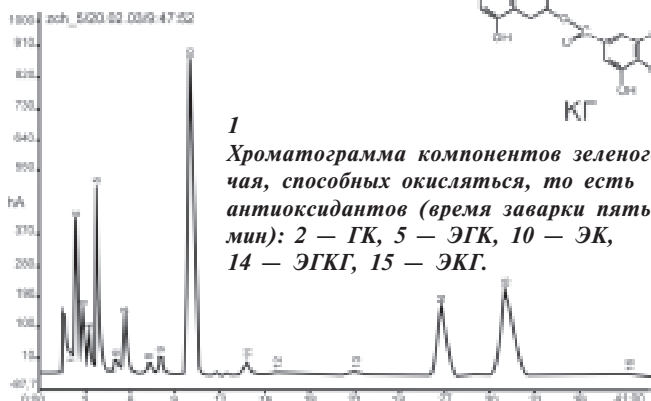
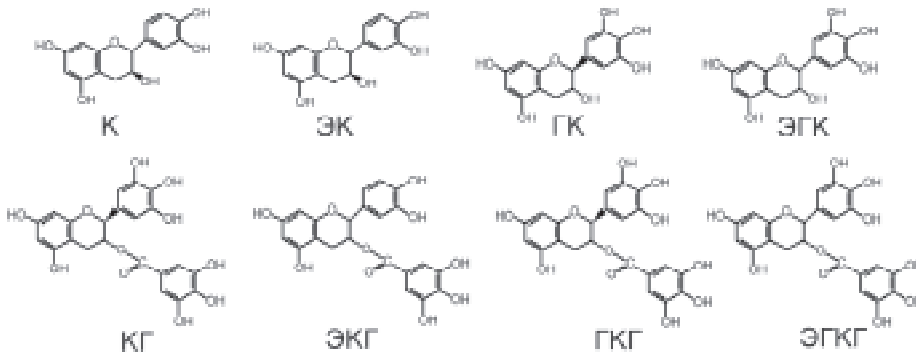
Основные процессы обработки чая — это завяливание листьев, скручивание, ферментация, сушка, сортировка и расфасовка готовой продукции. В зависимости от механической обработки чай бывает рассыпной (байховый), прессованный (кирпичный, плиточный, таблетированный) и экстрагированный. В зависимости от степени ферментации чай разделяют на зеленый, желтый, белый, красный (оо-лонг) и черный. Зеленый чай делают без предварительной ферментации, желтый, белый и красный — с частичной ферментацией, а черный чай — с полной ферментацией. Больше распространены черные и зеленые сорта, их производят в соотношении примерно 80 к 20%.

В народе существует мнение: «Чай надо пить свежезаваренный». Если через час вы вернулись к столу и заварка уже остыла, то выливайте ее недрогнувшей рукой и заваривайте новый. Однако это мнение справедливо только для черного чая. В зеленом же чае суммарное содержание катехинов через 20 минут после заварки становится в три раза больше (рис. 3), чем через положенные 5!

От теафлавинов (рис. 4) и теарубигинов зависит интенсивность окраски черного чая. Первые ответственны за оранжево-красный цвет, а вторые придают еще более интенсивное окрашивание заварке. В зеленом чае этих соединений мало, а в черном чае теафлавинов около 3–6%, теарубигинов — 12–18% от сухого веса. Еще раз напомним, что они образуются из катехинов при ферментации — в процессе окислительной реакции, катализируемой ферментами и также обладают антиоксидантными свойствами.

ше всего катехинов — в порошковом японском зеленом чае, который используют на чайных церемониях. Обычно в хорошем зеленом чае катехинов около 120,5 мг/г, но в некото-

раз напомним, что они образуются из катехинов при ферментации — в процессе окислительной реакции, катализируемой ферментами и также обладают антиоксидантными свойствами.



1
Хроматограмма компонентов зеленого чая, способных окисляться, то есть антиоксидантов (время заварки пять мин): 2 — GK, 5 — EGK, 10 — EK, 14 — EGKГ, 15 — EKГ.

2
Наиболее часто встречающиеся катехины зеленого чая: K — катехин, EK — эпикатехин (2–8%), GK — галлокатехин, EGK — эпигаллокатехин (8–19%), KG — катехингаллат, EKG — эпикатехингаллат (9–12%), GKГ — галлокатехингаллат, GKГГ — галлокатехингаллат, EGKГ — эпигаллокатехингаллат (54–70%). Проценты — содержание данного вида катехинов в зеленом чае. Все остальные — менее 5%

Наименование чая	Отношение выходного сигнала чая к выходному сигналу стандарта
Зеленый чай	
«Никитин»	7,7
«Золотая чаша»	7,2
«Twinings»	6,1
«Малахит»	5,4
«Майский», «Изумрудная долина»	5,3
«Китайский монах»	4,9
Черный чай	
«Tetley»	2,3
«Липтон»	2,0
«Тот самый индийский чай»	1,7
«Бодрость»	1,6
«Steuarts»	1,6
«Брук Бонд»	1,5

Теперь вспомним немного о пуриновых алкалоидах. В черном чае кофеина 1,5–4%, теобромона 0,2–0,4% и теофиллина (рис. 4) менее 0,02%. В научных кругах не прекращаются дискуссии о пользе и вреде кофеина. Пока суд да дело, в США широко распространенся бескофеиновый чай...

Все классы соединений, обнаруженных в чае, описать в статье невозможно — об этом написаны книги. Но об аминокислотах не сказать нельзя. Глутамин, аспарагин, аланин, треонин, серин, пролин, изолейцин, лейцин, метионин, гистидин, фенилаланин, тирозин, глутаминовая кислота, гистидин, фенилаланин, тирозин — их в зеленом чае 0,1–10 мг/г. Содержание аминокислот в зеленом чае служит критерием его качества, в частности по теанину определяют качество японского зеленого чая. Теанин (рис. 4) не только придает деликатный вкус настою — в последние годы его отнесли к антиканцерогенным соединениям. По некоторым данным он также уменьшает содержание норадреналина и серотонина в мозгу и снижает давление. Некоторые сорта японского зеленого чая содержат 8–10 мг/г теанина.

В зеленых чаях есть даже витамины, в частности С (1,7–2 мг/г) и Е (на порядок меньше, чем С). Ученые нашли там также витамин К, почти все витамины группы В и редкий витамин Р (тот самый, родственник флавоноидов), укрепляющий стенки кровеносных сосудов и предотвращающий внутреннее кровоизлияние. Надо опять же отметить, что концентрация витаминов С и Е сильно уменьшается после ферментации, поэтому в черном чае этих витаминов значительно меньше.

Из научной (а не рекламной) литературы по чаю можно сделать совер-

шенно определенные выводы. Наиболее полезен зеленый чай, так как он содержит катехины в неокисленной форме, а они обладают наибольшей антиоксидантной активностью. Кроме того, зеленый чай содержит на порядок больше витаминов С и Е. Многие экспериментальные данные убедительно подтверждают сильный иммутогенный эффект зеленого чая, а клинические испытания показали, что зеленый чай задерживает рост опухолей (ученые планируют новые, более обширные клинические испытания). Считается, что 5–10 чашек зеленого чая в сутки защищают от появления этих страшных заболеваний.

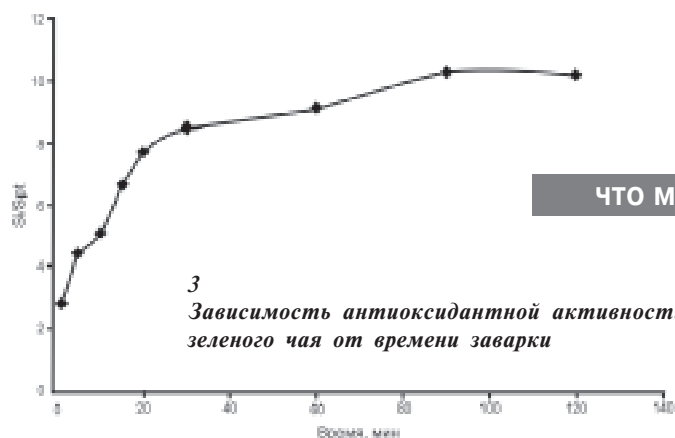
Как мы уже отметили, в черном чае после ферментации образуется много летучих химических соединений, большинство из которых в лучшем случае бесполезны, а некоторые даже вредны. В связи с этим предлагаем два разных способа заварки черного чая:

Первый способ — традиционный, когда чай пьют через пять минут после заварки кипящей водой. Этот чай возбуждает, содержит много кофеина, но, кроме того, в нем много химических соединений, образовавшихся при ферментации.

Второй способ — заварку залить кипятком, перемешать и через минуту-полторы настой слить. Снова залить кипятком и настоять пять минут и бо-

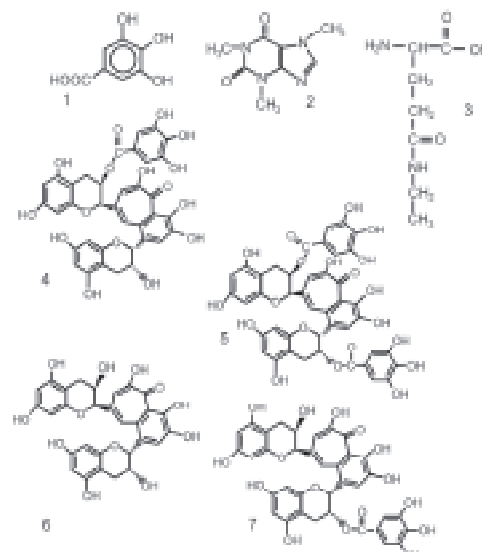
Таблица 3

Антиоксидантная активность различных сортов зеленого и черного чая (стандарт — дигидрокверцетин). Чем выше значения антиоксидантной активности чая, тем лучше качество его исходного сырья



3
Зависимость антиоксидантной активности зеленого чая от времени заварки

4
Структурные формулы компонентов чая: 1 — галловая кислота, 2 — кофеин, 3 — теанин, 4 — теафлавин 3-о-галлат, 5 — теафлавин 3,3'-о-галлат, 6 — теафлавин, 7 — теафлавин 3'-о-галлат



лее. Такой чай содержит меньше низкомолекулярных летучих химических соединений (польза от которых сомнительна) и меньше кофеина. Этот чай успокаивает, и он более полезен, чем чай, заваренный первым способом. При заварке по второму способу почти не теряются полезные катехины.

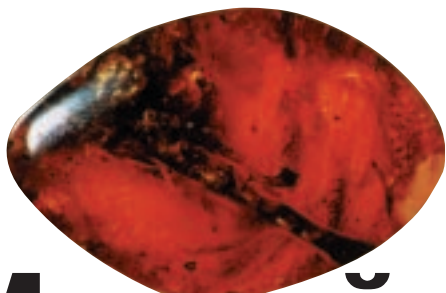
В заключение приводим относительные значения антиоксидантной активности некоторых сортов зеленого и черного чая, наиболее часто встречающихся в продаже (табл. 3). Из всех изученных сортов мы взяли только те, у которых обнаружили наибольшую антиоксидантную активность. Видно, что показатели не дотягивают до рекордных, обнаруженных у порошкового японского, но вполне отражают данные, приведенные в мировой литературе и описанные в этой статье.

В статье использованы данные научно-технического центра «Хроматография» и НПО «Химавтоматика» (yashinchrom@comail.ru)



ЧТО МЫ ПЬЕМ

Доктор
географических наук
Д.Я.Фащук



«Морской ладан»

Кладовые Нептуна хранят немало полезных ископаемых. Большинство их относится к минералам или горным породам, но есть среди них и лжеминералы — твердые, ценные и любимые человеком биолиты. Своей красотой они обязаны биологическим процессам, в результате которых возникли. К ним относятся янтарь, жемчуг, перламутр и кораллы. В Британском музее в Лондоне хранится каменный обелиск, на котором древний летописец еще в X веке до н.э. начертал клинописью:

*В морях полуденных ветров караваны ловили жемчуг,
В морях, где полярная звезда в зените, — янтарь.*

Давайте поговорим о янтаре, который на Руси с давних времен называли «морским ладаном» за гвоздичный аромат, испускаемый при горении.



Неправильный минерал

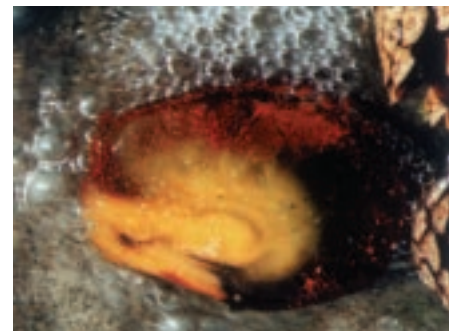
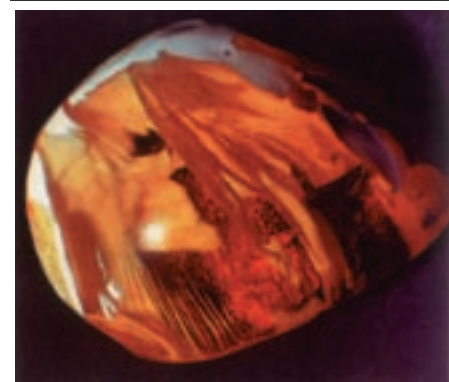
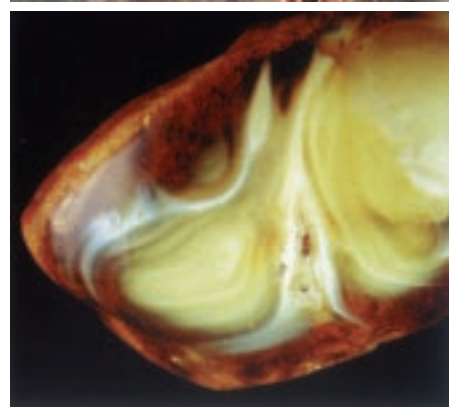
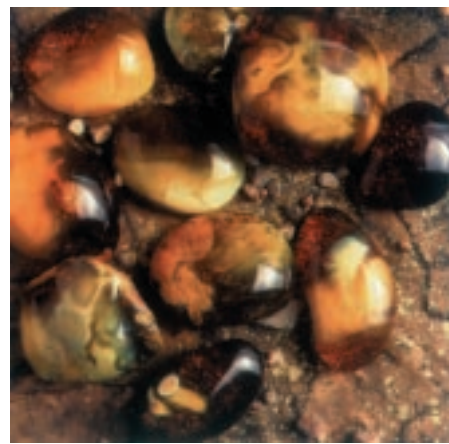
Геологи дают янтарию различные определения, но в любом случае это окаменевшие растительные смолы достаточно древнего происхождения, от верхнемелового до палеогенового периода. Соотношение компонентов в янтаре непостоянно, поэтому его нельзя отнести к настоящим минералам. В среднем на 10 атомов углерода приходится 16 атомов водорода и 4 кислорода. Кроме них, встречаются азот, сера, кремний, металлы: Ca, Fe, Mg, Mn, Ba, Al и другие. Геолог Б.И.Сребродольский в книге «Мир янтаря» сообщает, что самоцвет из окрестностей Львова самый чистый: помимо углерода, кислорода и водорода, в нем только семь химических элементов. В знаменитом балтийском янтаре с Куршской косы их одиннадцать, в самоцветах месторождений Приморья и Предкарпатья найдено двенадцать и тринадцать элементов, а в клесовском янтаре на Волыни — восемнадцать. Зная состав примесей, с помощью спектрального анализа можно определить происхождение янтаря, хотя сделать это не всегда просто.

Считается, что в 1546 году немецкий минералог и металлург Георг Агрикола (1494–1555) впервые обнаружил в продуктах перегонки этого камня «янтарную смолу», а в 1676 году химик Никола Лемери установил ее кислотную природу. Однако уже в армянском справочнике 1492 года описано, как выделить это вещество и использовать в медицинских целях. Европейским ученым лечебные свойства янтарной кислоты — активного биостимулятора — стали известны с конца XVII века. Препараты на

ее основе используют для стимуляции нервной системы и работы органов дыхания, для укрепления деятельности сердца, почек и кишечника, для лечения анемии и расстройства мышечной системы, для борьбы со стрессами, воспалениями и токсикозом. Впрочем, это вещество — обязательный компонент обмена веществ у животных и растений. Особенно много его в зеленых ягодах крыжовника и винограде, в ревене, маке, соке сахарной свеклы и репы. (См. статью о целебных свойствах янтарной кислоты в «Химии и жизни», 2000, № 5.)

Янтарь, содержащий большое количество янтарной кислоты (от 3,2 до 8,2%), считается самым качественным и называется сукцинитом. Наиболее строгие знатоки камня относят к янтарию только его. Этот термин произошел от латинского названия сосны, произрастающей в местах его массового обнаружения, — *Pinites succinifera*, а сосну, в свою очередь, назвали так за обильное выделение смолы-живицы (греч. *succinum* — каменный сок). Живица состоит из скипидара, воды и смоляных кислот (до 65%) и предохраняет деревья от заражения через раны — отсюда ее русское название. Из этого вещества, содержащего до 8,2% янтарной кислоты, и образовался балтийский янтарь, а также не менее качественные янтари Украины (районы Киева, Харькова, Волыни) и побережья Северного моря.

Несколько меньше янтарной кислоты в янтаре с месторождений Таймыра — ретините и Карпат — румените. А вот в сицилийском симетите (в другом написании — симеите) янтарной кислоты и





В начале кайнозойской эры (45–30 млн. лет назад) северо-западный бореальный бассейн (редкая горизонтальная штриховка) был связан с океаном Паратетис (густая горизонтальная штриховка) узким проливом, по которому муссонные ветра выносили янтарь из Балтики в Восточную Европу.



РАДОСТИ ЖИЗНИ

вовсе нет. Однако у этих самоцветов есть другие признаки янтаря: все это вязкие тугоплавкие ископаемые смолы, которые поддаются механической обработке и используются в ювелирном и камнерезном производстве.

«Янтарные леса»

Залежи сукцинита в Европе расположены на огромной территории, которую геологи называют Балтийско-Днепровской янтареносной провинцией. 45 млн. лет назад эта зона была покрыта «янтарными лесами» и занимала всю пра-Фенноскандию. Этот древний щит-континент с непостоянными границами, изменявшимися от кембрийской эпохи (570 млн. лет) к палеогену (60–70 млн. лет), включал не только территорию нынешней Скандинавии, Карелии, Кольского полуострова, Прибалтики и севера европейской части России. На севере он достигал Шпицбергена, на западе тянулся до Гренландии, захватывая территорию Великобритании и Северной Франции. Некоторые исследователи полагают, что «янтарные леса» тянулись от Скандинавских гор до Северного Урала, занимали северные районы Польши, Литву, Латвию, часть Украины и Белоруссии и немного не доходили до Черного моря.

В 1914 году англичанин В.Уилер после изучения муравьев, найденных в янтаре, заключил, что такие леса росли по всей планете в местах с влажным умеренным климатом, напоминающим современный климат Южной Европы и субтропиков. 70 млн. лет назад подобные условия господство-

вали в низких и средних широтах до 57°с.ш. 70% леса составляли более 20 видов сосен, но росли там и туи, и каштаны, и более 10 видов дубов и кленов, а также ивы, ясени, лавры, магнолии, араукарии. Современный аналог таких янтарных лесов — смешанные, с преобладанием сосен, леса горных районов Центральной Америки, Южного Китая или среднегорного пояса Гималаев.

Здесь уместно вспомнить, что на севере Австралии, на островах Юго-Восточной Азии и Океании произрастают сосны *Agathis alba* (*A. dammara*). Их относительно молодая окаменевшая смола даммара (от малайского *damar*), или копал, внешне почти ничем не отличается от янтаря, хотя по физическим и химическим свойствам имеет с ним мало общего. Похожая смола новозеландской сосны *A. australis* называется каэри-копал. Из-за своей молодости эти смолы при трении не электризуются, легче плавятся, имеют меньшую вязкость и размягчаются эфиром, который на янтарь не действует, а при горении пахнут дурно. Другие источники ископаемых смол — копалов — произрастают в различных районах Африки и Южной Америки. Иногда куски этих смол используют для имитации янтаря (см. статью о растительных смолах в «Химии и жизни», 2004, № 1).

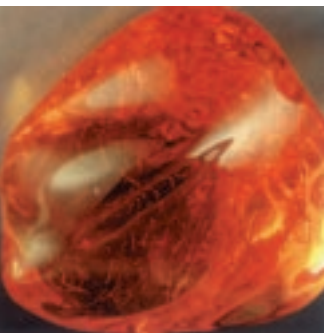
На протяжении миллионов лет периодические морские и ледниковые трансгрессии и регрессии, тектонические подвижки изменяли облик и климат планеты, перераспределяли и трансформировали остатки погибших «янтарных» лесов. Только за третичный период кайнозойской эры Калинин-

градский полуостров подвергался атакам моря 19 раз.

В результате коренные россыпи янтаря, возникшие в пра-Фенноскандии 50–40 млн. лет назад, за последующие 40 млн. лет подвергались многократному размыву и переотложению, смещаясь с каждым разом все дальше от места первичного образования. Этот процесс протекал в небольшом морском бассейне — проливе, который располагался на месте современного Балтийского моря и периодически соединял Атлантический океан с остатками древнего океана Тетис (рис. 1). Последний, как известно, в то время (40–30 млн. лет назад) включал бассейны Каспийского, Черного, Средиземного, Красного морей, разделяя Гондвану (Южный материк) и Лавразию (Северный материк), образовавшиеся после раскола Единой Земли (Пангеи). Таким образом, янтари Балтийско-Днепровской провинции — это продукты не только «янтарных лесов», но и древнего моря, соединявшего в начале кайнозойской эры два океана — Атлантический и Тетис. Этим объясняется сходство состава балтийского и днепровско-днепровского янтарей, да и по возрасту они ровесники (40–35 млн. лет). Ученые полагают, что янтарь с водами моря-канала перемещали течения, направленные вдоль берегов и подгоняемые муссонными ветрами. Зимой такие «янтарные ветра» были направлены на юг — юго-восток в сторону Украины и Белоруссии, а летом — на север — северо-запад в сторону Дании и Померании.

Сроки формирования янтарей в разных районах планеты не совпадают. По возрасту эти биолиты делятся на кайнозойские (30–40 млн. лет): украинский, балтийский, казахстанский, сахалинский, сицилийский, мексиканский; и более древние мезозойские (70–100 млн. лет): таймырский, американский, канадский, ливанский и бирманский. Тип янтаря зависит от того, какое дерево дало ископаемую смолу и в каких условиях происходило ее превращение в самоцвет — фоссилизация, или окаменение.

Существует гипотеза, что янтари северного полушария образовались в основном из смол голосеменных деревь-



ев (сосны, пихты, ели, секвойи, кипариса, туи и т. д.), преимущественно из сосен *Pinites succinifer*. Ученым точно известно, что ливанский янтарь, например, образовался из смолы дерева араукария, относящегося к голосеменным, которое произрастало 100 млн. лет назад в южном полушарии, а сегодня осталось как дикорастущее в основном в Австралии. (Араукарию многие держат дома в горшках.)

Рождение янтаря происходило в несколько этапов. Сначала живица изливалась из деревьев, ее летучие компоненты испарялись, оставшиеся смоляные кислоты превращались в канифоль и под влиянием кислорода воздуха, света, тепла и озона окислялись. При этом росла плотность вещества (до 1,08–1,3 г/см³), смола темнела и затвердевала. Захороненная в лесных почвах, она постепенно становилась камнем. Повышалась температура ее плавления (до 287°C) и плотность, снижалась растворимость, формировался цвет — рождались физические свойства будущего янтаря. На третьем этапе иловые воды размывали, переносили и откладывали частично окаменелую смолу в новые места. В результате взаимодействия со щелочной, богатой калием водной средой смола полимеризовалась — ее молекулы соединялись между собой, образуя малоподвижные соединения. При этом повышалась химическая стойкость янтаря, в нем появлялась янтарная кислота, а в окружающих глинистых осадках возникал слоистый алюмосиликат — глауконит. Этот минерал с серовато- или голубовато-зеленой окраской придает свой цвет породам, которые сопутствуют современным месторождениям янтаря на суше и называются голубой землей. Таким образом, янтарь, будучи продуктом леса, не рождается в среде разлагающихся растительных остатков, как уголь, а возникает в условиях диагенеза — преобразования рыхлых осадков в осадочные породы глаукониты в богатой калием щелочной среде.

«Костяный мозг» деревьев

Исследователи не сразу поняли, что янтарь — это ископаемая окаменевшая смола деревьев, хотя еще Аристотель обращал внимание на захороненные в нем остатки растений и насекомых и отмечал сходство янтаря со

смолой. В I веке нашей эры Плиний Старший (23/24–79) также считал янтарь «костяным мозгом» деревьев давно исчезнувшего соснового леса. В этом его поддерживали современники — писатель Плиний Младший (61/62–ок. 114) и историк Публий Корнелий Тацит (ок. 58–ок. 117). Тем не менее римский поэт Публий Овидий Назон (43 до н.э.–18 н.э.) предпочел мифическое объяснение природы янтаря. Он пересказал древнюю историю про Фаэтона, сына бога Солнца Гелиоса. Этот сорванец, пытаясь прокатиться на солнечной колеснице своего папаши, не справился с управлением и чуть было не спалил всю Землю, за что и был поражен молнией разгневанного Зевса-громовержца. Сестры Фаэтона Гелиады, превратившись

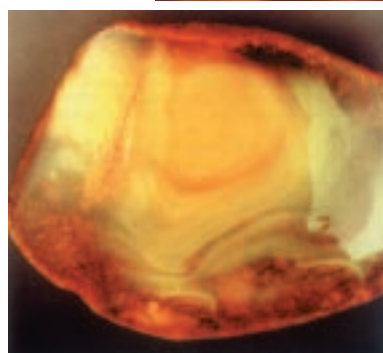
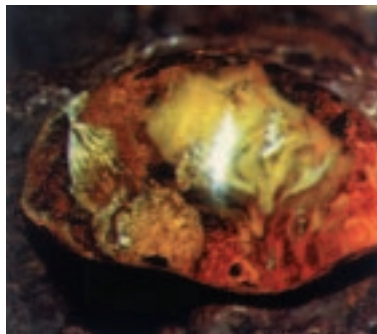
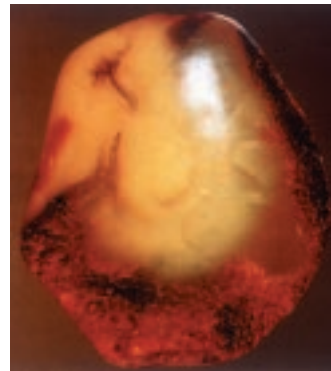
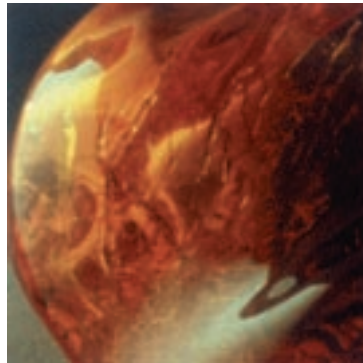
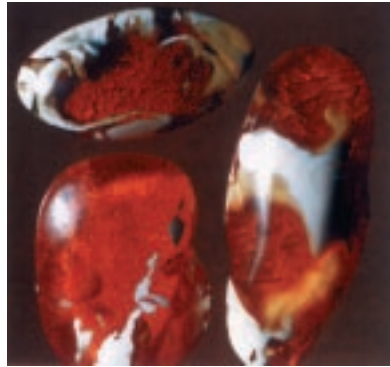
от горя в тополя, оплакивали своего брата. Их слезы затвердели в водах реки Эридан (река По на севере Италии) и стали прозрачными камнями.

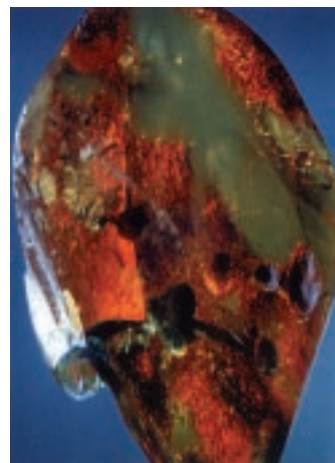
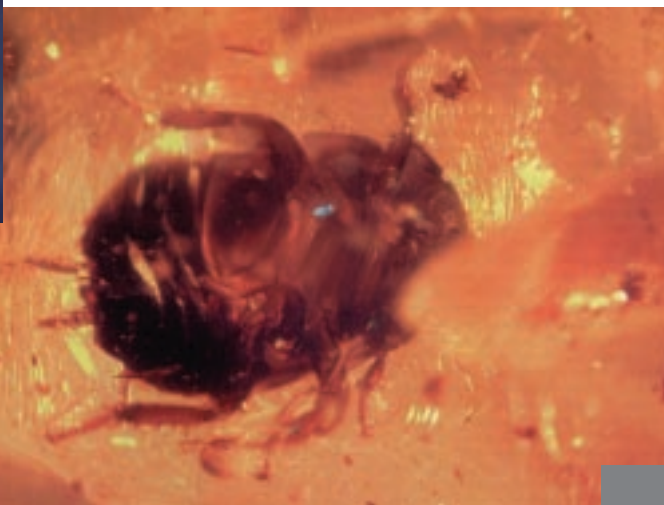
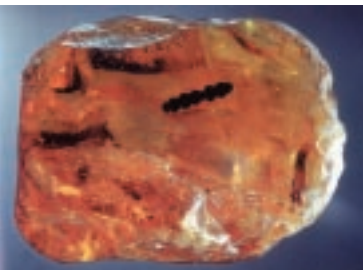
Во II веке полагали, что янтарь — это жирный пот уставшего за день Солнца, который на закате стекал в океан, а волны сбивали его в куски, как масло из сливок. Было и еще одно объяснение: янтарь считали специфическим продуктом, выделяемым китами, вроде амбры. У древних балтийских славян янтарь ассоциировался со всемогущим алатырь-камнем. Согласно легенде, громадная волшебная глыба, покоившаяся на острове Буяне (возможно, остров Рюген в Балтийском море — в древности Руян), лечила народ от всех болезней и дарила долголетие.

Известный среднеазиатский ученый Ибн Сина, или Авиценна (ок. 980–1037), в 1019 году в книге «Канон врачебной науки» зашифровал природу янтаря в следующем ребусе: «Говорят, что дерево румского ореха растет в реке, которая называется Ларинданос. Из этого дерева вытекает камедь; выделяясь, эта камедь тотчас же сгущается в воде. Это то, что называется иликурн, а некоторые люди называют его хусуфури, и это янтарь». Термин «иликурн» дошел до Ибн Сины, очевидно, от греков, которые называли янтарь «электроном», так как он теплотой и лучистостью напоминал им звезду Электру из семейства Плеяд в созвездии Тельца. Ларинданос, по всей вероятности, тот же Эридан, а вот что значит слово «хусуфури», остается только гадать.

В XIX веке русский историк и этнограф Н.И.Надеждин предположил, что слова «илектрон» (электрон), «алатырь» и «латырь» родственны. Последний термин, очевидно, славяне позаимствовали у древних литовцев, у которых «латрес» значит «разбойник». Так этот народ называл янтарь за способность притягивать легкие предметы. Похожее имя — Латрис — они дали острову (сейчас это Эзель), на котором добывали янтарь. Сегодня у литовцев янтарь — *gintaras*, у латышей — *dzintars*. Древнескандинавские названия янтаря «раф», «рав» (Дания) и «рафр» (Исландия) тоже переводятся как «грабитель». То же значение у индийского слова «рал». В Персии янтарь называют «кахраба» — похититель соломы (ках — солома, руба — похититель), а в Турции — близким термином «кехриба».

Корни же названия «янтарь», по всей вероятности, уходят в древнеарабский язык. Арабское слово «anabar» — за-





РАДОСТИ ЖИЗНИ

твердевшая роса — через римлян или испанцев вошло во многие современные романские и англосаксонские языки. Испанцы, например, называют янтарь *ambar*, а англичане — *amber*.

В толковом словаре В.И. Даль предполагает: «Вероятно, янтарь — греческое «электрон», переделанное на татарский лад». Действительно, татарское сочетание слов «яна тора» переводится одним словом — «горит», а сочетание «ала тора» на этом языке означает «отбирает». Отсюда недалеко до славянского «алатырь».

Германские племена, вероятно, использовали янтарь в качестве топлива, поэтому у немцев янтарь называется *Brennstein* — горючий камень. Поляки и украинцы переделали это слово в «бурштын», а на Руси, где янтарь использовали как благовоние, его называли не только латырь, но и белгорюч камень.

В 1048 году еще один известный ученый Востока Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмедаль-Бируни (973 — ок. 1050) в трактате «Собрание сведений для познания драгоценностей» справедливо сравнил янтарь с растекшейся и застывшей древесной смолой, но ошибочно полагал ее источником современных деревьев.

В дремучем средневековье янтарь называли и земным жиром, и морской пеной, застывшей в солнечном свете, и нефтью, затвердевшей на морском дне, и окаменевшим жиром неведомых животных, и застывшими слезами райских птиц, и рассыпавшимися в морской воде лучами солнца, и даже окаменевшим газом.

В XVI–XVII веках многие исследователи янтаря считали его жидким битумом или нефтью, сочащимися из морского дна в местах его разломов. Существовали также гипотезы о том, что янтарь представляет собой смесь мочевины — продукта разложения морских организмов, с каменным маслом и серной кислотой, возникших в недрах Земли и выделившихся по трещинам

на дне. Однако после обнаружения янтароносного пласта «синей земли» в ученом мире решили, что янтарь — это ископаемое вещество, рожденное в недрах планеты. Некоторые известные естествоиспытатели того времени уверяли, например, что янтарь — это результат взаимодействия в земле пчелиного меда с серной кислотой или продукт жизнедеятельности лесных муравьев.

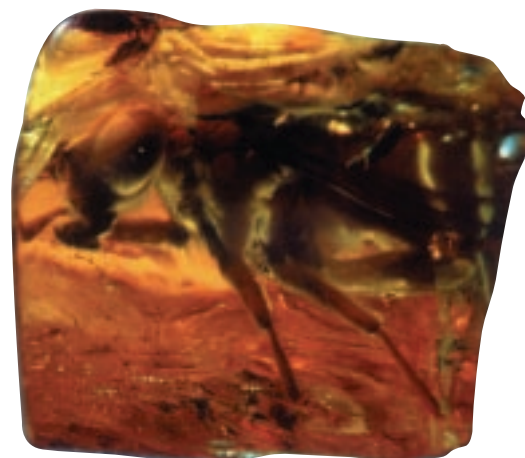
Точку в спорах поставил М.В. Ломоносов, который в 1757 году в трактате «Слово о рождении металлов от трясения земли» убедительно доказал растительное происхождение янтаря. В 1785 году немецкий ученый Ф.С. Бок химическими анализами подтвердил правильность выводов Ломоносова о том, что янтарь — это окаменевшая смола деревьев, а в 1811 году была установлена принадлежность этой смолы к хвойным.

В системе аргументов Михаила Васильевича не последнее место занимал тот факт, что в янтаре обнаруживали остатки животных и растений. Строгие научные выводы он сопроводил переводом стихов римского поэта начала нашей эры Марка Валерия Марциала:

*В тополевой тени гуляя, муравей
В прилипчивой смоле завяз
ногой своей.
Хоть у людей был в жизнь свою
презренный,
По смерти, в янтаре, у них
стал драгоценный*

Действительно, к концу XX века янтарь поведал ученым о 200 видах растений и 1200 видах различных членистоногих, живших миллионы лет назад в первобытном «янтарном» лесу, не говоря о бактериях и грибах. Были найдены, например, 200 видов пауков, 450 видов жуков, 5 семейств бактерий, 18 семейств грибов, принадлежащих к 12 родам, 23 отряда крылатых насекомых — стрекозы, тараканы, кузнечики, сверчки, термиты, цикады, тли, комары, мухи. (Фотографии насекомых в янтаре см. в «Химии и жизни», 2004, № 1.)

Около 50% родов и 99% семейств насекомых, обнаруженных в янтаре, встречаются на Земле и сегодня. Остается добавить, что в 1889 году в «гробнице» из балтийского янтаря немецкие исследователи обнаружили так называемую «кенигсбергскую ящерицу», которая принадлежала к виду, обитавшему только в Африке. Находку, к сожалению, потеряли, но сегодня ученые полагают, что немцы в свое время слукавили и выдавали африканский копал за балтийский янтарь. В 1979 году в шахте Доминиканской Республики нашли янтарь возраста 20–23 млн. лет с захороненным 71-миллиметровым американским хамелеоном, а на острове Гаити обнаружили янтарь с целыми ящерицами возрастом 30 млн. лет.



Янтарные маршруты

В античные времена основным районом добычи янтаря было побережье Балтийского моря, а также территории будущих Дании, Швеции, Польши, Литвы, Латвии. Купцы Древней Финикии, Греции и Рима за эти сокровища называли Балтику Янтарным морем.

Человек знал янтарь еще в палеолите. Ученые часто находят необработанные куски минерала в пещерах наших предков в Верхних Пиренеях (Грот д'Орен-

сан), Австрии, Моравии, Румынии, Англии (пещера Гоф). Европейские охотники мезолита научились его обрабатывать. Изящные янтарные украшения и фигурки животных, датируемые VII–м тысячелетием до н.э., найдены в Дании на острове Зеландия. Земледельцы неолита использовали янтарь в жертвоприношениях, чтобы получить хороший урожай. В той же Дании в 40–60-е годы прошлого века были найдены горшки-клады с изделиями из янтаря, сохранившие до 4000 бусин и датируемые 3500 г. до н.э. Во Франции аналогичные находки имеют возраст 2400–2300 гг. до н.э.

Вывоз «северного золота» и изделий из него в страны Средиземноморья начался, как полагают исследователи, еще во времена египетских фараонов (3400–2400 гг. до н.э.). С тех пор многочисленными «янтарными» путями самоцвет начал поступать на побережье моря Среди Земель, где продавался на вес золота. В IX–VII веках до н.э. финикийцы доставляли его сюда из месторождений Ютландии через Ла-Манш и Гибралтар, вокруг Западной Европы.

Полагают, что древние греки сначала получали янтарь из третьих рук, умудряясь проводить свои торговые караваны через Европейскую часть бывшего СССР от Черного моря до истоков Западного Буга и Днепра. После легендарного плаванья Пифея (ок. 330 г. до н.э.) к северным берегам Атлантики открылся греческий океанский путь к британскому олову и балтийскому янтарю. Были налажены торговые связи с германскими племенами гутонов с янтарного острова Абалус (Гельголанд) в Северном море, а также с обитателями Кельтики (Франция), чье атлантическое побережье тоже было богато самоцветом.

В дальнейшем римляне проложили сухопутные торговые маршруты для поставок янтаря на побережье Средиземного моря. В рукописях древних европейцев «янтарный край» считался восточным пределом обитаемой суши и назывался Озерикт, или Аустеравия: на кельтском и древнегерманском языках — Восточная страна, а местные жители назывались эстии — живущие на востоке. Отсюда, кстати, название Эстонии. В первом веке римский историк Публий Корнелий Тацит в труде «О происхождении германцев и местоположении Германии» отмечал, что эстии, обитавшие на границе Римской империи, называли янтарь «глезум», или «застывший свет», цены ему и что с ним делать не знали, но на заказ собирали и сдавали в необработанном виде римским купцам, «получая плату с удивлением». Стандартный «римский» размер кусков такого сырья и по сей день считается 3×3 см. Огромное количество (десятки центнеров) этого товара найдены современными

археологами в «янтарных кладах» — торговых складах римских купцов, расположенных на протяжении всего пути янтаря от устья Вислы, через отроги Карпат, по Дунаю и Тиссе, в пределы Римской империи, в центр его переработки — город Аквелею.

Кроме древнейших северных месторождений балтийского янтаря, с III века до н.э., задолго до установления торговых связей Северного Причерноморья с Прибалтикой, на территории нынешней Украины скифы-сарматы знали и успешно разрабатывали местные месторождения «киевского сукцинита». А в Киевской Руси янтарь добывали под Киевом в районе Вышгорода и на Полесье. Об этом свидетельствуют находки в курганах тех времен в Киевской, Одесской и Николаевской областях украшений из восковидного светлого и темно-желтого янтаря (характерные цвета украинского сукцинита и карпатского румеита). Финикийские и арабские купцы очень ценили их и скупали на крупнейших рынках Причерноморья в устьях Днепра и Буга (в Ольвии).

Кстати, знатокам янтаря известно до 400 оттенков этого камня. Желтый янтарь иногда называют капустным. Более 200 лет назад (в 1763 и 1790 году) были описаны зеленые (с Сицилии) и синие (из Бирмы) янтари. Японский красный янтарь из окрестностей Камадо называют «драконовой кровью», а под Львовом найден янтарь рубиново-красного, вишневого и багряного цветов. Яркая огненная окраска бывает также у янтарей Сицилии, на северном побережье Африки, в Австралии и Венгрии. На Волини (пос. Клесово) встречается самоцвет коричневого цвета. Очень редко находят «черный янтарь» — минерал гагат, ничего общего с янтарем, кроме внешнего вида, не имеющий.

Подарки Посейдона

Однако не слишком ли мы увлеклись историей вопроса? Не пора ли вернуться в современность? Читатели уже, наверное, догадались, что большинство современных месторождений янтаря и ископаемых смол относятся к морским и прибрежно-морским россыпям. Прибрежно-морские его скопления сегодня распространены на берегах Средиземного (Сицилия, Италия, северные берега Африки), Черного (дельта Дуная), Балтийского и Северного (Дания, Швеция, Германия,



Польша, Финляндия, Нидерланды, Литва, Латвия) морей, а также на побережье Северного Ледовитого океана: устье Печоры и Чешская губа в Баренцевом море; Мезенская губа Белого моря; северный берег полуострова Канин Нос; устья Индигирки в Восточно-Сибирском море; берега Карского моря и моря Лаптевых между реками Пясины и Хатанга; берега Карского моря между Енисеем и Обью. Янтарь встречается и на Тихом океане: на Дальнем Востоке, на побережье Татарского пролива, на Алеутских островах, на Аляске, а также в Новой Зеландии.

К морским месторождениям относятся скопления янтаря на Балтийском побережье, на Украине, в Сибири и Бирме. 90% мировой добычи янтаря дают его месторождения на Земландском полуострове (северо-запад Калининградской области), которые продолжают под морским дном и обнажаются в Балтийском море на глубине 7–8 м. Содержание самоцвета в пластах «голубой земли» на глубине 8–10 м здесь достигает 1,6–2,5 г/м³, мощность ее слоев колеблется от 1 до 10,2 м.

Самый древний способ добычи янтаря, практиковавшийся вплоть до XIII



века, — сбор выброшенного морем камня на побережье. Подсчитано, что за три тысячелетия на берегу Балтийского моря было собрано 125 тыс. тонн янтаря. При этом ученые полагают, что и сегодня в этом районе ежегодно вымывается и выбрасывается волнами на берег до 38 тонн «золота Севера». В 1862 году, например, после «янтарного шторма» за одну ночь море дало 2 тонны самоцвета, а янтарь, подаренный человеку морской стихией в ночь с 22 на 23 декабря 1878 года, жители района Пальмникен (сегодня пос. Янтарный) собирали несколько лет. В Польше и сейчас ежегодно собирают и вылавливают в море до 4 тонн янтаря. Кроме того, на побережье Балтики найдены и самые крупные в мире куски янтаря весом 12, а также 9,7 и 7,0 кг. Любопытно, что в 1264 году орден Тевтонских рыцарей, владевший тог-



да нынешней Калининградской области, объявил все янтарные земли своей собственностью и установил так называемый «янтарный регал» — монопольное право на сбор самоцвета. Последующими законами 1394, 1466 и 1581 года были установлены правила для жителей побережья, по которым они не имели права собирать янтарь без специального вердикта ордена. Были также созданы «янтарные суды», которые приговаривали нарушителей, скрывших янтарь от властей, к пыткам, казни через повешение или колесование, ссылке.

В XVI веке янтарь добывали черпанием сетью «кесале», бороздившей донные выходы «синей земли» и заставлявшей всплывать более легкий, чем морская вода, самоцвет. С XVI–XVII веков в Польше начали практиковать шахтный способ добычи, а в XIX веке стали применять землечерпальные машины. Первые шахты в районе современного поселка Янтарный были заложены в 1873 и 1883 году. Они проработали до 1922 года и давали до 205 тонн янтаря в год. С 1912 по 1972 год велась открытая разработка янтароносного карьера глубиной 50 м на месторождении Прика-

рьерное. С 1880 по 1938 год здесь было добыто 7734 тонны янтаря.

В 1948 году заработал комбинат в поселке Янтарный, а в 1977 году вступил в строй еще один участок Приморского месторождения, на котором добыча велась открытым способом в карьерах глубиной до 70 м с помощью мощных гидромониторов. До недавнего времени Калининградский янтарный комбинат добывал только на одном месторождении вблизи Янтарного 550–600 тонн янтаря-сукцинита в год, а общие его запасы в Балтике, по оценкам немецких геологов, составляют 5 млн. тонн.

Заканчивая рассказ о «морском ладане», хочется отметить, что его красота и благородные свойства веками вдохновляли поэтов и художников. Сравнение с янтарем придавало блеск, теплоту и даже вкус самым неожиданным объектам творчества. Как, например, красиво и смачно звучат строки Гавриила Державина:

*Багряна ветчина, зелены щи с желтком,
Румяно-желт пирог, сыр белый,
раки красны,
Что смоль янтарь-икра
и с голубым пером
Там щука пестрая — прекрасны!*

Нельзя также не вспомнить одно из знаменитых и загадочных произведений искусства, выполненное из этого самоцвета, «восьмое чудо света» — Янтарную комнату. Этот шедевр около 200 лет украшал Екатерининский дворец в Царском Селе под Санкт-Петербургом, построенный в 1752–1757 годах архитектором Варфоломеем Растрелли и называвшийся Русским Версалем.

В XVI–XVII веках монопольным правом на обработку янтаря в Восточной Пруссии владела так называемая «янтарная гильдия» — обществу мастеров, основавших свои цеха в Кольберге (1586) и Кенигсберге (1646). Основу их производства составляли мелкие украшения, шкатулки, статуэтки, табакерки, вазочки, светильники и другие декоративные изделия. В XVIII веке с ростом мастерства резьбы по янтарю в ассортимент изделий из самоцвета стали входить скульптурные фигуры, ансамбли, короны и другие атрибуты власти, а также мозаики, панно, которыми инкрустировали мебель и стены парадных комнат.

Датский резчик по янтарю Г.Туссо — первый автор Янтарной комнаты ваял свой шедевр в Данциге девять лет (1701–1709). Однако трудился он вовсе не для русского монарха, а по заказу прусского короля Фридриха I, создавая его рабочий кабинет в Потсдаме. Со временем большая часть янтарных панно была перенесена в городской замок Берлина, где в 1712 году эти прелести попались на глаза Петру I.



РАДОСТИ ЖИЗНИ

Тогда, со свойственной ему эмоциональностью, государь России не смог скрыть восхищения работой мастера. Дальновидный политик Фридрих I не упустил из вида этот момент. В 1716 году он сделал Петру «преизрядный презент» в виде Янтарной комнаты в честь его победы над войсками шведского короля Карла XII под Полтавой (1709). Тем самым выражалась не только дань уважения русскому оружию и доблести ее воинов, но и надежда на будущую безопасность восточных границ Пруссии. Кстати, Петр в долгу не остался и послал в ответ Фридриху 55 солдат-богатырей ростом более двух метров — пропорционально площади прусского подарка (55 м²).

До смерти Петра I комната существовала по интересам петербургских дворцов. Только в 1755 году 76 специально обученных гвардейцев под надзором Растрелли по указанию дочери Петра царицы Елизаветы перенесли на руках янтарные сокровища из резиденции ее родителей Малого Зимнего дворца в Царское Село. В 1760 году итальянский резчик по янтарю Мартелли выполнил реконструкцию комнаты (на нее ушло 600 кг янтаря), после чего она была окончательно установлена в Русском Версале. В обновленном виде янтарная комната просуществовала до 29 сентября 1941 года, пока немецкое командование группы армий «Север» не внесло свои коррективы в судьбу «преизрядного презента» приказом о вывозе ее из Кенигсберга. Впрочем, недавно британские журналисты Эдриан Леви и Кэтрин Скотт-Кларк выдвинули новую версию: что немцы не успели этого сделать. Они упаковали комнату в ящики и подготовили к вывозу в Германию, но после вступления в город Красной Армии сокровища сгорели при случайном пожаре. Так это или нет, остается тайной до сих пор.

Что еще можно прочитать о янтаре

Сребродольский Б.И. Мир янтаря. К.: Наукова Думка, 1988.

Фракей Э. Янтарь. М.: Мир, 1990.

Лебедев В. Янтарь России. Калининград: Изо-Центр, 2000.

Камни мира. М.: Аванта+, 2001.



ASDD
MOSCOW 15

International Symposium

Advances in Science for Drug Discovery

CHEMISTRY · BIOLOGY · INFORMATICS

July 11 - July 16, 2005

Symposium will be held on River Ship Cruise
Moscow - Kij - Valaam - St. Petersburg

International Organizing & Scientific Committee

Chairman of the Symposium
LEONARD FRIEDBERG, CEO, The Scripps Research

Chairman of the Chemistry Panel
ALEX POLYAKOV, Ph.D., Novartis, Basel

Chairman of the Biology Panel
ANDREW G. LUKAS, Ph.D., University of California, San Diego and Scripps
The Scripps Research Institution

Chairman of the Informatics Panel
BENJAMIN ALLEN, Ph.D., Indiana University Research Center

Co-Chairmen of the Symposium

LEONARD FRIEDBERG, The Scripps Research
Eugene R. Kuvshinov, Ph.D., Novartis
Michael J. Gostisyn, Ph.D., Novartis, Institute for Drug Discovery
Dmitry Selkover, Ph.D., Novartis, Basel

Kij

Valaam

St. Petersburg

Moscow

Organized by

www.asdd.org
asdd@scripps.edu
asdd@novartis.com



Please do not miss this opportunity for support for the symposium and to attend the ASDD 15th Anniversary Symposium. We are looking forward to seeing you in Moscow and St. Petersburg in the U.S. and to your travels home.



Компания LG Chem, являющаяся крупнейшим в Южной Корее производителем и разработчиком химической продукции, объявляет набор химиков-исследователей для работы в исследовательском центре LG Chem в Южной Корее.

ТРЕБОВАНИЯ:

1. Высшее образование и опыт исследований в следующих областях химии, физики и биологии:

- ◆ Органический и неорганический синтез
- ◆ Кинетика, катализ
- ◆ Спектроскопия
- ◆ Химия и физика высокомолекулярных соединений
- ◆ Электроника, оптоэлектроника, оптика, оптофизика
- ◆ Электрохимия
- ◆ Источники тока, топливные элементы
- ◆ Тонкие пленки, покрытия
- ◆ Вычислительная химия
- ◆ Химия биологически активных соединений
- ◆ Биополимеры, биокатализ
- ◆ Жидкие кристаллы
- ◆ Материалы для MEMS, микросхем
- ◆ Нанотехнологии, наноматериалы
- ◆ Химическая технология

2. Хороший уровень английского.

3. Возможность выезда в Корею для работы по контракту не менее чем на один год.

УСЛОВИЯ:

- ◆ работа в Южной Корее в исследовательском центре LG Chem
- ◆ первый контракт заключается на 1 год с возможностью продления
- ◆ высокая заработная плата (обсуждается на собеседовании)
- ◆ авиабилет, получение визы, квартира и обеды оплачиваются LG Chem отдельно.

Просим высылать резюме на английском языке по электронной почте:

lyana_pak@lge.com

Телефон: +7 (095) 721-1170

Белобородов Дмитрий, Пак Ляна



ВАКАНСИИ,
ВЫСТАВКИ



БИОТЕХНОЛОГИЯ 2005

VII международная специализированная выставка
Оборудование. Технологии. Сырье. Продукция

31 мая - 3 июня 2005

Санкт-Петербург. Петербургский СКК

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ

- Биотехнологии в медицине, фармацевтике, косметологии
- Биотехнологии в пищевой промышленности
- Биотехнологии в сельском хозяйстве
- Биотехнологии в агропродовольствии
- Биотехнологии в энергетике
- Биотехнологии в биотехнологической промышленности
- Биотехнологии в экологии
- Биотехнологии в химической промышленности
- Оборудование для биотехнологической промышленности. Приборостроение
- Стандартизация, сертификация и лицензирование биотехнологической продукции
- Тара, упаковка, хранение, маркировка и транспортировка
- Фундаментальные исследования. Новые методы и технологии исследований, тенденции и пути развития биотехнологии
- Проектирование и строительство биотехнологических предприятий

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Выставочное объединение "СИБЕЛ" при поддержке:
- Министерства образования и науки РФ
 - Европейской ассоциации фармацевтической биотехнологии
 - Talsi Bio Valley, Финляндия
 - Ассоциацией предприятий и организаций пищевой промышленности "Северо-Запад"
 - НИИ антибиотиков и ферментов медицинского назначения
 - ПИЛ ГОСНИИ особая часть биопрепаратов

В рамках программы выставок VI международный форум
"БИОТЕХНОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ"

КОНТАКТЫ

Дирекция выставки "БИОТЕХНОЛОГИЯ 2005"
тел./факс: +7 812 596-37-81. 324-64-16
e-mail: biotech@sibel.spb.ru
www.sibel.spb.ru/bio



ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ



Министерство экономического развития Российской Федерации и Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Министерство промышленности и торговли Российской Федерации

The Sixth International Forum
 High Technology of 2005

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
 Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Министерство экономического развития Российской Федерации

18-22 апреля
 2005 г.
 Москва

www.vbz.ru

ЭКСПО-ЦЕНТР

Международный форум
 «Высокие технологии XXI века»
 18-22 апреля 2005 года

VI Международный Форум

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

- Информационные технологии
- Биотехнологии
- Нанотехнологии
- Энергетика
- Аэрокосмические технологии
- Автомобильные технологии
- Материаловедение
- Промышленные технологии
- Новые материалы
- Новые технологии в строительстве
- Новые технологии в сельском хозяйстве
- Новые технологии в легкой промышленности
- Новые технологии в пищевой промышленности
- Новые технологии в фармацевтической промышленности
- Новые технологии в химической промышленности
- Новые технологии в металлургии
- Новые технологии в машиностроении
- Новые технологии в текстильной промышленности
- Новые технологии в обувной промышленности
- Новые технологии в ювелирной промышленности
- Новые технологии в полиграфической промышленности
- Новые технологии в легкой промышленности
- Новые технологии в текстильной промышленности
- Новые технологии в обувной промышленности
- Новые технологии в ювелирной промышленности
- Новые технологии в полиграфической промышленности

Телефон: +7 (495) 740-0000, +7 (495) 740-0001
 Факс: +7 (495) 740-0002, +7 (495) 740-0003
 E-mail: +7 (495) 740-0004, +7 (495) 740-0005

Санкт-Петербург

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ЭКСПОХИМИЯ 31 мая - 3 июня 2005



Крупнейшая в Европе выставка России, посвященная химии и химическим технологиям, организуется в Санкт-Петербурге с 31 мая по 3 июня 2005 года. Впервые выставка выставлена в рамках EXPO CHEM, первая выставка, посетители которой достигли 50000 человек.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
- ОБЪЕДИНЕННЫЙ РАЗДЕЛ «Углеродные материалы и их применение»
- ТЕХНОЛОГИИ И УПАКОВКА АММИАКА И ПРОДУКТОВ
- СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИКИ
- МАШИНОСТРОЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ
- ТЕХНОЛОГИИ И УПАКОВКА СУЛЬФИДА И СУЛЬФИДАТА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ	САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭКСПО-ЦЕНТР	САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭКСПО-ЦЕНТР
31 мая - 3 июня 2005 года	31 мая - 3 июня 2005 года
www.expochem.ru	www.expochem.ru
Тел: +7 (812) 490-0000	Тел: +7 (812) 490-0000
Факс: +7 (812) 490-0001	Факс: +7 (812) 490-0001
E-mail: expochem@expochem.ru	E-mail: expochem@expochem.ru

Телефон: +7 (812) 490-0000

ГОС.РУ. EXPOCHEM

www.expochem.ru
 EXPOCHEM
 EXPOCHEM

www.expochem.ru
 Санкт-Петербург, Петербургский Экспо-центр
 Российский химический союз, ул. К. Маркса, 100

EXPOCHEM
 ТЕЛЕФОН: +7 (812) 490-0000, +7 (812) 490-0001
 ФАКС: +7 (812) 490-0002, +7 (812) 490-0003
 E-MAIL: expochem@expochem.ru



Художник Е. Станикова



Расскажу — не помилую!

ФАНТАСТИКА

Петрок Дивинильзон оборотился котом — легче легкого. Расплылись буквы на странице, зашумело в ошетинившихся ушах, пол мягко пришелся под лапы.

Первым делом оглянулся — особенно хотелось, чтобы хвост вышел ладным. Там, сзади, все оказалось весьма достойно. С невыразимым удовольствием оборотень погоял мышцы волнами вдоль хребта под переливчатой шерстью, выпустил и втянул когти.

Хорошо быть котом в расцвете сил!

Трехнедельный курс оборачивания прописал Петроку личный врач, ибо Дивинильзон жил слишком рьяно и от многих трудов ослабел. Стал видеть тяжелые сны, где все складывал и вычитал, извлекал квадратный корень, а корень тянулся и ничем не оканчивался. А иногда, бывало, вычисленный по всем правилам расход оборачивался потопом, и кубометры в час неслись, будто стадо диких ослов, заливали с головою... Петрок просыпался в отчаянии и до утра лежал неподвижно, не в силах поверить, что все хорошо и потопа не будет.

Дневные дела от такой напасти пошатнулись. Вот Петрок и подался к врачу. А получив от него предписание, купил специальное, семикратно опечатанное пособие — и сразу расстроился. На двадцати страницах предлагалось больному обернуться на выбор: и птицей Грух, и зверем Андриком, и китохвостым Тритоном с торсом чемпиона по телосложению. Допустим, против Груха или роскошной Квамы Петрок ничего не имел, но ведь какая мука — выбирать! А всеми не перебудешь — вместо отдыха получится такая ерунда... И только на странице пятнадцатой уронил книгу Дивинильзон — ахнул и задрожал.

Там был кот.

А котов наш вычислитель расходов любил. Не то чтобы дома держать воздушно-толстого мохерового или же голопузого ушастого кимру — нет. Однако на улице, если видел, как ловкая тварь в неприметную полосочку выслеживает воробья, кончиками усов примечая все остальное, тогда и Петрок замирал, выжидая исхода. Или когда двое бойцов несутся, распушив хвосты, выкликая «уау!», и схватываются не на шутку на заборе — тогда и сам Петрок чуял, как шевелятся пальцы — схватить и р-р-растерзать! А уж когда попадалась ему в жаркий полдень скромно лежащая в тени кошачья молодка — как не остановиться, не порадоваться тому, до чего все в зверице соразмерно и плавно: ни тебе толстобедрия, ни кривоногости, ни глупо-любопытства в томных очах!

Потому-то и запрыгало сердце Дивинильзона: на картинке кот был — красавец. И как раз в Петрокову масть — рыжий, да еще эти черепаховые подпалины. Хвост столбом. Глаза — как это — яхонтовые? В общем, что надо глаза.

Более над выбором Петрок не раздумывал.

Для лечения Дивинильзон снял себе подходящий заброшенный домик с немногими удобствами и даже не вспоминал о том, что он — приличный человек. Ему не пришлось учить длинные заклинания или соблюдать нелепые гейсы — вроде того, что нельзя смеяться, будучи в облике зверя. Это все сказки. Формулу Петрок принял внутрь в виде пилюльки, а для осуществления действия пересек магнитные линии, перекинувшись через особый ножик. Петрок намеревался быть котом, если понравится, хоть все три недели без перерыва. Ни врач, ни лечебное пособие на этот счет никаких запретов не оговаривали.

Впервые за много лет он был свободен!

Радость словами не выразить. Он только подумал, что драться в первый день не станет: с этим всегда успеется, а нынче будет просто гулять, поймает что-нибудь мелкое для пропитания и просто освоится в роскошной шкуре.

Исполнилась тайная мечта вычислителя — и не когда-нибудь там «в следующей жизни»... Ослепительно иной мир открылся ему с высоты полутора пядей. Все на диво поновому пахло, шуршало, переливалось. Глупые печали разом вылетели из головы — благо, теперь и места в ней было поменьше. И Петрок отправился гулять.

Между тем дела в мире шли своим чередом: за тридевять земель отсюда у народа чудинов и веринов случилась беда. Старый Имянем, хитрый и злющий, вождь без палки и царь без печати, занемог. А чудины и верины, именуемые по незнанию еще чучьверхами, чувырлами и чохами, вообще-то не болеют. Нечему у них, грибов каменных, болеть. А значит, ни лекарей, ни знающих бабок у этого народа в помине нет (да что я вам рассказываю: всем известно, что у чохов ни девиц, ни женок в заводе нет, а уж бабок и подавно). Потому Имянем долго сох и покрывался трещинами в небрежении. Соплеменники прониклись тревогой лишь после того, как вождь ни с того ни с сего рассыпал в прах троих добытчиков, а собранные ими разноцветные крышечки, которые так любила богиня, сокрушил и опоганил до неузнаваемости.

Тогда умельцы чудины, от греха подальше, связали вождя лучшими лыковыми плетенками и положили в нижние пещеры на сохранение, а быстроходы и скородумы верины отрядили самого смышленного в сорок первую землю — к ближним соседям тупорылым — авось те что-нибудь посоветуют. У тупорылых совет был даровой, на то в племени содержался широковещательный дух в бутылке. Как он к тупорылым попал — это история путаная, не место и не время тут об этом рассказывать. Разбуженный дух померцал, покочевряжился для виду и поделился знанием.

Скучает ваш вождь, сказал мудрец из бутылки. А лечить скуку надо, молвил потом, всякими диковинками.

Какими же, о мудрейший за стеклом?



Мы начинаем публиковать рассказы победителей конкурса фантастики «Химии и жизни», который проходил в интернете, на сайте «Самиздат» при Электронной библиотеке Максима Мошкова (zhurnal.lib.ru). Первое место заняла Юлия Сиромолот (Украина). Юлия живет в городе Ясиноватая Донецкой области. В «Химии и жизни» она печатается не впервые — в № 6 за 1997 год была подборка ее стихов. Кстати, совсем недавно вышла в свет повесть Юлии Сиромолот и Андрея Максименко «Ветер на дне колодца» (Екатеринбург, «У-Фактория», 2004).

Ишь чего захотели! Все вам расскажи!
И с тем свернулся дух, замолчал.

Чесал в затылке озадаченный веринский посол. Вздыхал и разводил ручищами старейшина тупорылых. Склонил в печали пеньковые головы весь чувырловский народ.

Что за диковинки такие? Где обитают?

Посол, доложив вест, не поел даже сосновой лапши с дороги — тут же помчался в другую сторону, а потом и на все четыре: искать известного во всех надесятих землях ходока и любомудра — деда Зная.

Нашел.

Знай торопиться с ответом не стал. Сварил и опростал горшок каши, скурил три дымогарки из яблоневого листа, посла угостил пареной соломою. Вынул с полки толстую книгу, развернул, показал, какие бывают чудеса.

Увидел изумленный посол такое, чего после толком описать не умел, больше показывал — вот тут будто куст, и так сверкает, и сяк, и оттуда на длинной ветке — смотрит!

— Да кто смотрит-то? — спрашивали чудины.

И посол, морща острый нос, гордо отвечал:

— Жар-птица!

А еще, рассказывал посол, другая там была диковинка — зверь маленький, толстенький, хитроглазый. Сидит важно на хвосте, поднявши кверху когтистые лапы, а кругом всякий люд толпится, разинув рты — слушает.

Кот-баюн называется это чудо.

А еще есть рыба-кит.

А еще единорог...

Тут среди народа поднялся шум и гвалт. Посла за лишнее рвение закидали гнилушками, потому что чудины и верины — не нищие, это известно, но даже если они все сокровищницы выметут под метелку — кто же отдаст им и рыбу, и птицу, и зверей?

Долго кричали, долго спорили, пока наконец один старый верин не проскрипел: кидайте жребий, каменные головы!

Кинули жребий случайно уцелевшей священной крышечкой, впопыхах забыли придумать — на что? Смутились, поостыли, бросали опять, и отправился в дальний путь чудин-молодец, чтобы не помер вождь лютой смертью — от скуки.

Петрок сидел на каменном заборе рынка, сладко жмурился. После бурной ночи радовал его утренний свет, и молодое солнце тоже щурилось — будто там, за тополями, разлегся свой брат кот, довольный жизнью. Петрок лениво выпускал и втягивал когти — с солнцем не позадираешься, высоко!

И насторожился вдруг — поймал чей-то взгляд. Уж не Глазун ли из рыбного ряда — вздорный, жадный, бесхвостый,

весь в чешуе? Ему только повод дай — драться не станет (куда ему, старый уже!), зато испортит отдых настырными криками и смрадом.

Нет, старика не видно. Из своих братьев только серенький котенок толстой Мальвы копался в земле под деревом.

Кто же это поглядел — недобро так? Может быть, ворона? С воронами Петроку связываться тоже не хотелось. Враги они оказались сильные, страшные. Но и ворон поблизости не было, все с первым солнцем подались на свалку.

В общем, никого. Или пролетел кто — высоко в небе, только мимоходом задел чутье? Петрок опустил голову на лапы, прикрыл золотые глаза.

Внизу, под забором, от каменного столбика отделилось что-то почти невидимое, юркое донельзя, шмыгнуло у первых хозяек под каблуками, скрылось в пыли.

Раскалилась от солнца базарная площадь, разболелась от шума и вони курчавая голова у горца, разомлели в плетеных клетках его гусыни и гусаки. Задремал, подергивая лапой, привязанный к столбу индейский петух. Не петух — петушище; пока не сморила его жара, все поглядывал злым стеклянным глазом на гусынь, надувал перья на груди, пуская медные зайчики.

Горец уже и носом ткнулся в согнутую руку, как вдруг с той стороны прилавка выскочил кто-то. Пальцы корявые, личико сухонькое, голос скрипучий.

— Это что? — И пальцем ткнул в индюка.

— Нэ видиш, птыца! — сонно отвечал горец.

— Какая? Почему такая?

— Ай, птыца — зверь! Такая порода ей.

— Птица? Зверь? Может — жар?

— А хочэш — жар, хочэш — вары, только забирай, да? Всех ганял, бабу мою ганял — забирай!

— Заберу, — пискнул полуденный не пойми кто.

Нагнулся сын вершин, с опаской отвязал «зверь-птицу», спутал лапы и поставил на прилавок. Тщедушного покупателя продавец не увидел, ахнул, ругнулся, то ли моргнул, то ли от злости в глазах помутилось: глядь, а уж индюка и нет. А на прилавке камешек лежит, зеленю переливается, и кучка тяжелого золотого песка.

Ну и дела!

Из рыбного ряда хозяйской походкой вышел Петрок. Он был сыт. Солнце играло на рыжей морде. Кот-оборотень сел в стороне от людских ног, степенно занялся гигиеной. Он вылизывал шерсть, урчал, заводил глаза от удовольствия. Шла вторая неделя кошачьего бытия, и Петрок все еще был очень доволен. Никакого обмана или смуты не было в жизни мелкого хищника, и все служило ему преотлично — и золотые глаза, и розовый нос, и уши, и хвост, и когти, да и прочее... Вылизавшись, Петрок уже чуял в теле священную лень, но то ли перцем потянуло



откуда-то, то ли что другое отвлекло. Ах! Что это там сверкает белым огнем? Любопытство — кошачий грех. Петрок потянулся, скорчил притворно равнодушную гримасу и отправился посмотреть.

Привезли и сгружали возле хозмага зеркала. В яростный полдень от них шла прохлада, солнце в их серебряном нутре становилось изжелта-белым, ледяным. В тени навеса зеркала подергивались вечерней синью. На убитой земле перед входом плескались световые пятна, как от воды.

Петрок подошел поближе, тронул лапой прыгучее отражение — словил свою же тень. Повернул голову — ах, вот он, во всей красе! И, ступая легче перышка, стал еще поближе. Никогда раньше он этим не соблазнялся (дело женское — во всякое отражение глядеться), но теперь! Приказчик кинулся напугать дерзкое животное, но Петрок и ухом не повел. Оборотня одолело озорство: он плавно, будто дева в модном платье, прошелся туда-сюда, показывая стати, затем принялся играть глазами, придавая морде то грозное выражение тигра, то равнодушие статуэтки египетской, то блаженно их закатывал, точно божок страны Ни Пхон.

Приказчик замер, дивясь на такое. Грузчик опустил ношу. Две покупательницы вышли из ювелирного ряда и тоже остались глядеть на чудо.

Петрок чувствовал что-то (был бы человеком, сказал бы: хмельное), веселый дух будто щекотал в подбрюшьи.

Он поднялся на задние лапы и пошел гоголем. Народу собралось уже человек десять — все ахнули. Петрок, подбоченясь, гордо оглядел искривленные зеркалом рожи зевак и провел когтями по усам.

Быть бы и от этого крикам, шуму и базарному столпотворению, но тут случилось такое, что и рассказать-то не выйдет внятно.

Петрок, застывший эдаким котом в сапогах — без обуви, но с приличной осанкой; разинутые рты и выпученные глаза; одна из дамочек, хватая ртом воздух, вот-вот свалится в обморок; и что-то непонятное, незаметное, темный ком какой-то, вихрь.

Опомнились — никакого чудо-кота, только зеркало разбитое — черной звездой да три смятых пера на земле.

Ну, и дамочка — само собой, в обмороке.

Когти не помогли. И зубы — чуть не сломал их, пытаюсь разорвать вора. Казалось, будто снится страшный сон (не кошачий, но и не человеческий ведь), как в один миг полдень на воле сменился душной пещерой, где едва разгоняли тьму гнилушки в зубах у статуй. А приглядеться — так и не статуи это. Хотя и похоже, будто рубил их из сырого камня полупьяный неумеха, однако же глазками они лупают, пальцами кривыми на пузе шевелят, а

иногда и пятку о пятку почесывают.

Петрок очутился в плену: подземелье, живые каменные стражи, а у него — клетка-плетенка из толстенных прутьев, а рядом привязан за ногу — но все же без клетки! — злой индейский петух. Петроку Дивинильзону было худо, он и петуху завидовал, и сторожей боялся, и мучился от тесноты. И голод его терзал, потому что еда поганых демонов-похитителей никак для кота не годилась: лапша из коры да желуди с ряской.

Но хуже всего было другое. Стоило Петроку смежить веки (а что еще делать коту, когда делать нечего?), как подступали тревожные видения. Поначалу он дурного не предчувствовал (мало ли что, сон — отрада пленника), но эти...

Ох, эти!

Ему снился блеск, острый блик, будто рыбка упала с весов и бьется на земле... но это не рыбка — то нож!.. Ах нет! Это месяц, узенький месяц, тот, что вышел из тумана, а уж у него в кармане ножик...

Не с первого такого сна, но очнулся в ужасе: выйдет в небо узкий месяц, вынет ножик, чтобы Петроку из оборотня стать опять человеком — а нету! Нету ни кота, ни человека — унесен в далекую страну, в края неизвестные.

Между тем вождю Имянему стало совсем худо. Вытащили его из сохранения — а он уже и крошиться кое-где стал, и все пальцы пообглаживал, и правый глаз у него сделался страхом в ночи. И это сверх меры огорчало чудинов и печалило веринов, а тут еще новая загвоздка: диковинки-то — вот они, а как ими вождя лечить, непонятно. Подвесили посла кверху пятками — верещит, а ни в чем не признается: не знаю, и все тут!

Послала вызов Знаю — дорого, а что делать! Пока посол на одной ножке доскачет... а вызов чуть не позади ответа бежит, если с толком отправлен.

Ждали, беспокоились, а старик (он сморкался как раз, когда вызов настиг) прочистил ноздри (гул пошел по всему чудинскому и веринскому подземелью), сунул мудрую голову в умывальную бадью и все непутевым короодам рассказал. Жар-птице, пробулькал, сиять положено и петь песни бодрым голосом, а коту-баюну — сказки сказывать.

Вот тут беды и начались. Жар-птица во тьме сиять отказывалась, даром что приставленные к ней верины натерли каждое ее перо своими наждачными ладошками (ох и потрепал же их петушище: кого в глаз, кого в пуп, кого ногой промеж хилых плечиков... но они ведь упорные!). Орал петух, правду сказать, много и охотно, но это разве пение?

Тогда приступили к баюну. А что баюн? Петрок Дивинильзон, измученный страхом и голодом, и рад был бы что сказать, но заклятие не пускало.



ФАНТАСТИКА

Худо было Дивинильзону, потому что неумолимо подходил срок и кошачье бытие истончалось, но кот оставался, привязанный волшебной пилюлькой, — разрезать же заклятие было нечем.

Когда был котом — просто боялся. Когда же судорожно, толчками прорывался в самого себя — тогда боялся так, что тут же и назад, в темноту, в глубину кошачьего мозжечка — и там сидеть, и будь что будет!..

И так метался — ни туда, ни сюда. Сбежать бы, мчаться прыжками по сырой траве — да с чего он взял, что там трава? Тьма там кромешная да тридевять границ... но мчаться и все-таки найти тот заветный ножик, перекинуться, спать в постели, есть досыта...

Но зорко стерегли его каменные чудины, и надолбами поперек пути — стражи-верины, и болота дымились, и леса росли — не для него.

Ослабевший кот-оборотень лежал в клетке пластом. И даже не пошевелился, когда индюк просунул сквозь прутья наглый клюв. Грозный петух разгуливал по пещере, сколько позволял лыковый поводок. Сытая, толстая, медная птица-самовар с кровавым глазом и отвратительной кишкой под носом. Ну, клюнь меня, вяло подсказал Петрок мысленно, ведь хочешь же клюннуть, а когтей моих боишься. Не хватает мозгов понять, что я и пальцем, и лапой, все равно ничем не пошевелю.

Индюк прицелился, дунул для острастки в кишку — передумал, что ли? Погреб ногой, притворился равнодушным, отошел.

Петрок, замороженный голодными спазмами и потусторонним шумом в ушах, не видел, что случилось затем.

Очнулся от того лишь, что ужасная тяжесть рухнула на него. Клетка зашаталась, прутья треснули. Как ни слаб был

оборотень, но кошачьи девять жизней помогли. Петрок ша-рахнулся, заскреб задними лапами, изловчился — и прямо перед собою увидел медные перья, и гребень, и кишку.

Петух корчился, плескал крыльями, дрыгал чешуйчатой лапой, клекотал. Петрок зашипел, но птице было не до того. Она задыхалась. Жадина индюк подавился желудком, и приходил ему конец.

Стражи ничего и понять не успели, петух еще дернул пару раз шпорами, кашлянул — и затащил глаза пленкой. Сдох.

А у оборотня шерсть на хребте стояла дыбом, но чуть ли не страшнее вражьи когтей и клюва оказалась простая мысль: да это же еда... Перед Дивинильзоном (вычислителем в теле рыжего кота) лежала пища. Живая. Теплая. Не добыча, конечно, но и не падаль еще. Тьфу, о чем я! — нервно всхлипнул вычислитель, и кот одержал верх.

Злой кот, одуревший кот подскочил на слабых лапах, вцепился в шею. Ни о чем не думал — шматовал бедного петуха, захлебывался, жалел по-кошачьи, не по-человечески, что такую тушу ни в жизнь не сожрать...

Но вот что странно. Пока он хлебал, и грыз, и давился, что-то происходило, словами не объяснить. Урчащий кот отступал, засыпал, что ли, побежденный едой, — и поднял измазанную кровью, в перьях и пуху морду. И утерся, и облизал лапу. И зыркнул на стражей заблестевшими дерзкими глазами — чудо-зверь, кот — не кот, но и не прежний вычислитель расходов!

— Эй, вы, пятки каменные! — крикнул им, сначала хрипло, но тут же звонче, крепче стал голос. — Эй! Ну, где там ваш старый хрыч, которому сказки! Теперь-то я ему все расскажу!

Расскажу, расскажу — не помилую!

Не все то перманганат, что фиолетовое

Художник Н. Краштин



Преподаватель химии из Палмерстон-Норта (Новая Зеландия), Тревор Китсон, любит озадачивать своих учеников таким трюком. Сначала он рассказывает им, что растворимость различных веществ зависит от полярности растворителя. Вода — сильно-полярный растворитель, поэтому в ней хорошо растворяются многие ионные соединения (например, гидроксид калия, поваренная соль), а также полярные органические соединения (сахар, лимонная кислота). А неполярные молекулы серы, белого фосфора, парафина в воде не растворяются. Эти факты демонстрируют эмпирическое правило, известное еще алхимикам: «Подобное растворяется в подобном». Так, сера и фосфор растворяются в неполярном сероуглероде.

Полярность определяет и возможность взаимного смешения двух жидкостей. Так, вода не смешивается с неполярным гексаном. Гексан — очень легкая жидкость (плотность $0,65 \text{ г/см}^3$), поэтому его слой находится наверху. Но поскольку обе жидкости бесцветны, Китсон сообщает учащимся, что четкая граница между двумя фазами хорошо видна, если подкрасить слегка подкисленную воду марганцовкой (подкисление нужно, чтобы раствор перманганата не окрашивался в коричневый цвет из-за медленного разложения: $4\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{MnO}_2 + 3\text{O}_2 + 4\text{KOH}$).

Далее преподаватель достает из картонной коробки две колбы — с водой и с раствором перманганата, отливая из каждой небольшое количество в цилиндр и показывая, что нижний водный слой, окрашенный в знакомый всем красно-фиолетовый цвет, отделен от бесцветного верхнего слоя четкой границей. Убрав колбы в коробку, он через некоторое время повторяет опыт, взяв второй цилиндр. Однако на этот раз красно-фиолетовый раствор оказывается наверху!

Китсон хватается за голову: «Да что же это такое! Почему мне так не везет? Вечно эти химикаты надо мной издеваются!» И лишь самые догадливые ученики понимают, что преподаватель их разыгрывает. Но в чем тут дело, они, конечно, объяснить не

могут, хотя и пытаются. Тогда Китсон добавляет в первый цилиндр воду из-под крана, а во вторую — гексан из склянки с надписью. Результат тоже удивительный: в первом цилиндре увеличивается в объеме нижний бесцветный слой, а во втором — верхний окрашенный! Становится очевидным, что красно-фиолетовый раствор во втором цилиндре — вовсе не водный раствор перманганата. Но ведь перманганат — полярная соль, как же он может раствориться в гексане? А это вовсе и не перманганат, сообщает преподаватель, а иод. Молекулы иода неполярные, поэтому иод в гексане растворяется хорошо.

Ученики тут же спрашивают, как же они могли перепутать растворы иода и перманганата? Ведь все знают коричневый раствор иодной настойки. Однако такая настойка содержит, помимо иода, водно-спиртовой раствор иодида калия. Цвет такой смеси определяется двумя факторами. Во-первых, молекулы иода образуют с иодид-ионами триодид-ионы I_3^- . Во-вторых, иод со спиртом образует молекулярные комплексы (их называют также

комплексами с переносом заряда), цвет которых отличается от «чистого» цвета иода в парах. Для демонстрации этого факта достаточно растворить несколько кристалликов иода в спирте, эфире или бензоле. В результате взаимодействия молекул иода с растворителем цвет раствора становится коричневым. А вот раствор иода в четыреххлористом углероде — фиолетовый.

Интересно, что реакционная способность иода в коричневых и фиолетовых растворах неодинакова: в коричневых растворах иод намного активнее. Например, в присутствии тонкого порошка свежестановленной меди 1%-ный коричневый раствор иода обесцвечивается за одну или две минуты, а фиолетовый — за 15 – 20 минут в результате реакции $\text{Cu} + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{CuI}$ (иодид меди (I) бесцветный). Каломель обесцвечивает коричневый раствор за несколько секунд, а фиолетовый — только за две минуты: $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{HgI}_2 + \text{HgCl}_2$.

С неполярным гексаном молекулы иода комплексов не образуют, так что цвет раствора получается такой же, как и у паров иода, — красно-фио-

РАССЛЕДОВАНИЕ

летовый, имитирующий цвет водного раствора перманганата калия. Спектры поглощения двух растворов похожи: оба поглощают свет с длиной волны от 400 до 600 нм, причем максимум в обоих случаях тоже совпадает (около 520 нм). Поэтому если удачно подобрать концентрацию двух растворов, то на глаз их невозможно различить! Зато отличить один раствор от другого очень легко с помощью прибора, регистрирующего спектры поглощения, — спектрофотометра: полоса иода «гладкая», тогда как на полосе перманганата хорошо видны отдельные зубцы.

В заключение Китсон доводит до сведения самых толковых учащихся, что перманганат калия все же можно растворить в гексане. Но для этого необходимо использовать особый реагент — краун-эфир. В его присутствии в воде растворяется даже сульфат бария. Подробнее о краун-эфирах можно прочитать в статье «Удивительные макроциклы» («Химия и жизнь», 1980, № 2).

И.Леенсон



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Рыба лучше колбасы

Американские ученые подтвердили, что избыток в рационе человека красного мяса, а также мяса, подвергнутого технологической обработке, повышает риск развития рака прямой или толстой кишки. Красное мясо — это гамбургеры, мясной хлеб, говядина, печенка и свинина, обработанное — бекон, колбаса, ветчина.

Предположения о том, что между красным мясом и раком прямой кишки существует связь, высказывались давно. Однако наблюдения иной раз противоречили друг другу, да и велись они так долго, что за это время у людей менялись пристрастия в еде. Новую работу считают наиболее представительной.

Майкл Тан из Американского общества по борьбе с раковыми заболеваниями в Атланте и его коллеги собирали информацию о 150 тысячах жителей США с 1982 по 1992 год. Ученые поделили их на три группы по количеству потребляемого мяса и в 2001 году отметили тех, у кого к этому времени развился рак прямой кишки.

Оказалось, что любители бекона и салами заболели раком прямой кишки в два раза чаще, чем те, кто практически не ел ничего подобного; те же, кто ел больше красного мяса, заболели в среднем на 40% чаще. Зато среди любителей домашней птицы или рыбы частота заболевания была меньше на 20–30%, даже если они имели избыточный вес, не занимались спортом, не ели фруктов и овощей (по сообщению агентства «News Nature» от 11 января 2005 г.).

Исследователи пока не знают, какие именно ингредиенты мяса могут спровоцировать развитие рака. Возможно, это железо, токсины, формирующиеся во время приготовления пищи, консерванты.

Прежде чем безоговорочно утверждать, что есть красное мясо вредно, необходимо провести дальнейшие исследования. Тем не менее уже сейчас диетологи США советуют сократить потребление красного мяса и перейти на более здоровую пищу. Например, Вальтер Виллетт, эксперт по вопросам питания из Гарвардской школы здравоохранения в Бостоне, считает, что, если красное мясо заменить рыбой, домашней птицей, орехами и бобами, возможно, это снизит риск развития рака и поможет уберечься от заболеваний сердечно-сосудистой системы.

М.Егорова

Пишут, что...



...в планах Росавиакосмоса есть проект «Фобос-Грунт», предусматривающий доставку грунта со спутника Марса не позднее 2007 года; в образце, помимо всего прочего, будут искать органические вещества («Вестник РАН», 2004, т.74, № 12, с.1059–1081)...

...астрономы полагают, что наблюдали «нити» чистой энергии, пролетающие через нашу Галактику; возможно, это первое наблюдение, подтверждающее теорию суперструн («New Scientist», 2004, т.184, № 2478, с.30–33)...

...разработана приемная система, которая получает и обрабатывает сигналы метеоспутников и направляет их в компьютер для расшифровки; с помощью такого прибора каждый пользователь сможет самостоятельно узнавать и предсказывать погоду в любом регионе («Изобретатель и рационализатор», 2004, № 12, с.5)...

...проанализирована возможность космического мониторинга ядерных объектов («Исследования Земли из космоса», 2004, № 6, с.3–11)...

...австралийские ученые установили, что медузы умеют спать («Nature», 2004, т.431, № 7012, с. 1030)...

...важной профилактической мерой, предотвращающей развитие рака желудка, может быть полное уничтожение микроба *Helicobacter pylori* в организме пациента («Архив патологии», 2004, т.66, № 6, с.57–59)...

...инъекции черного пигмента меланина повышают выживаемость крысят после однократного радиационного облучения («Радиационная биология. Радиоэкология», 2004, т.44, № 6, с.677–680)...

...в Сирии найдено захоронение возрастом около 5000 лет, которое оказалось первым материальным свидетельством ближневосточного культа мертвых («National Geographic — Россия», 2005, февраль, с.110)...



...во время, перед и после землетрясения на Алтае в сентябре 2003 года на территории Москвы сейсмологи регистрировали изменения в эманациях газов глубинного происхождения («Геохимия», 2005, № 1, с.101–104)...

...в России разработана программная защита компакт-дисков, которая сделает невозможным контрафактное копирование («Сети», 2005, № 1 (178), с.40)...

...антитела могут обладать шаперонной активностью, то есть способствовать правильному сворачиванию белков-антигенов, отсюда возможность использования антител в лечении болезни Альцгеймера и прионных заболеваний («Биохимия», 2004, т.69, вып.11, с.1515–1521)...

...с помощью СКВИД-магнитометрии впервые получена зависимость намагниченности отдельной пчелы в больших и малых магнитных полях в виде предельной петли гистерезиса («Биофизика», 2004, т.49, вып.6, с.1118–1120)...

...сперматозоиды морского ежа делятся на два вида, одни с симметричной, другие с несимметричной митохондрией («Биология моря», 2004, т.30, № 5, с.403–405)...

...эмоционально устойчивые личности хуже распознают выражение страха на лице другого человека, чем эмоционально лабильные («Журнал высшей нервной деятельности», 2004, т.54, 36, с.750–758)...

...ионизированный газ, который выходит из организма человека через кожу, можно наблюдать на снимках, полученных с помощью газоразрядной визуализации (эффекта Кириана) («Метрология», 2004, № 12, с.27)...

...Клуб ученых с распущенными волосами назвал шестерых самых длиноволосях членов научного сообщества — троих мужчин и трех дам («Annals of Improbable Research», www.improbable.com, 12 декабря 2004 года)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Налейте бабушке!

Пушкин был прав, когда предлагал любимой старенькой няне не только спеть песню, но и выпить. Умеренное потребление алкоголя, по мнению американских ученых, у представительниц слабого пола предотвращает спад интеллектуальной активности, связанный со старением.

Эпидемиолог Франсина Гродштейн и ее коллеги из Гарвардской школы здравоохранения в Бостоне впервые показали, что, если пожилая женщина каждый день выпивает по стаканчику вина или пива, ее мозг от этого только выигрывает.

В конце 90-х годов прошлого столетия много говорили о «французском парадоксе», о том, что вино не только не вредит здоровью, но и приносит ощутимую пользу: французы, большие его любители, реже страдают от сердечно-сосудистых заболеваний, чем американцы, хотя в их рационе жиров не меньше. Совсем недавно появились сообщения о том, что разумное количество пива при ежедневном употреблении также снижает риск развития болезни сердца. В общем, максимум внимания уделяли сердечно-сосудистой системе, но практически никто не задавался вопросом: а как реагирует мозг?

Гродштейн обратилась к данным исследования, которое сотрудники Гарвардской медицинской школы проводят с 1976 года. В нем принимают участие 12 000 женщин. Они регулярно проходят тестирование по телефону. Цель опроса — определение умственных способностей на данном этапе их жизни. Среди участниц отобрали тех, кому исполнилось от 70 до 81 года, и проверили, как изменился их интеллектуальный потенциал в течение двух лет.

Оказалось, что пожилые дамы, выпивающие каждый день стаканчик пива или бокал вина, сохраняют здравый ум и твердый рассудок дольше, чем трезвенницы. Риск снижения активности мозга за два года у них на 23% меньше. При этом нет никакой разницы между вином и пивом — оба напитка одинаково благотворны (по сообщению агентства «News Nature» от 20 января 2005 г.).

Каким образом алкоголь воздействует на работу мозга? Вероятнее всего, поддерживает сердечно-сосудистую деятельность, способствует притоку крови. Впрочем, полученные результаты ни в коем случае не означают, что непьющие должны срочно изменить свой образ жизни во имя поддержания умственной активности. Не следует забывать, что алкоголь коварен и чрезмерное упование на его чудесные свойства только навредит.

К тому же авторы работы выяснили, что спиртное никак не влияет на умственные способности женщин с предрасположенностью к болезни Альцгеймера.

Е. Сутоцкая

Самый главный

Л

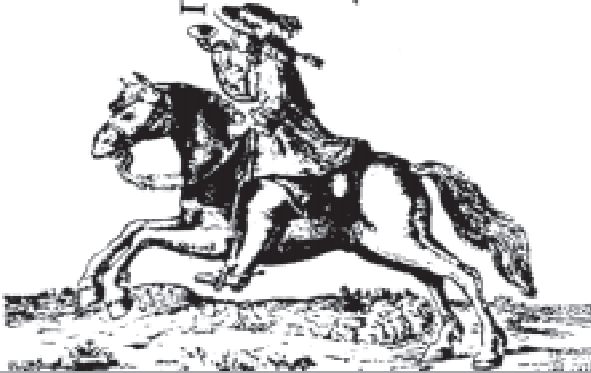
юбовь, конечно, что же еще у нас главное? Вокруг нее мифы так и клубятся, а некоторые скептики утверждают, что и сама она миф. Но с этим мы никак согласиться не можем. Сильная зависимость от другого живого существа, как правило, того же биологического вида и противоположного пола, зависимость болезненная или вызывающая эйфорию, иногда продолжительная, а порой наоборот — словом, вот это самое безобразное наблюдалось в природе неоднократно, описано в художественной и научной литературе, следовательно, феномен налицо. Другое дело, что можно спорить до бесконечности, как этот феномен устроен и каковы его причины, как классифицировать его отдельные проявления — где, например, любовь, где влюбленность, а где что-то третье, для чего и приличного слова жалко? Какую роль здесь играет высшая нервная деятельность, какую — рецепторы кожи и обонятельного эпителия, какую — небольшие молекулы, растворенные в плазме крови? И при чем тут социология, этнография, культурология?..

Пожалуй, трудно назвать другой столь же загадочный и притягательный объект для исследования. Нет, шаровую молнию тоже, конечно, интересно изучать, и тоже пока не до конца понятно, как она возникает и почему движется. Но любовь (или хотя бы влюбленность) наблюдается гораздо чаще, а последствия бывают не менее впечатляющими. Вот почему «Химия и жизнь» всегда уделяла любви много внимания. По мнению некоторых строгих критиков, даже чересчур много.

Но как же не разобраться, есть ли у нашего вида половые феромоны — особые вещества, запах которых привлекает противоположный пол со сверхъестественной силой? Уже несколько десятков лет подобные соединения известны у насекомых: капля феромона самки шелкопряда заставляет самцов преодолевать многокилометровые расстояния. А как еще искать друг друга таким маленьким и подвижным существам, как бабочки, — только с помощью химии! Но человек не зря называет себя царем природы, у него есть уйма других способов найти и привлечь партнера или партнершу, от банальных комплиментов до стишков, отправленных по SMS. Запахи в этой интересной игре выполняют скорее подчиненную роль, не всегда осознаваемую индивидами. Впрочем, именно тот фактор, значение которого недооценивают, иногда и становится решающим...

Действительно, и человек, оказывается, выделяет такие летучие вещества. И у женщин, и у мужчин специальные апокринные потовые железы синтезируют соединения из класса стероидов — андростенон (преобладает у женщин) и андростенон (его более резкий запах распознается как мужской, и суммарное количество обоих стероидов у мужчин выше — «Химия и жизнь», 1997, № 2). Научное открытие немедленно пошло в массы — появились духи «с феромонами», для дам — с убойным действием на кавалеров, и наоборот. Хотя реклама, по обыкновению, несколько преувеличивает. Коль скоро одни и те же вещества формируют запахи и мужчины, и женщины, не может действие быть уж таким убойным и стопроцентно гарантированным. Андростенон привлекает женщин (что характерно, не всех: некоторые просто не ощущают его запаха), но в больших дозах мужские запахи способны вызывать резкое раздражение. А еще одна группа веществ, которыми женщины привлекают мужчин, — летучие алифатические жирные кислоты, выделенные из влагалищного секрета. Только они есть

Переписка



А.Р.КУЗЬМИНУ, Пермь: *В автомобилях, как и в других агрегатах, резиновые шланги следует менять не реже чем в пять лет, независимо от того, ездят на автомобиле или нет: старение резины не зависит от частоты ее использования.*

И.Н.ДУБРОВИНОЙ, Ростов-на-Дону: *Халцедон по праву относят к минералам, ведь это скрытокристаллическая разновидность кварца, так что аморфным его назвать нельзя.*

НАТАЛИИ С., вопрос из интернета: *Соком лимона действительно можно выводить веснушки, но, если просто намазаться такой кислой жидкостью, вместо веснушек можно получить шелушение кожи; книги по домашней косметике рекомендуют смешивать, например, 20 г сока свежего лимона с 5 г глицерина и 20 г кипяченой воды и только затем наносить на конопатые участки лица, а после смывания отбеливателя еще и смазать кожу питательным кремом.*

С.А.ГЕЙНУ, Санкт-Петербург: *Чувствительность пленки и качество фотографии — далеко не одно и то же: чем выше чувствительность, тем выше зернистость при изготовлении отпечатков и соответственно ниже качество.*

В.М.СОЛНЦЕВУ, Казань: *Трудное слово «противень» происходит не от «противный» и не от «стоящий напротив», а от немецкого Brattpanne — сковорода для выпечки; в старину существовала форма «бротпань».*

ДАНИИЛУ Д., письмо из интернета: *Спасибо за смешные дополнения на тему «кто как пьет», особенно порадовал «сварщик, пьяный в дугу»; жалко, что опоздали к публикации; всяческих удач и успехов в учебе!*

Всем, о ком пишет «Химия и жизнь»: *Мы понимаем, что современные исследования, как правило, выполняются не одним человеком, а группой, но не всегда можем назвать всех поименно; просим прощения у тех, о ком незаслуженно промолчали; а вообще говоря, самому выйти на контакт с прессой — более верный способ увидеть свою фамилию в журнале, чем скромно ждать корреспондентов...*

МИФ

не у всех женщин, а только у везучих... Или невезучих? Экспериментально показано, что соискательницам работы, надушенным этими летучими кислотами, было труднее расположить к себе нанимателя. Видимо, опытные менеджеры сразу чувят, кто способен нарушить здоровую атмосферу в коллективе. В общем, надежнее действовать через органы зрения, слуха и вкуса, а в благоприятных случаях — и через осязание (о чем мы тоже писали).

А кстати, к кому обращен последний призыв? Кто должен действовать — мужчины или женщины? То есть не с точки зрения этики и равноправия, а с научной точки зрения — нормально ли, когда женщина сама проявляет активность, борется за партнера («Химия и жизнь», 2003, № 7–8)? Ведь в животном мире, как всем хорошо известно, мужской пол предлагает свои услуги, а женский — делает выбор. Это и понятно: скажем, при производстве котят затраты кота и кошки несоизмеримы. Самка расходует куда больше времени и энергии, чтобы выносить, выкормить, защитить детенышей, поэтому, в строгом соответствии с логикой жизни, у нее и прав больше. Коль скоро единственный вклад самцов — их замечательные гены, пусть себе поют песни и распускают хвосты, а дамы

придирчиво выберут тех, кто громче и у кого пушистее. Но то кошки! Люди — высокоорганизованный, социальный вид. Высокая организация привела к тому, что мужчина стал приносить женщине и детенышам значительно больше пользы, чем в начале эволюции млекопитающих. Он и оленя убьет, и дом построит, и компьютер купит, и обучение в колледже оплатит. Следовательно, и мужчины (хотя бы некоторые) стали ценным ресурсом, за который идет борьба среди претенденток. «Получается, что оба пола должны быть избирательными в отношении партнеров и оба же могут конкурировать с представителями своего пола за более привлекательного партнера», — разъясняет доктор М.Л.Бутовская. Кстати, в конце ее статьи развенчивается еще один живучий миф. Сексуальная революция в России началась не позже, чем в других странах, а гораздо раньше — не в 90-е годы и даже не в 60-е, а в 20-е, когда женщины в революционно преобразованном обществе

пошли работать. Понятие «аморалка» возникло уже потом — но откуда бы взялось понятие, если б не было самих аморалок?

А вот самый свежий пример: правда ли, что любовь — это болезнь? В общем, да. Или вариант нормы, симптоматически похожий на болезнь. Заглянем в предыдущий, февральский номер «Химии и жизни»: как показала Донателла Мараззити с соавторами, уровень кортизола в крови у влюбленного повышается (что говорит о серьезном стрессе), а понижение уровня серотонина аналогично таковому у больных маниакально-депрессивным психозом («Химия и жизнь», 2005, № 2). Правда, в отличие от МДП, то психическое расстройство, которое было предметом исследования, чаще проходит само.

Чего вам пожелать, уважаемый читатель, — чтобы скорее прошло или чтобы не проходило?

Е. Котина



40 ЛЕТ С ПАРТНЕРАМИ И СОРАТНИКАМИ

**13-я международная выставка
химической промышленности**

Х И М И Я

5 - 9 сентября 2005



ЭКСПОЦЕНТР

Организатор:

**при содействии
ЗАО "Росхимнефть"**

Официальная поддержка:

**Министерство промышленности
и энергетики РФ**

Правительство Москвы

Российский союз химиков

**Россия,
Москва,
Выставочный
комплекс
ЗАО "Экспоцентр"
на Красной Пресне**

www.expocentr.ru

**Россия, 123100, Москва,
Краснопресненская набережная, 14
Ф. "Межвыставка", ХИМИЯ-2005**

Телефон : (095) 255-37-39

Факс : (095) 205-60-55

E-mail : mir@expocentr.ru

**г-жа Зиновьева
Татьяна Николаевна**

