



Министерство культуры Республики Беларусь

2005

СНІМЖ И РИМЛІХ







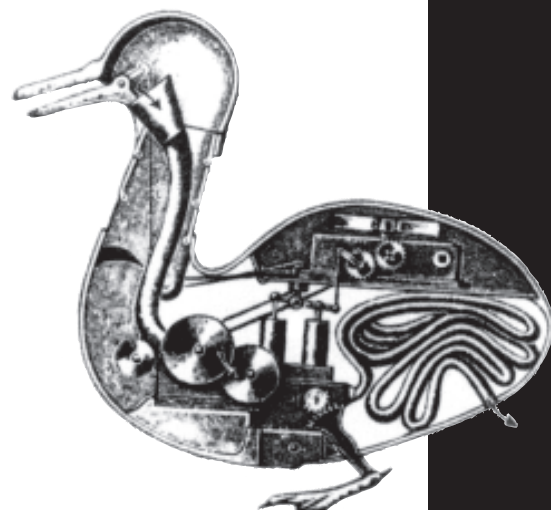
*Не то дорого знать,  
что Земля круглая,  
а то дорого знать,  
как дошли до этого.*

*Л.Н.Толстой*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
к статье «Соревнование с природой — 1:1»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина  
Жана Дюбюфе «Метафизика». Наука все больше  
и больше входит в повседневную жизнь, правда  
не напрямую, а в виде технологических устройств.  
А вот о том, что происходит с человечеством  
и какие у него открываются новые возможности,  
читайте в статье «Второе пришествие бионики»*





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 04.02.2005  
Допечатный процесс ООО «Марк Принт  
энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47  
Отпечатано в типографии «Финтрекс»

**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

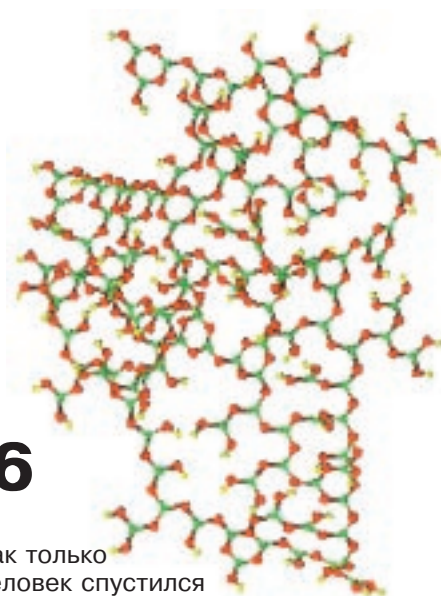
ООО «Урал-Пресс» — 214-53-96

ООО КА «Союзпечать» — 319-82-16

На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство

научно-популярной литературы  
«Химия и жизнь»



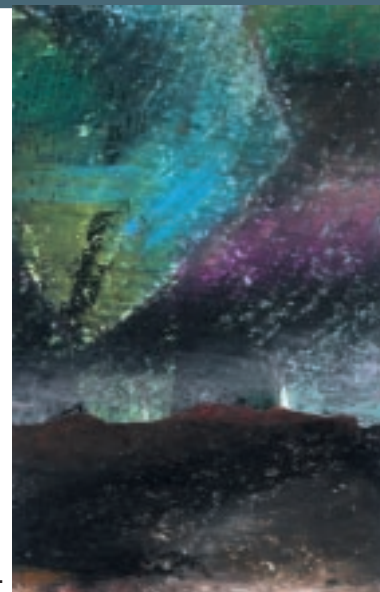
**6**

Как только человек спустился с дерева и взял в руку палку, началась история развития конструкционных материалов. Каменный, бронзовый, железный век... а сейчас — полимерный?

**12**

Резиновая кровля — замена рубероиду.

Химия и жизнь — XXI век



## ИНФОРМНАУКА

ПОЧЕТНЫЙ ЛЕГИОН ПОПОЛНИЛСЯ ТРЕМЯ РУССКИМИ КАВАЛЕРАМИ .....	4
ПОЙМАТЬ НЕЙТРИНО .....	4
ЛЕСА ДВИЖУТСЯ НА СЕВЕР .....	5
ПЕНА ЗАМОРАЖИВАЕТ, КОРМИТ И ОЧИЩАЕТ .....	5

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Ал.Ал.Берлин	
СОРЕВНОВАНИЕ С ПРИРОДОЙ — 1 :11 .....	6

## ТЕХНОЛОГИИ

Э.М.Спектор	
РЕЗИНОВАЯ КРЫША .....	12

## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

М.Л.Плавич	
ОРГАНИЧЕСКИЙ СВЕТ .....	16

## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С.М.Комаров	
УПРАВЛЕНИЕ ЖИДКИМ КРИСТАЛЛОМ .....	20

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Л.Ашкинази	
ВТОРОЕ ПРИШЕСТВИЕ БИОНИКИ .....	22

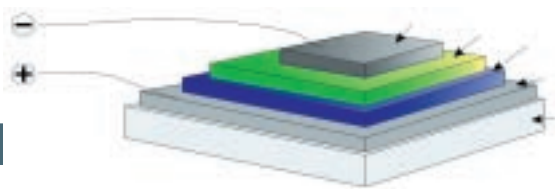
## ЗДОРОВЬЕ И ЛЕКАРСТВА

С.Пашутин	
ФАРМАКОГЕНОМИКА И ЭРА ЛЕКАРСТВЕННОГО МИЛОСЕРДИЯ .....	28

## РАССЛЕДОВАНИЕ

А.С.Садовский	
ХИМИЯ С АУКСИНАМИ, ИЛИ ИСТОРИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ИУК .....	32

# 16



Сегодня почти любое бытовое электронное устройство «глядит» на пользователя жидкокристаллическим дисплеем. Возможно, завтра на смену жидким кристаллам придут органические электролюминесцентные соединения.

# В номере

## 4, 48

### ИНФОРМНАУКА

Про защиту российских сов от поклонников Гарри Поттера, про то, как заставить регенерировать сетчатку глаза, про новый сезон охоты на нейтрино и про то, как трое наших ученых стали кавалерами французского ордена Почетного легиона.

## 22

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Бионика — направление в технике, которое заимствует «изобретения» у природы. Генетические методы создания алгоритмов — попытка заимствовать не отдельные разработки, а сами принципы, которые лежат в основе «технической мысли» эволюции.

## 28

### ЗДОРОВЬЕ И ЛЕКАРСТВА

Иногда у лекарственного препарата, уже поступившего в аптеки и больницы, обнаруживаются побочные эффекты, не выявленные при клинических испытаниях. Причина в том, что люди с непереносимостью именно этого препарата встречаются редко. Но для них новое лекарство может быть по-настоящему опасным. Как решить эту проблему?

## 42

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

Весной 2003 года в Московском зоопарке деятели Фронта освобождения животных взломали вольеры с куницами и горностаями и выгнали их обитателей «на волю» — то есть в город...

# 56

Как устроена детская игрушка — доска, на которой пишут магнитом и магнитом же стирают написанное?



### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

**А.А.Травин**  
 ВОЛШЕБНАЯ СТРУКТУРА ТАРАКАНА ..... 38

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

**О.Р.Арнольд**  
 ЗООЗАЩИТНИКИ С ТОПОРАМИ ..... 42

### ФОТОИНФОРМАЦИЯ

**С.Алексеев**  
 ЖИВОЙ ЧЕРВЯК В ТЕКУЧЕМ КЛИНЕ ..... 48

### ИНФОРМНАУКА

В ГОД ПЕТУХА НАДО ПОМОЧЬ СОВАМ ..... 50  
 ДИАЛЕКТИКА ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ..... 50  
 ЛЕДОВЫЙ СКАЛЬПЕЛЬ ДЛЯ ВЗРЫВЧАТКИ ..... 50  
 ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ПО ПРАВИЛАМ ..... 51  
 УМНАЯ КАПСУЛА ДЛЯ ИНСУЛИНА ..... 52  
 РЕМОНТ СЕТЧАТКИ СТВОЛОВЫМИ КЛЕТКАМИ ..... 52

### ФАНТАСТИКА

**В.Кирпичёв**  
 ИСПОЛНИТЕЛЬ ЭНГЕРЫ ..... 65

### ЮБИЛЕЙ

**Е.Котина**  
 МИФЫ О ТОМ, ЧТО МЫ ПЬЕМ И ЕДИМ ..... 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	10	ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ	62
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	26	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ	54	ПИШУТ, ЧТО...	70
ИНФОРМАЦИЯ	58	ПЕРЕПИСКА	72



## НАГРАДЫ

### Почетный легион пополнился тремя русскими кавалерами

Шестого декабря посол Франции в России господин Жан Кадэ вручил орден Почетного легиона трем российским ученым: академику Н.А. Платэ — вице-президенту РАН, директору Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева, академику С.Н. Багаеву — директору Института лазерной физики в Новосибирске и академику М.В. Алфимову — научному директору Центра фотохимии РАН, за выдающийся вклад в научное сотрудничество между Россией и Францией.

Торжественная церемония награждения российских ученых, проходившая в резиденции посла Франции в Москве, стала красивым завершением первого дня российско-французского форума «Новые инициативы в области науки и технологий», который господин Ж.Кадэ назвал «праздником науки в Москве». Российско-французское сотрудничество в области науки насчитывает не один десяток лет, но в последние годы оно развивается особенно интенсивно. Достаточно сказать, что на форуме в Москве в первый его день было подписано девять соглашений об организации совместных европейских лабораторий — по исследованиям в области катализа, магнетоакустики и физике когерентных состояний, по теоретической физике, биоклиматологии, климатологическим циклам углерода и озона в Сибири и другие.

Такое заметное продвижение вперед стало возможным благодаря активной работе Российской академии наук на ниве российско-французского сотрудничества. Вручение орденов Почетного легиона трем, несомненно, ярчайшим представителям российского научного сообщества — это признание вклада РАН в сотрудничество с Францией.

Господин Жан Кадэ нашел самые добрые и лестные слова для кавалеров и сумел подчеркнуть яркие стороны личности каждого из них. Помимо перечисления научных заслуг академика Николая Платэ, за плечами которого 400 научных публикаций и 6 книг, а также его плодотворной



творной деятельности в области международного сотрудничества как одного из руководителей РАН, господин Кадэ отметил: «Вы умеет просто объяснять самые сложные научные проблемы. И нам кажется, что мы становимся умнее».

Рассказывая о достижениях выдающегося специалиста в области лазерной физики академика Сергея Багаева, господин посол высоко оценил создание Европейского научного объединения, включающего шесть российских и шесть европейских ведущих лабораторий в области лазерных наук, одним из инициаторов которого стал академик Багаев. Особо отметил он Лазерный симпозиум, который вот уже несколько лет проходит поочередно в России и Франции и неуклонно расширяет сотрудничество в области фундаментальной науки, образования и инноваций.

Не менее высоко был оценен вклад в российско-французское сотрудничество и академика Михаила Алфимова, почетного доктора Университета Монпелье, который, будучи председателем РФФИ, впервые в России заключил соглашение с Национальным центром научных исследований (CNRS). В результате сотни совместных проектов и исследовательских групп России и Франции нашли поддержку в обеих организациях и дали результат в виде тысяч научных публикаций. Не ускользнуло от внимания посла и увлечение Михаила Алфимова литературой и живописью. Михаил Алфимов пишет стихи и рисует, уравновешивая таким образом, по его словам, свою административную работу в науке. «Эта награда — неожиданность для меня, и я особенно дорожу ею еще и потому, что, будучи поклонником французских художников, со многими из них теперь состою в одном легионе», — сказал в своей ответной речи Михаил Алфимов.

Орден Почетного легиона был учрежден Наполеоном в 1802 году. Среди его

кавалеров есть и наши соотечественники: ученые, деятели культуры и искусства, космонавты, бизнесмены — президент РАН Ю.Осипов, дирижер В.Спиваков, директор Эрмитажа академик М.Пиотровский, академик Ю.Рыжов, бывший ректор РГГУ А.Афанасьев, космонавты А.Викторенко, А.Соловьев, С.Авдеев, А.Полещук и другие.

## ФИЗИКА

### Поймать нейтрино

Поймать в Италии нейтрино, выпущенные «на волю» в Швейцарии, — это цель международного проекта OPERA. Российские и украинские ученые совместно работали над системой детекторов для регистрации этой таинственной частицы ([Grinyov@isc.kharkov.ua](mailto:Grinyov@isc.kharkov.ua)).

К участникам проекта OPERA, одного из самых крупномасштабных и дорогостоящих международных экспериментов в области физики, присоединились ученые Объединенного института ядерных исследований (Дубна, Россия) и Института сцинтилляционных материалов НАНУ (Харьков, Украина).

В Женеве, в ЦЕРНе, с помощью протонного ускорителя будет сформирован направленный пучок нейтрино. Он мгновенно пролетит 730 километров под землей до Лаборатории Гран-Сассо, которая расположена на полторакилометровой глубине в боковых залах автомобильного туннеля, пройдет сквозь детекторы, оставит там свои следы и полетит дальше.

Для ловли нейтрино, которые без труда пронзают земной шар, нужна большая и густая сеть. Чтобы наверняка поймать частицу, ученые соорудили огромное и сложное здание детектора размерами примерно 10 × 10 × 100 метров, вмещающее несколько систем регистрации. Его стенки сложены из кирпичей, которые состоят из многих слоев фотоэмульсий и свинца. А между кирпичами закладываются пластмассовые сцинтилляторы: они реагируют микровспышкой света на любое ионизирующее излучение, в том числе на пучок нейтрино. Автоматика регистрирует факт световой вспышки и оценивает, в каком именно из кирпичей произошло взаимодействие.

Но это только начало дела, потом кирпич нужно из стенки вынуть, проявить все слои фотоэмульсии, просмотреть их, измерить параметры оставленных на них следов реакции и только после этого де-

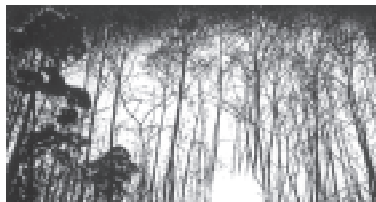


лать окончательный вывод — было это нейтрино или нет?

О масштабе работы говорят цифры. Всего в эксперименте задействовано 62 стенки из 206 336 кирпичей, в каждом из которых 57 слоев фотоэмульсии. Просмотр только одного кирпича на самых современных компьютерах и специализированном оборудовании будет занимать десятки часов. Чтобы выполнить этот заказ для OPERA, харьковчанам пришлось разработать новую технологию изготовления сцинтилляторов, запустить самую крупную в мире печь для подготовки сырья и сделать 33 тысячи семиметровых полос-стрипов общим весом около 70 тонн.

Ученые идут на такой сложный, дорогой и трудоемкий эксперимент в надежде, что исследование нейтрино поможет раскрыть многие свойства этой фундаментальной частицы, которая имеет непосредственное отношение к развитию нашей Вселенной и «темному веществу». Есть предположение, что сам механизм образования массы у нейтрино не таков, как у других частиц. Не исключено, что нейтрино — это «окно» в новую физику.

## экология Леса движутся на север



*Совместные исследования, проведенные специалистами Института леса им. В.Н.Сукачева СО РАН (Красноярск) и Годдардским центром НАСА (США), показали, что граница лиственничного леса медленно продвигается на север. А в зону лиственницы с юга и запада неумолимо проникают сосны, ели и пихты. Леса пришли в движение, потому что климат в лесном поясе становится более теплым и влажным (protect@ksc.krasn.ru; institute@forest.academ.ru).*

Ученые исследовали самый северный в мире лесной массив Ары-Мас и леса, расположенные к юго-востоку от него. Вся территория занимает около 36 тыс. га и покрыта лиственницей. Климат в этом районе сухой и резко континентальный. Используя наземные карты и космические съемки территории, сделанные за последние 30 лет, ученые обнаружили, что граница лиственничного леса продвигается на север со средней скоростью 3–11 м/год. В тундре, болотах и зарослях кустарника вырастают деревья. «Первопроходцем» часто становится стланиковая форма лиственницы. Нижние ветви дерева способны укореняться, и лиственничный стланик нередко со-

стоит из нескольких ползучих стеблей, которые при благоприятных условиях образуют куртины. Второй способ продвижения леса в тундру — традиционный: ветер разносит семена, которые улетают метров на 50–60. Выросшие из них деревца начинают плодоносить примерно через 30 лет, и тогда, при благоприятных условиях, поднимается следующая волна расселения. Иногда семена разносят птицы или мелкие млекопитающие. В этом случае возникает лесной островок, на 1–3 км отстоящий от материнского массива.

Лиственница всходит на север по склонам. Чем больше высота над уровнем моря, тем глубже оттаивает там земля, потому что ее больше не укутывает изолирующий слой мхов и лишайников. Кроме того, склон защищает деревья от зимних ветров и метелей, которые сдувают снег, обезвоживают почву и ломают побеги.

Если граница леса перемещается сравнительно медленно, то изменения внутри лесных массивов более заметны. Лиственничный лес густеет. Редколесья переходят в сомкнутые насаждения, площадь которых за 30 лет возросла на 66%, а бывшая тундра покрывается отдельно стоящими деревьями и редколесьем.

Исследователи отмечают, что это не первое проникновение деревьев в тундру. Во время потепления 30–40-х годов прошлого века лес также переходил в наступление. Возможно, некоторые форпосты лиственницы сохранились еще с той поры. Взрослые деревья более устойчивы к морозам, чем молодой подрост, поэтому сформировавшийся лес при смене климата может устоять. А когда к концу прошлого века снова потеплело, лиственница опять двинулась на север. Она прокладывает дорогу и другим хвойным породам, пихте и ели, которые не могут расти на голом месте — им нужен разложившийся валежник. Лет двести тому назад таежные леса росли у самого Ледовитого океана и исчезли во многом благодаря усилиям человека. Теперь тайга медленно возвращается.

## ТЕХНОЛОГИИ

### Пена замораживает, кормит и очищает

*Универсальное средство для восстановления почв в условиях вечной мерзлоты нашли российские химики из Института криосферы*

*Земли СО РАН (Тюмень). Это пенящиеся поликарбамидные смолы. Они и удобряют землю, и защищают мерзлоту от таяния, а с водной поверхности собирают пролитую нефть. Растительность быстрее захватывает развороченные техникой участки, если в грунт подмешать поликарбамидную крошку, что особенно важно при коротком северном лете. Поликарбамидной пеной можно так укрыть участок земли, что он круглый год будет в замороженном состоянии. Построенные на нем сооружения, например трубопроводы, в итоге станут устойчивее и будут реже рваться.*

Внесенная в почву пена впитывает воды в 60 раз больше собственного веса. Благодаря высокой теплоемкости она не дает солнцу растопить вечную мерзлоту (обычно эту функцию выполняют растения), если территория только что лишилась травяного покрова в результате очередного строительства. Когда мерзлота тает, потерявший прочность мокрый грунт очень быстро размывается и участок скоро становится бесплодным. Азот, входящий в состав пены, поступает в почву и подкармливает поселившуюся на ней флору. Почти на треть интенсивнее росла зелень на участках земли, куда ученые, экспериментируя, внесли измельченную поликарбамидную смолу пополам с песком.

Поликарбамидная пена работает не только на суше. По словам исследователей, у нее аномально высокая сорбция по отношению к нефти и ее производным. Ею, как губкой, можно «вытереть» с поверхности воды нефтяное пятно. Пена избирательно поглощает нефть, не впитывая воду. 18 кг пены вмещают тонну нефти: это удалось проверить на объектах разных фирм, где происходили аварии. У смолы такая структура, что почти все ее поры сообщаются с внешней средой, поэтому весь ее объем и внутренняя поверхность оказываются задействованными.

Традиционные лидеры в «пенной» культуре — Германия и Великобритания. Однако в условиях Крайнего Севера, где природа особо уязвима, а добывающая промышленность масштабна, это вещество более нужно, чем в теплых областях Европы со сложными и сравнительно устойчивыми биоценозами. У нас в стране такие разработки ведут уже двадцать с лишним лет. Свои последние эксперименты ученые поставили на Гыданском полуострове и на Ямале.



# Соревнование с природой —

# 1:1

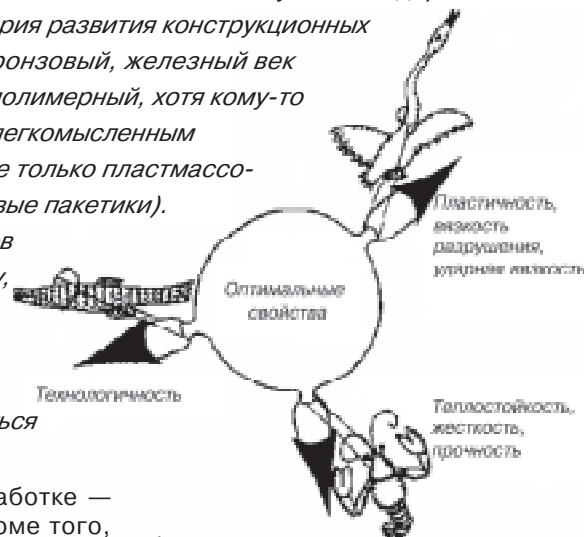
Все материалы, и природные, и искусственные, можно разбить на четыре основные группы: металлы, неорганические материалы (минералы, керамика, стекло и пр.), органические полимеры и композиты. У каждой группы свои плюсы и минусы. Что подразумевается под плюсами? Основная задача конструкционных материалов — выдерживать нагрузки, поэтому они должны быть прочными. Но слово «прочность» включает в себя много характеристик, из которых я бы выделил две основных: прочный материал не должен разрушаться при статических нагрузках (будем это свойство называть собственно прочностью) и не должен легко биться при ударе (то есть иметь малую хрупкость или большую вязкость разрушения). Конечно, бывают и другие плюсы: материал легко перерабатывается (из него легко делать изделия), выдерживает перепады температур и агрессивные среды перечень можно продолжать и продолжать.

Начнем с металлов. Это материал, созданный человеком (у природы такого нет), довольно уникален по сочетанию прочности и хрупкости. Металлы выдерживают большие нагрузки и не бьются, хотя в других материалах эти две характеристики часто конкурируют: прочное бывает хрупким, стойкое к ударам — непрочным. Почти всегда приходится искать компромисс. В металлах есть и то и другое благодаря металлической связи, которая позволяет атомам легко перемещаться. Зато, во-первых, металлы довольно тяжелые (сталь  $\sim 7,8 \text{ г/см}^3$ ), и, во-вторых, чем они прочнее, тем все-таки хрупче. Вдобавок их переработка — трудоемкое и энергозатратное дело, особенно когда приходится работать с высокопрочными металлами и сплавами.

Неорганические полимеры и керамика могут быть очень прочными, выдерживать большие температуры и даже быть стойкими к окислению. У них сравнительно небольшой удельный вес ( $2\text{--}4 \text{ г/см}^3$ ). Но они, как правило, очень хрупки и сложны в переработке.

*Конструкционные материалы во все эпохи определяли уровень развития и человека, и цивилизации. Как только человек спустился с дерева и взял в руку палку, началась история развития конструкционных материалов. Каменный, бронзовый, железный век а сейчас какой? Пожалуй, полимерный, хотя кому-то такое название покажется легкомысленным (но ведь полимеры — это не только пластмассовые мелочи и полиэтиленовые пакетики).*

*На протяжении многих веков человек копировал природу, соревновался с ней в создании материалов, пытался обогнать, и ему уже многого удалось добиться*



Лидер списка по переработке — конечно же полимеры. Кроме того, они легкие ( $1\text{--}1,5 \text{ г/см}^3$ ), и у некоторых из них хорошее сочетание прочности и хрупкости. Наверное, в этом плане полимеры — основной конкурент металлам. Если бы еще добавить устойчивость к высоким температурам, окислителям и радиации. Вообще, основные свойства конструкционных материалов можно условно распределить на три группы: прочность, хрупкость и технологичность. Они всегда конкурируют и приходят в противоречие друг с другом, как в басне Крылова «Лебедь, рак и щука» (рис. 1). Если вы улучшаете одну группу свойств, то сразу ухудшаете другую. Поэтому ученые очень подробно исследуют материалы, чтобы понять, как сдвинуть «воз» с места.

## Лебедь, рак и щука

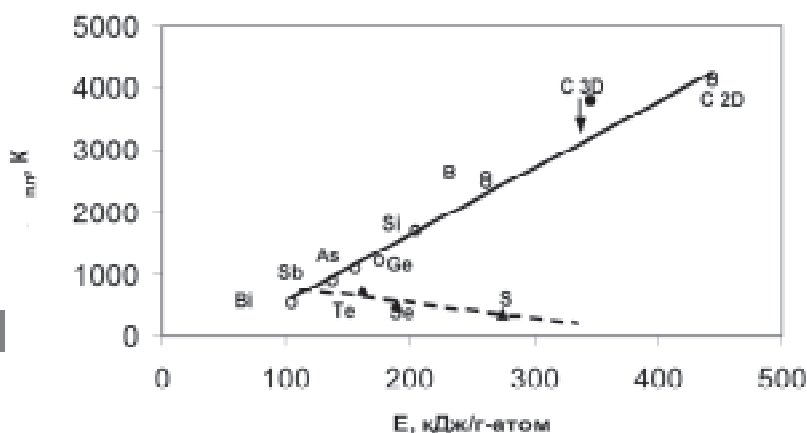
Переработка материалов — это область, в которой человек бесспорно перегоняет природу. Сначала он брал готовое: обрабатывал камни и дерево. Впрочем, эти материалы человек использует и сейчас, усовершенствовал методы обработки. Начался металлический век — мы научились плавить и ковать. Появилась посуда из глины, а потом и обожженная керамика. Только недавно человек научился делать из нефти полимеры — и тут

1  
Свойства конструкционных материалов «по Крылову»

в переработке произошел рывок. Переработка — вообще самое лучшее, что есть в полимерах, поскольку именно из них можно быстро и с малыми затратами получать готовые изделия. Неудивительно, что сейчас полимеров по весу производят приблизительно столько же, сколько металлов. Вот если бы взяли неорганический материал и что-то в нем изменить, чтобы он стал менее хрупким и его было легче перерабатывать. Этим занимаются, например, в Институте химической физики РАН.

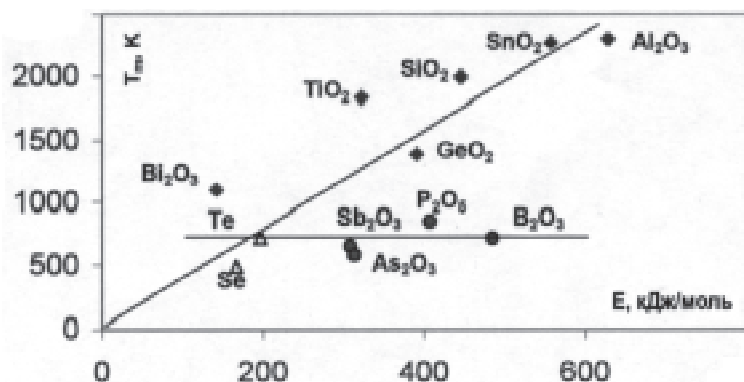
Температура переработки материала ограничена двумя параметрами — температурой плавления для кристаллических тел или температурой стеклования (размягчения) для аморфных. Если нам нужно переработать трехмерный полимер (неорганический — алмаз или кварц) или двумерный (графит, дисульфид молибдена), то, для того чтобы их расплавить, надо разорвать химическую связь, поэтому температура плавления будет пропорциональна энергии химической связи (рис. 2). Если же речь идет о линейном полимере (сера, селен, теллур), то, для того чтобы его перера-





a

Зависимость температуры плавления одноэлементных веществ (а) и полиоксидов (б) от энергии химической связи



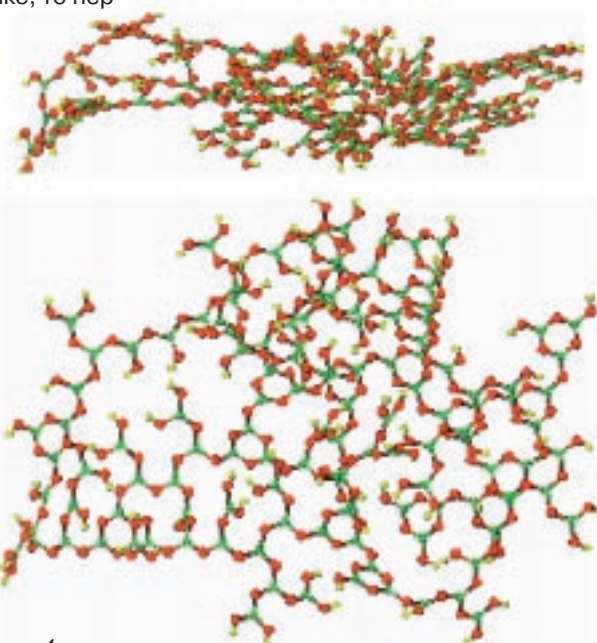
b

ботать, надо всего лишь разрушить или перестроить связи между молекулами, а для этого требуется гораздо меньше энергии. У линейных полимеров нет зависимости температуры плавления от энергии химической связи, зато существует зависимость от энергии межмолекулярных взаимодействий и жесткости цепи. Значит, верно и обратное: меняя межмолекулярные взаимодействия и жесткость цепи, можно управлять температурой переработки неорганических материалов.

Если говорить о неорганике, то перспективный объект — оксиды. Во-первых, они не окисляются и не горят в отличие от органических полимеров. А во-вторых, у них более высокие значения энергии связи, чем у одноэлементных веществ и большинства органических полимеров, а значит, оксид быстрее переработается, чем разложится до низкомолекулярных продуктов. В Институте химической физики работают, в частности, над фосфатными стеклами (рис. 3) и оксидами бора (рис. 4).

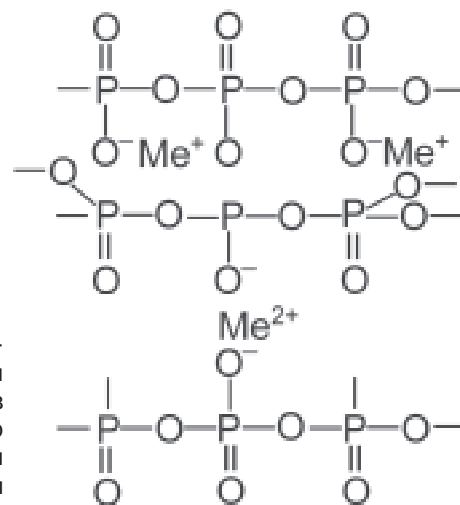
Оказалось, что если в фосфатные стекла добавлять металлы, то можно менять их температуру переработки (стеклования) в очень широких пределах

(от 125 до 1000°C). Кроме того, материал становится более устойчивым к действию воды и температуры. Из модифицированного фосфатного стекла можно изготовить изделия обычными методами переработки органических полимеров (литьем, экструзией и т. д.). Его можно также добавлять к органическим полимерам, после чего свойства последних сильно меняются. Они хуже горят, становятся более жесткими, снижается износ при трении. Вообще, по-



4

Макромолекула оксида бора



3

Фосфатные стекла ( $Me^+ = K, Li, Na$ .  $Me^{2+} = Mg, Ba, Ca, Zn$ )

лифосфаты — очень перспективные материалы. Поскольку их водостойкость зависит от природы и соотношения в них ионов различных металлов, то из них можно делать упаковки, которые через определенное время будут постепенно разлагаться во влажной среде, — мечта эколога!

Другой новый тип материалов ученые сделали на основе трехоксида бора (борного ангидрида). Его взяли как основу (70%), к которой добавляли оксиды металлов или полимеры. Неорганическая основа сохраняет преимущества неорганических материалов, а добавки придают пластичность и уменьшают хрупкость. У модифицированных материалов температура переработки может меняться в очень широких пределах. Интересно, что борный ангидрид совмещается с органикой (капролактамом) на молекулярном уровне — это доказывают спектры ЯМР. Отсюда следует, что потенциал этого комбинированного материала — очень большой. Варьировать его хрупкость можно, вводя линейные органические полимеры,

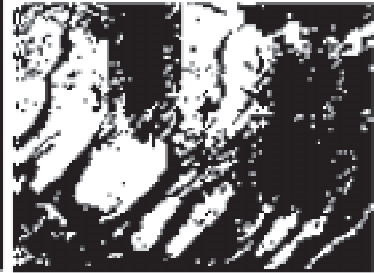
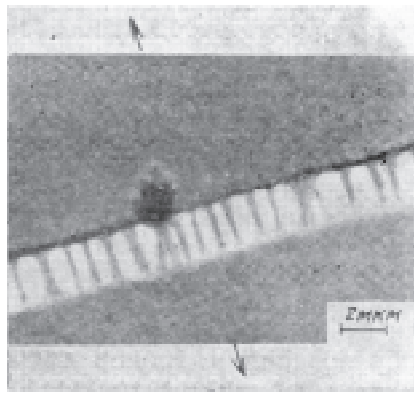
низкомолекулярные органические или неорганические соединения. Конечно, не факт, что удастся догнать металл, но все же вязкость разрушения будет довольно большой. Именно так природа создала кости, зубы, ракушки, поэтому этот путь кажется перспективным.

Так, незаметно мы перешли к другой группе свойств, которые хотелось бы совместить, — прочности и хрупкости. Самая лучшая вязкость разрушения, то есть самая низкая хрупкость, — у металлов, затем идут линейные полимеры и самые хрупкие — неорганические стекла. Конечно, причины низкой хрупкости у металлов и полимеров совершенно разные. У металлов пластичность (способность изменять форму тела, а не биться) связана со свободой перемещений атомов в кристалле, а это происходит потому, что металлическая связь не направлена. В полимерах другая причина пластичности: возможность ориентационного упрочнения. Когда образуется трещина, то перед ней полимеры ориентируются поперек, и прочность материала возрастает. Благодаря этому свойству в полимерах образуются не простые, а специфические трещины (их называют крейзами, или трещинами серебра), берега которых связаны высокопрочными тяжами (рис. 5). Такая трещина в отличие от обычных во всех других материалах может нести ту же нагрузку, что и недеформированный материал.

Почти у всех материалов увеличение прочности приводит к увеличению хрупкости. Природа нашла выход, создав композиты. Кстати, в природе практически не встречаются гомогенные материалы, все сделано из композитов. Например, дерево, у которого волокна склеены полимером.

Человек, как это ни покажется странным, начал создавать композитные материалы довольно давно. Мумии (ленты из ткани, пропитанные смолой), речные суда из тростника, пропитанного битумом, — можно считать, что первые композиты возникли за тысячелетия до новой эры.

Настоящая революция случилась в конце первой половины XX века, когда



появились прочные и легкие стеклянные волокна и стеклопластики. Потом ученые сделали углеродные, борные, карбидокремниевые, органические полимерные и другие волокна, а также полимерные связующие. Современная техника не может жить без композиционных материалов. Чем больше развиваются авиация, ракетно-космическая техника, судостроение, тем нужнее им полимерные композиты (армированные пластики). Многие из них прочнее лучших металлических сплавов, а благодаря тому, что композиты существенно легче, снижается расход топлива. Сегодня самолеты на 7–25% состоят из полимерных композитов, и они легче металлических на 5–30%. Интересно, что лучшие результаты по удельной прочности (прочность на вес) ученые получили на полностью полимерном материале — полимерных волокнах, склеенных полимерным связующим. В этой области человечество далеко опередило природу.

Связующими для композитов могут быть не только органические полимеры, но также металлы и керамика. Такие изделия можно эксплуатировать при гораздо более высоких температурах, однако при их переработке и производстве возникают сложные проблемы. Собственно, из-за этого металло- и керамокомпозиты используют гораздо реже, чем армированные пластики.

Фактически пластичная керамика, которую пытаются сделать ученые на основе фосфатных стекол и борного ангидрида, — это тоже своего рода неорганическо-органический композит. В идеале она должна легко перерабатываться, быть термо- и химически стойкой и не быть хрупкой.

### Перышко, косточка, кусок к о р ы

Несмотря на все успехи материаловедения, есть области, где природа держит беспорное лидерство. Например, градиентные материалы.

Ведь природные конструкции не только имеют высокие физико-механические свойства (прочность, легкость), но и уникальные эксплуатационные характеристики — стойкость к переменным нагрузкам, способность подстраиваться к изменяющимся условиям... И все это потому, что природные материалы градиентны в гораздо большей степени, чем любые искусственные, созданные человеком. Это означает, что их состав и свойства переменны по пространству. Возьмем, к примеру, иглы розы, дикобраза, ежа. Если измерить усилие, которое нужно приложить на тонкий кончик, чтобы игла сломалась, то получится очень большое значение, невероятное для гомогенного материала.

Второй пример — перо птицы, которое по своему химическому составу не сильно отличается от материала игл и когтей животных. И в том, и в другом случае основной компонент — белок кератин. А между тем по удельной прочности птичьи перья соперничают с лучшими авиационными материалами. Они миллионы раз выдерживают переменные нагрузки, на что не способны никакие искусственные материалы. Кроме того, жесткость пера существенно меняется по длине. Так, его кончик — очень мягкий и тормозит развитие обратных токов воздуха, которые появляются при больших углах атаки. Именно поэтому птицы могут то, что недоступно даже современным самолетам: садиться и взлетать без пробега, поворачивать на закритических углах. Нам есть чему поучиться.

Еще один тип материалов, который распространен в природе повсеместно, — ячеистые материалы. Кости, кора пробкового дерева, морские губки и стебли растений... Человек создал много пеноматериалов из органических полимеров, металлов, керамики: теплоизоляционные панели для строительства, различные плавучие средства, от бுவ до виндсерфинга, упаковочные и амортизирующие ма-

териалы. В авиации используют даже трехслойные сотовые конструкции, структура которых аналогична кости черепа человека. Здесь нам удалось продвинуться довольно далеко, в некоторых случаях человеку удалось даже сделать то, чего в природе не бывает. Например, существует искусственный пеноматериал, у которого коэффициент Пуассона — минус единица. Если вы сжимаете тело, то обычно оно расширяется поперек. Отрицательный коэффициент означает, что тело, которое мы сжимаем, сжимается поперек. Ученые пока сделали пеноматериал с коэффициентом Пуассона «-1» только в лаборатории — он может быть приготовлен из полимера или металла. Но время идет, и такие удивительные свойства, может, и найдут свое применение. Природа тоже сделала один необычный материал — с коэффициентом Пуассона равно нулю, — это пробковое дерево. Из него потому и получают хорошие пробки: когда их вытаскивашь, они не сжимаются.

Итак, можно подводить итоги соревнования. Во многих случаях человек опередил природу, у которой учился. Металлы, полимеры из нефти,

полимерные волокна, прочность которых превышает прочность паутины и других природных материалов; композиционные материалы с рекордной прочностью и теплостойкостью; способы переработки материалов, особенно полимерных. Но есть и над чем поработать: градиентные материалы, пластичная керамика. Я считаю, что неорганические полимеры имеют большое будущее, равно как и неорганическо-органические композиты, часто встречающиеся в природе. Есть еще серьезная проблема: чем заменить нефть и газ, которые мы сейчас используем для синтеза полимеров и композитов. Наиболее вероятные кандидаты — целлюлоза, хитин и белки. Пока много сложностей с их переработкой. И хотя кое-что есть — например, твердофазная модификация природных полимеров в отсутствие растворителей, до массовой реализации еще далеко.

И еще одна глобальная проблема ждет решения — вторичная переработка конструкционных материалов и повторное использование ее продуктов. Природа с этой задачей справляется блестяще, чего не скажешь о человеке.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

### Что почитать о композиционных материалах:

1. Промышленные полимерные композиционные материалы, под ред. М.Ричардсона, М., Химия, 1980.
2. Ал.Ал.Берлин, С.А.Вольфсон, В.Г.Ошмян, Н.С.Ениколопян. Принципы создания композиционных материалов. М., Химия, 1990.
3. А.А.Берлин, Ф.А.Шутов. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. М., Наука, 1980.
4. А.С.Штейнберг, С.А.Бостанджиян, Г.А.Вишнякова, А.Ф.Беликова. Доклады Академии наук, 1999, том 369, № 5, с. 621–624.
5. L.Rothenburg, Al.Ai.Berlin, R.J.Bathurst. Microstructure of isotropic materials with negative Poisson's ratio, Nature, 1991, v.354, №6353, p.470.

**ХИМИЯ**

Инженерная лаборатория  
исследования полимерных материалов  
и лабораторией полимерной химии

Пост-мобильные и дистанционные для анализа видов  
Результаты исследований для промышленности и науки  
Диагностика полимерных материалов  
Исследования полимерных материалов  
Исследования полимерных материалов и полимерных систем  
Исследования полимерных материалов и полимерных систем  
Исследования полимерных материалов и полимерных систем  
Исследования полимерных материалов и полимерных систем

www.hij.ru



## НАНОТРУБКИ НА ПОЛАТЯХ

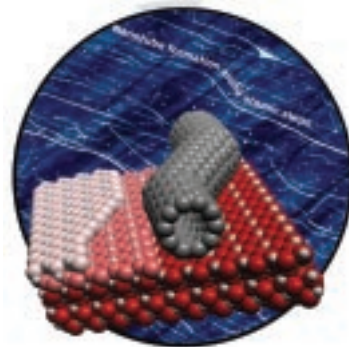
*Ученые из Израиля нашли способ выращивать прямые и, главное, не перепутанные друг с другом углеродные нанотрубки.*

Dr. Ernesto Joselevich,  
ernesto.joselevich@weizmann.ac.il

## В зарубежных лабораториях

Для того чтобы нанотрубки не спутывались в клубки, как это обычно бывает в газовом разряде, их пытаются выращивать на подложках, да еще прикладывая электрическое поле — считается, что оно должно влиять на ориентировку трубок. Пока группа ученых из Вейцмановского института науки (Израиль) во главе с доктором Эрнесто Хоселовичем ставила опыты с подложками из оксида кремния, все так и было. Однако переход на монокристаллы сапфира, то есть разновидность оксида алюминия, дал странные результаты: трубки упорядочивались, но предпочитали произвольное, никак не связанное с электрическим полем направление. Более того, как оказалось, трубки на сапфире упорядочиваются и безо всякого поля!

Причина — параллельные ступеньки высотой в несколько межатомных расстояний на поверхности такого монокристалла. Вдоль них и растут нанотрубки. Исследователи предполагают, что механизм тут такой. Всякой нанотрубке требуется катализатор — наночастица железа. Эта частица катится вдоль стенки ступеньки и никуда не может свернуть. За ней, как шлейф за реактивным самолетом, остается углеродная нанотрубка. Если на ступеньке есть дефекты, трубка получится с изгибами, что для микроэлектронщиков даже интереснее, нежели идеально прямая трубка. Кстати, атомными ступеньками на кристалле для выращивания серебряных нанопроволочек совсем недавно воспользовались и ученые из Новосибирска (см. «Химия и жизнь», 2004, № 8).



## ГЕЛЬ ПОЧИНИТ ХРЯЩИ

*Американские специалисты разработали новую концепцию лечения поврежденных хрящей.*

Источник:  
EurekAlert!, 09  
December 2004

## В зарубежных лабораториях

Разрыв хрящей — травма, знакомая многим. Традиционное лечение предписывает покой, болеутоляющие средства, порой хирургическое вмешательство. Сотрудники Массачусеттского технологического института и Гарвардской медицинской школы предлагают иной подход. В организм пациента впрыскивают жидкую субстанцию на основе натурального полисахарида, в состав которой помимо фотореактивных групп и фоточувствительных молекул входят хрящеобразующие клетки самого больного.

Под воздействием ультрафиолета жидкость превращается в гель, и пересаженные клетки закрепляются в месте разрыва, запуская процесс роста хряща именно там, где необходимо. Сам гель постепенно разрушается. В будущем планируется заменить ультрафиолет на обычный, видимый свет. Один из участников работы, Джейсон Бердик из МТИ, уверен, что когда-нибудь этот метод позволит лечить не только локальные травмы, но и суставы, пораженные артритом, а также «выращивать» хрящи вне тела человека, — это бывает необходимо, например, при пластической хирургии.

## СТЕКЛО ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕКРЕТОВ

*Британские инженеры придумали, как защитить информацию, которая может пролететь сквозь оконное стекло.*

Dr. Christos Mias,  
christos.mias@warwick.ac.uk

## В зарубежных лабораториях

Компьютеры в офисе нынче принято связывать друг с другом не с помощью проводов, а радиоволнами. А они легко проходят сквозь стекло, и, значит, любой злоумышленник может получить доступ к конфиденциальной информации. Ученые из Уорвикского университета создали метод изготовления таких стекол, которые понимают, какие радиосигналы можно выпустить за пределы здания, а какие — нет.

Чтобы этого добиться, на стекло наносят электрическую схему — настраиваемую дипольную решетку. Она сделана по технологии тонких пленок из оптически прозрачных компонентов и свободно пропускает свет. Такая решетка имеет три преимущества перед обычными, не настраиваемыми. Во-первых, удается блокировать именно ту частоту, на которой общаются друг с другом компьютеры, а в случае чего эту настройку легко изменить. Во-вторых, не нужно разрабатывать специальную решетку для каждого размера окна — достаточно одной модели, которая настраивается на любой размер. В-третьих, удается компенсировать небольшие ошибки, которые неизбежно возникают при изготовлении решеток.

## ДИСПЛЕЙ БРАЙЛЯ

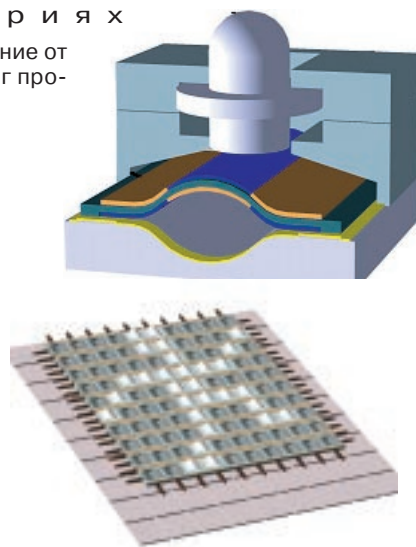
*Немецкие инженеры создали из металла с памятью формы дисплей для слепых.*

Пресс-секретарь  
Ms. Francis  
Hugenroth,  
hugenroth@caesar.de,  
www.caesar.de

## В зарубежных лабораториях

Для того чтобы, скажем, программист, даже потерявший зрение от бесчисленных часов, проведенных перед монитором, смог продолжать радовать общество плодами своего творческого труда, а равно и для того, чтобы дать возможность пользоваться информационными технологиями всем лишенным зрения людям, инженеры проектируют дисплеи для слепых. В их основе — та же азбука Брайля, что применяют в книгах, — набор выпуклых точек; их ощупывают пальцами и читают текст. Новое решение проблемы предложили немецкие ученые из центра «CAESAR» (Центр передовых европейских исследований и изысканий) во главе с доктором Бернхардом Винцеком.

Основа предложенного ими дисплея — тонкие пленки нескольких сплавов с памятью формы, нанесенные на кремниевую подложку. Под действием тока металл нагревается, искривляется и выдвигает пластиковый штырек. Его-то человек, работающий за таким дисплеем, и ощупывает. Другой электрический сигнал возвращает штырек в прежнее положение. Дисплей получился очень экономным: электричество, да и то в виде коротких импульсов, ему нужно только в момент изображения той или иной буквы.



## ЛАЗЕР СТАВИТ НАНОТОЧКИ

*Американские ученые придумали новую технологию изготовления квантовых точек в массовом количестве.*

Пресс-секретарь  
Andrew Careaga,  
acareaga@umr.edu

## В зарубежных лабораториях

Квантовая точка хороша тем, что она способна переизлучать поглощенный свет, причем длина его волны строго зависит от размера точки. Однако до сих пор ученые не очень хорошо умеют ни получать совершенно одинаковые наноточки, ни располагать их в строгом порядке и постоянно ищут новые методики. Вот, например, ученые из Университета Миссури-Рола (США) во главе с доктором Массимо Бертино предлагают такой способ.

В силикагеле смешивают два компонента — нитрат кадмия и тиомочевину. При комнатной температуре эти вещества реагируют, образуя частицы полупроводникового вещества — сульфида кадмия. Чтобы затормозить реакцию, гель сразу же охлаждают. Затем над гелем проходит луч инфракрасного лазера; он разогревает мельчайшие, диаметром в микроны, участки поверхности, и там начинается реакция, которая дает нанометровые частицы сульфида кадмия. Это и есть наноточки, причем выстроенные в строгом порядке — так, как шел луч лазера.

Ученые не остановились на достигнутом и сейчас ищут возможности светить ультрафиолетовым лазером, а также поработать с сотовыми структурами, в которых упорядоченно выстроены отверстия диаметром в пару нанометров.

## СОЕДИНИМ РАЗОРВАННЫЙ НЕРВ!

*Американские ветеринары установили, что полиэтиленгликоль помогает лечить травмы спины у собак.*

Richard B. Borgens,  
cpr@purdue.edu

## В зарубежных лабораториях

Ученые давно знают, что если в раствор, в котором плавают взвешенные клетки, добавить полиэтиленгликоль, то они сольются в одну большую клетку. Именно это свойство полимера применил в своих опытах профессор Ричард Боргенс, директор Центра исследований паралича Университета Пэрдью (США), когда склеивал нейроны разорванного позвоночного столба подопытной морской свинки. Оказалось, что всего за две минуты выдержки в растворе ПЭГ тысячи нервных окончаний сумели восстановить свою целостность. Так возникла идея использовать это вещество для лечения травм спины, но пока что у собак. Врачи применили новый метод для лечения травм у 19 псов с повреждениями спины и выяснили, что если помимо обычной терапии ввести раствор ПЭГ в место повреждения в течение 72 часов после травмы, то шансы на излечение очень высоки: более половины животных спустя две недели могли стоять или свободно передвигаться.

«При травме прежде всего повреждаются клеточные мембраны нейронов, — говорит профессор Боргенс. — Хуже того, умирающая клетка посылает «смертельный поцелуй» своим соседям, и в тех включается программа самоуничтожения. В результате погибает значительно больше клеток, чем было повреждено. Мы предполагаем, что именно вода, которая начинает быстро поступать внутрь порванной клетки, мешает жирным кислотам из середины мембраны снова соединиться и восстановить оболочку, а ПЭГ защищает мембраны от такого взаимодействия с водой».

## ВАКЦИНА ОТ АТЕРОСКЛЕРОЗА

*Шведские медики сделали шаг к созданию вакцины от атеросклероза.*

Alain Tedgui,  
tedgui@larib.inserm.fr

## В зарубежных лабораториях

Горан Ханссон из стокгольмского Королевского института пытается бороться с атеросклерозом с помощью иммунной системы.

При атеросклерозе на стенках кровеносных сосудов образуются бляшки, что приводит к закупорке сосудов и инфаркту. Казалось бы, поскольку бляшки сделаны из собственных жиров организма, рассчитывать на помощь лимфоцитов в борьбе с этим бедствием весьма наивно, и единственная защита — соблюдение диеты. Однако недавно некоторые ученые в Европе и в США начали поговаривать, что это заболевание — воспалительное и, стало быть, оно должно вызывать иммунный ответ.

Именно ключевой персонаж этого действия — Т-лимфоцит, способный распознавать липопротеины — белки, переносящие частички холестерина, который складывает бляшки, — и привлек внимание ученых из группы Ханссона. «Опыты на мышах показали, что иммунизация зверьков окисленными липопротеинами защищает их от развития атеросклероза, — говорит профессор Ханссон. — Работая вместе с французскими коллегами, которых возглавляет Алан Теги, мы наблюдали, как активированные клетки иммунной системы начинают синтезировать особые сигнальные молекулы, цитокины, а это угнетает атеросклероз. Такие молекулы очень интересны для создателей лекарства от инфарктов и инсультов».

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ТЕЛЕКИНЕЗ

*Австрийские инженеры научили компьютер управляться движением мысли.*

Dr Christoph Guger,  
guger@gtec.at, <http://istresults.cordis.lu/>,  
<http://www.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Presencia/>

## В зарубежных лабораториях

«Управление окружающим нас пространством с помощью мысли скоро будет не фантастикой, а реальностью, — говорит доктор Кристоф Гюгер. — Тринадцать лет назад этой задачей занимались всего два десятка лабораторий, а теперь их число перевалило за сотню». В частности, компания, которую возглавляет доктор Гюгер, в рамках европейского исследовательского проекта «Presencia» создала оборудование и программное обеспечение, обучающее компьютер управлять движением курсора исключительно силой человека.

Главная часть оборудования — электроды для снятия энцефалограммы, с помощью которых карманный компьютер фиксирует электрическую активность мозга. Сидя перед экраном персонального компьютера, человек с электродами на голове пытается мысленно представить движение курсора на экране влево, а затем вправо. Вся процедура повторяется двадцать раз, после чего компьютер строит шаблон этой активности мозга, соответствующий представлению о движении курсора в ту или иную сторону, и в дальнейшем по нему распознает мысль.

Впрочем, обучить компьютер не самое сложное: человек должен уметь четко формулировать свою мысль. Шесть процентов добровольцев, принимавших участие в работе доктора Гюгера, научились это очень быстро, за полчаса. А за день мысленному управлению курсором сможет обучиться любой.

# Резиновая

# крыша

**В**сем хорошо известен материал под названием «рубероид». Еще недавно именно его применяли для гидроизоляции полов и крыш. Рубероид — это специальный картон или стеклохолст, пропитанный так называемыми «черными вяжущими» — битумами или дегтями. Использовали его везде, несмотря на то что у него довольно много недостатков. Он не очень стоек к атмосферным воздействиям, поэтому для гидроизоляции его укладывали в несколько слоев, что требует времени и затрат, а также тяжелого ручного труда. А ведь через 3–5 лет кровлю уже приходится ремонтировать. Если же вспомнить, что гидроизоляцию на основе битумов применяют и в подземных сооружениях, то там небольшой срок службы обходится еще дороже.

Вскоре после Второй мировой войны строительная индустрия стала переходить на легкие металлические конструкции (ЛМК). Железобетонные панели заменили панелями из тонкого (~1,5 мм) стального оцинкованного листа с периодическим П-образным профилем, который придает конструкции большую жесткость при изгибе. Во-первых, масса таких панелей намного меньше, а во-вторых, как говорят специалисты, они позволяют быстро перекрывать большие площади при значительно меньших затратах. Сначала на ЛМК так же, как и раньше на железобетон, укладывали рубероидные материалы. Но вскоре оказалось, что такие конструкции в сочетании с рубероидным ковром при пожаре быстро разрушаются.

В 1953 году в США пожар полностью уничтожил завод по производству коробок скоростей фирмы «Дженерал моторс» — площадь корпуса составляла 130 000 м<sup>2</sup>. При расследовании оказалось, что главной причиной разрушения была рубероидная кровля, выполненная в точном соответствии с действующими в то время строительными нормами. Дело в том, что 1 м<sup>2</sup> рубероидного ковра (3–5 слоев рубероида, наклеенных с помощью горячей битумной мастики) весит 12 кг, и при горении такого покрытия выделяется очень много тепла: 1000–1800 МДж на 1 м<sup>2</sup> кровли.

Поэтому ученые начали активно разрабатывать кровельные и гидроизоляционные материалы на основе полимеров (синтетических каучуков и пластиков). Достаточно сказать, что 1 м<sup>2</sup> полимерного однослойно-

Художник Г. Гончаров



го покрытия (1,0–1,5 мм) весит всего 1,5 кг, и за счет этого при пожаре выделяется в 5–7 раз меньше тепла. Можно сделать полимер (и соответственно крышу из него) с пониженной горючестью. Кроме того, полимерная кровля служит дольше, а делать ее легче. Но проблема в том, что полимеры должны быть устойчивыми к воздействию атмосферы.

В разрушении крыши принимают участие: кислород и озон воздуха, ультрафиолетовое излучение солнца, различные микроорганизмы, атмосферные осадки, в том числе с промышленными выбросами, перепады температур (на российских просторах это может быть и +80, и –60°C). Поэтому для нашей цели подходят далеко не все полимеры, а только стойкие к окислению, например хлоропреновые, бутил- и этилен-пропиленовые каучуки, полиизобутилен, хлорированный полиэтилен, хлорсульфополиэтилен, полихлорвинил, силоксановые каучуки, фторопласты, полиуретаны, акрилатные каучуки в форме латексов.

## Строительная химия

Окисление каучуков и резин начинается с присоединения молекуляр-

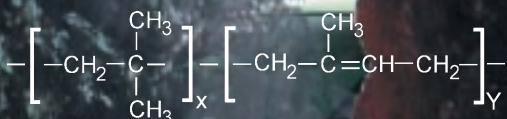
ного кислорода по двойным связям, а уже потом происходит цепная реакция, образуются свободные радикалы, и разрушается вся полимерная молекула. Соответственно ухудшаются свойства материалов, сделанных на их основе. Однако совсем убрать двойные связи нельзя — они нужны, чтобы их потом можно было вулканизировать (сшить). Например, полиизобутилен, молекулярная цепь которого вообще не содержит двойных связей, очень стоек к окислению, но его невозможно вулканизировать серой. Поэтому чтобы получить эластомеры, стойкие к окислению, содержание двойных связей в них снижают до минимума.

Одна из первых удач — бутилкаучук (рис. 1), который синтезировали в США в 1937 году. В его цепных молекулах в 30–50 раз меньше (всего 0,7–3,0%) изопреновых звеньев с двойными связями, чем в каучуках общего назначения. В СССР из-за войны такие исследования начались лет на десять позже, но уже в 50-х годах и у нас запустили промышленное производство бутилкаучука на заводах в Сумгаите, Тольятти, а позднее в Нижнекамске и Тобольске.

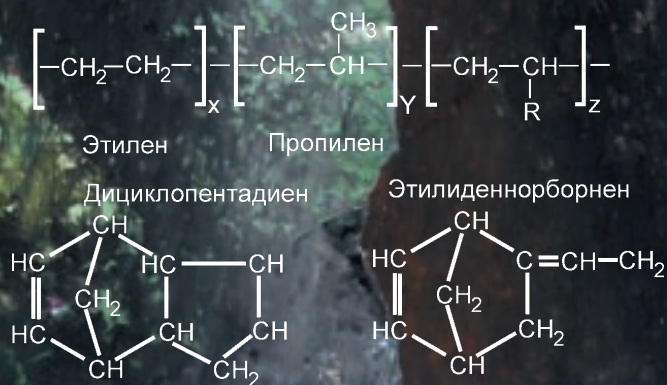
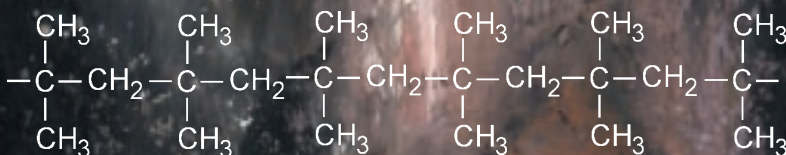
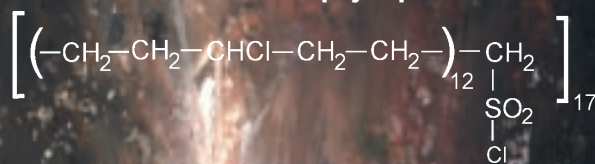
Дальнейший поиск привел к этиленпропиленовым каучукам (тройным со-

**Рис. 1 Бутилкаучук**

Где:  $X = 97-99,3$ ,  $Y = 0,7-3,0\%$   
(содержание изопреновых звеньев)  
Марки с минимальным содержанием двойных связей:  
БК-0845Т (0,8), БК-1675Т или БК-1675Н (1,6)

**Рис. 2 Этилен-пропиленовые каучуки**

Содержание этиленовых звеньев 40–70%  
Третий сополимер – диен (R)  
Два наиболее распространенных вида диена:  
дициклопентадиен и этилиденнорборнен

**Рис. 3 Хлорсульфополиэтилен****Рис. 4 Полиизобутилен**

Полиизобутилен используют в производстве антикоррозийных материалов, клеев, герметиков, резиновых изделий (в смесях с каучуками)

полимерам), в молекулах которых третий компонент с двойными связями расположен в боковых ответвлениях главной цепи (рис. 2). При окислении такого тройного полимера молекулярные цепи не разрываются, поэтому резины на их основе служат долго. В частности, за этот синтез в 1963 году Дж.Натта и К.Циглер получили Нобелевскую премию по химии. Промышленное производство этих каучуков началось в 60-х годах, а уже в 1975 году общая мощность заводов по их производству в разных странах составила

300 000 тонн. У нас такое производство было запущено в начале 90-х годов на Нижнекамском нефтехимкомбинате, и сейчас там делают три марки этиленпропиленовых каучуков специально для кровельных и гидроизоляционных рулонных материалов. Кстати, если в каждом звене молекулярной цепи полимера будет по атому хлора, то реакция окисления также резко замедлится и резины, например, из хлорпренового каучука будут огнестойкими.

К сожалению, кислород — не единственная проблема. На кровлю действу-

ет ультрафиолетовое излучение, которое разрушает все виды материалов — и битумные, и полимерные. Практически все полимеры, кроме некоторых (хлорсульфополиэтилена (рис. 3), силоксановых каучуков, фторкаучуков и фторопластов), разрушаются под действием света — происходит фотоокисление. Чтобы увеличить стойкость полимеров к ультрафиолетовому излучению, в них добавляют специальные УФ-абсорберы. Самым эффективным из них оказался высокодисперсный технический углерод — сажа. Некоторые сорта сажи одновременно замедляют и фотоокисление, и окисление без воздействия света, поэтому она — обязательный компонент резин на основе хлорпренового, бутил- и этилен-пропиленовых каучуков, а также композиций, содержащих высокомолекулярный полиизобутилен и полиэтилен, применяемых для устройства кровель и гидроизоляции.

Помимо света и кислорода, на полимерные кровельные материалы действует озон, который так же, как кислород, окисляет цепные молекулы эластомеров по двойным связям и вызывает их быстрый распад. Озонное старение — важнейшая составляющая ат-

**Разрушение резин из различных каучуков, приготовленных без применения специальных озонозащитных компонентов**

Таблица 1

Каучук (деформация растяжения 50%)	Время до появления трещин, сутки
Силоксановый СКТВ	>1460
хлорсульфополиэтилен	> 1460
Фторкаучук СКФ-26	>1460
Бутилкаучук	800
Этилен-пропиленовый каучук	752
Хлорпреновый каучук	456
Натуральный каучук	11
Бутадиен-метилстирольный каучук	10
Бутадиен-нитрильный каучук СКН-26	4
Полиизопреновый каучук СКИ-3	3

(аналог натурального каучука)

ТЕХНОЛОГИИ





молекулярного старения резины. Этот процесс виден невооруженным глазом, поскольку на растянутых поверхностях образуются трещины, причем в некоторых видах каучука трещины появляются всего через три дня (табл. 1). Интересно, что максимальная скорость озонного старения происходит при небольших удлинениях (20–50%). Чтобы исследовать озонное старение, ученые выставляют образцы материалов на открытых площадках (крышных станциях), расположенных в различных климатических зонах, а также помещают их в аппараты искусственной погоды (везерометры) и специальные озонные камеры.

Чтобы уменьшить разрушение резины из-за озона, в них добавляют еще один тип защитных веществ — химические и физические антиозонанты. Примером химической защиты может служить *N*-изопропил-*N*-фенил-*p*-фенилендиамин (диафен ФП). Физические антиозонанты — это различные воски, то есть смеси органических веществ, похожие на пчелиный воск (наиболее распространенные воски — продукты переработки нефти: парафины, петролатум, церезины и их комбинации). Воскообразные вещества мигрируют на поверхность резины и образуют тонкую пленку, которая и защищает их от озона.

## Практика: рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы

Одним из первых полимеров, примененных в строительстве для гидроизоляции, был высокомолекулярный полиизобутилен (рис. 4). В 1938 году на его основе в Германии сделали рулонный гидроизоляционный материал «Опанол ВА», из которого тогда же была устроена гидроизоляция автодорожного моста через Рейн. «Опанол ВА» широко применяли в Германии в годы Второй мировой войны для гидроизоляции подземных сооружений, а также заводов, складов и т. п. Рулонные материалы из полиизобутилена и сегодня используют для устройства кровель, гидроизоляции подземных сооружений, мостов и санузлов. В начале 50-х годов в США появились опытные кровли из листов резины на основе бутилкау-

чука. С конца 60-х, когда стало ясно, что этот материал сохраняет свои свойства очень долго, его производство наладили в США, Канаде и Японии. Одновременно в США начали использовать хлоропреновый каучук — из листов такой резины сделали крышу здания, где собирали космические ракеты по проекту «Аполлон» в штате Флорида. В последние десятилетия XX века на первое место вышел этилен-пропиленовый каучук, причем масштабы его производства огромны (в 1986 году в США для этих целей израсходовали 20 000 тонн тройного сополимера).

На первом этапе развития новой технологии, в 60-х годах прошлого века, считалось, что альтернатива рубероиду в строительстве — жидкие полимерные композиции на основе растворов или водных дисперсий полимеров. Потом оказалось, что все-таки в большинстве случаев удобны именно рулонные кровельные и гидроизоляционные эластомерные материалы (РКГЭМ).

Конечно технологию, о которой идет речь, давно используют не только при замене рубероида и строительстве кровель из легких металлических конструкций. Сейчас полимерные крыши делают также на основаниях из бетона и других материалов. Большим шагом вперед стала технология получения ковров из отдельных предварительно вулканизированных полотнищ шириной 1–1,5 м, размеры которых могут достигать 1000 м<sup>2</sup>. Эти полотнища соединяют в ковры, привозят на стройки в сложенном виде и укладывают на крыше с помощью клеев и герметиков, формируя монолитную мембрану.

Одно перечисление областей применения подобных рулонных материалов, наверное, займет целую страницу. Это гидроизоляция фундаментов, виадуков, автомагистральных и железнодорожных тоннелей, объектов метро, плотин и оросительных каналов, водопроводов, резервуаров для воды, отстойников для биологической очистки сточных вод, хранилищ жидких промышленных отходов и других подобных сооружений. Например, в конце 60-х годов из листов резины на основе бутилкаучука, армированного волокнами нейлона (0,8 мм), облицевали 45 га водохранилища Каулапуу (Гавайские острова, США). Один квадратный метр облицовки ве-

сил всего 1 кг при очень низкой себестоимости. В некоторых случаях используют фторопласты (тефлон), нанесенные на стеклоткань, — именно таким материалом покрыты 424 000 м<sup>2</sup> крыши одного из аэропортов Саудовской Аравии.

В Советском Союзе крупномасштабное применение РКГЭМ в строительстве началось во второй половине 80-х годов. До этого у нас не хватало исходных полимеров — полиизобутилена, бутил- и этилен-пропиленового каучуков — и не было свободных мощностей на заводах резинотехнических изделий. Ситуация изменилась в 1990–2000 годах: увеличился выпуск каучуков и освободились мощности на заводах. Рулонные материалы стали делать в Казани, Ярославле, Уфе, Астрахани. Естественно, в комплекте с ними производят клеи, герметики, клейкие ленты, формованные детали (фланцы), — все, что нужно для создания герметичной резиновой мембраны. Создана целая технология монтажа таких кровель с помощью склеивания, сварки, герметизации швов, которая обеспечивает надежное соединение резиновых полотен между собой и с элементами строительных конструкций. Вот почему полимерные кровли, в отличие от традиционных кровельных крыш из шифера и рубероида, делают специализированные фирмы с собственным штатом инженеров и обученных рабочих. (Внимание: не следует путать материалы, о которых идет речь, с полимерным шифером, который продается на любом строительном рынке и из которого любой покупатель может сам сделать крышу для садового домика.)

Во многих городах России полимерная кровля уже перестала быть экзотикой, причем не только на жилых и общественных зданиях, но и на промышленных объектах. Так, крыши Курской и Балаковской АЭС, в том числе и хранилища радиоактивных отходов, сделаны из отечественного полимерного материала «Кровлелон» с повышенной огнестойкостью. Рулонный кровельный материал с повышенной огнестойкостью на основе хлоропренового каучука разработан в АО «Ярославль-резинотехника». В институте ЦНИПИ легстальконструкция также придумали свою технологию производства кровельных панелей с повышенной огнестойкостью. На легкое металлическое основание наносят слой негорючего пенопласта, а затем рулонный материал на основе этилен-пропиленовых каучуков с пониженной горючестью (содержащий антипирены) — получается готовая панель, которую можно доставлять в любые районы, в том числе и труднодоступные для обычных перевозок. Монтаж исключительно прост — достаточно проклеить стыки самоклеящимися лентами, и крыша готова.



## Практика: крыши на основе растворов полимеров и латексов

Когда по тем или иным причинам невозможно сделать рулонную кровлю, можно прямо на нужное место послойно наносить растворы полимеров. Застывая, они дадут сплошное покрытие. Такую технологию начали осваивать в США в 1957 году. На основании кровли последовательно наносят растворы хлоропренового каучука (основной гидроизоляционный слой) и хлорсульфополиэтилена (верхний светозащитный слой), содержащие наполнители и вулканизирующую группу. После испарения растворителя (ксилола) в обоих слоях происходит холодная вулканизация, и получается эластичная монолитная пленка толщиной 1,0–1,5 мм.

Основная область применения такого метода — кровельная изоляция на поверхностях из напряженного железобетона. С 1957 по 1963 год в США, Канаде и других странах таким образом сделали около 2 млн. м<sup>2</sup> прочных и долговечных кровельных покрытий. Но технология так и не пошла дальше — токсичные органические растворители ограничили ее распространение. Позднее в США стали применять жидкие полимерные композиции на основе полиуретанов с каменноугольной смолой.

Жидкие кровли делают также из хлоропреновых или акриловых латексов. В этом случае приходится применять армирующие прокладки из синтетических тканей и защитные слои светозащитных красок. Таким образом устроены крыши небоскребов Нью-Йорка и Чикаго, в частности небоскреба Эмпайр Стейт Билдинг и здания ООН. В последние годы в США и Японии изготавливают кровли из акриловых дисперсий. Их наносят в два слоя, причем сразу после нанесения первого на него укладывают нетканый материал из полиэфирных волокон. В США и Англии с помощью акриловых дисперсий ремонтируют изношенные рубероидные или металлические крыши.

В 1970–1990 годах в институте ВНИИстройполимер ученые тоже разработали мастики растворного типа (хлорсульфополиэтилен в ароматическом растворителе — «кровлелит», и бутилкаучук в бензине), которыми чинили рубероидные крыши. Мастику «кровлелит» применяли также для защиты рубероидных кровель от выбросов щелочей на предприятиях цветной металлургии и химических заводах. Для конструкций сложной формы, например куполов из железобетона, там же сделали жидкий кровельный материал на основе силиконового каучука. В отличие от хлорсульфополиэтилена эта композиция растворяется в малотоксичном бензине, а крыша из нее очень устойчива к атмосферным воздействиям и морозам.

В те же годы во ВНИИстройполимер ученые придумали много интересных и оригинальных технологий, которые были даже запатентованы за рубежом. Например, составы на основе латексов (хлоропренового, бутилкаучука, бутадиен-стирольного), которые не горят и не выделяют никаких токсичных веществ. Они защищают поверхности от влаги при температурах от нуля до ста градусов по Цельсию и выдерживают многократные замораживания и оттаивания. Ими покрывают стены бань, фабрик по производству бумаги и картона, кожевенных заводов, предприятий пищевой промышленности, холодильники, пропарочные камеры заводов, камеры биологического разложения бытового мусора.

К сожалению, ВНИИстройполимер сейчас практически не существует. Так же, как многие другие огромные отраслевые институты. Впрочем, на Западе и нет таких форм организации научного труда — там все максимально приближено к производству и его нуждам. Может быть, это и неплохо: есть конкретная задача и заказчик, который с нетерпением ждет ее решения. Так, в 1991 году НПП «Эластомер» (Волгоград) совместно с Волгоградским техническим университетом создали кровельную систему «Эластотур-К» на основе жидкого каучука, которая надежно покрывает здания таежных компрессорных станций Тюменьтрансагаза (перепад температур в зимнее время 110°C) и постройки в городах сибирских нефтяников — Ноябрьске, Когалыме, Лангепасе, Сургуте.

Но таких примеров немного, и нам трудно конкурировать с западными коллегами. Чтобы изменить ситуацию, надо создавать специальные научные центры при крупных заводах резинотехнических изделий и других химических предприятиях, где можно было бы разрабатывать новые материалы и сопутствующие компоненты — клеи, герметики, клейкие ленты. К исследованиям можно и нужно привлекать университетские и академические лаборатории. Следующим совершенно необходимым шагом возрождения российской строительной химии должно быть создание государственных стандартов, строго регламентирующих качество производимых материалов.

## Экономичная кровля

Рулонные резиновые кровли для крыш существуют уже давно. Современные материалы устойчивы к солнечному свету, кислороду, дождю и другим неблагоприятным атмосферным явлениям, но имеют высокую себестоимость. Ученые Московской академии тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова совместно с Институтом биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН разработали резиновые смеси двух типов: на основе хлоропренового и этиленпропилендиенового каучуков. Из них получаются отличные и дешевые покрытия для крыш, которые легко монтируются. Одновременно новая технология позволяет решать экологическую проблему — для производства нового типа рулонной листовой кровли ученые предложили использовать отходы шинного производства.

В производстве шин, на стадии вулканизации резины в качестве промежуточного изделия применяют диафрагму. Диафрагмы делают на основе бутилкаучука, и на шинных заводах их скапливается довольно много. Эти отходы занимают много места, и пока нет экологически чистого способа их утилизации. Ученые предложили получать из диафрагм бутилрегенерат — вещество, которое может значительно удешевить резиновые кровельные материалы. В резиновые смеси на основе хлоропренового и этиленпропилендиенового каучука (с добавками технического углерода) химики вводили разные количества бутилрегенерата. Оказалось, что если добавить его почти столько же, сколько каучука, то резина получается устойчивой к действию кислорода, перепадам температуры, а также сохраняет гибкость и прочность при растяжении. Кровельные изделия — емкие материалы, поэтому туда можно добавлять большое количество отходов от производства шин.

Ученым удалось исключить из технологии дорогостоящую операцию вулканизации резины, что снизило себестоимость рулонной кровли и упростило ее изготовление. Испытания показали, что она легко и хорошо монтируется на крыше, имеет гладкую поверхность, с которой быстрее стекает вода.



**Т**елевизоры, компьютеры, электронные часы, микрокалькуляторы, мобильные телефоны, кассовые аппараты, цифровые фото- и видеокамеры, автомобильная аппаратура — на все это мы смотрим глазами, и поэтому все это смотрит на нас дисплеями, или, как выражаются в технике, устройствами отображения информации. Дисплеи бывают простейшие, воспроизводящие несколько знаков или цифр, и весьма сложные, которые позволяют создавать широкоформатные изображения фотографического качества.

По принципу действия дисплеи можно разделить на активные и пассивные. В активных дисплеях каждый элемент изображения — пиксель на экране компьютера или сегмент цифрового индикатора в электронных часах — сам излучает свет при подаче на него напряжения. Самый распространенный тип такого дисплея — это электронно-лучевая трубка, до недавних пор обязательный элемент каждого телевизора. В пассивном же дисплее используется внешний источник света, а элемент изображения лишь меняет свою прозрачность или степень отражения. Так происходит, например, в жидкокристаллических индикаторах (ЖКИ) часов и калькуляторов.

Качество изображения у активных дисплеев обычно выше, чем у пассивных ЖК-дисплеев. Это касается почти всех важных характеристик: яркости, контрастности, цветовой чистоты и насыщенности, инертности (времени включения — выключения одного элемента), а также угла обзора. Однако, несмотря на это, пассивные дисплеи на ЖКИ применяются очень широко — почти во всей переносной аппаратуре, например в мобильных телефонах. Прежде всего — из-за низкого потребления энергии. Дополнительные их преимущества — дешевизна, низкое рабочее напряжение, малые габариты (толщина), сравнительно несложная и хорошо отработанная технология.

До недавнего времени конкуренции у ЖКИ на рынке мобильной аппаратуры не было. Но ситуация стала меняться несколько лет назад с началом промышленного освоения светодиодных индикаторов на основе органических электролюминесцентных соединений, OLED — Organic Light-Emitting Diode.

## В начале

Активные исследования в области электролюминесцентных (ЭЛ), то есть излучающих свет под действием электричества, органических материалов начались сравнительно недавно. Хотя старт был дан еще в 50-х годах прошлого столетия, когда впервые удалось наблюдать свечение тонких пленок красителя акридинового оранжевого при приложении высокого переменного напряжения. В 60-х годах было продемонстрировано свечение кристаллов полициклических ароматических систем — антрацена, нафтацена, перилена и других веществ. Для того чтобы заставить кристаллы све-

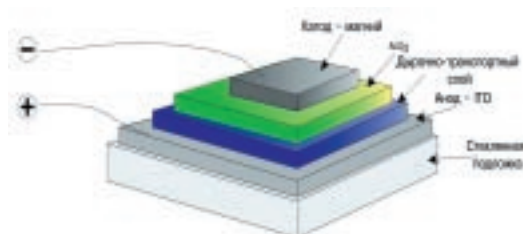
титься, слой толщиной порядка 10 мкм зажимали между двумя плоскими электродами, один из которых был полупрозрачным. Такая ячейка светила при подаче на нее постоянного напряжения 400–800 вольт.

За последующие полтора десятилетия принципиальных сдвигов в данной области не произошло, хотя и удалось несколько снизить рабочее напряжение, применив в качестве катода металлы с низкой работой выхода электрона. Но по-прежнему именно высокое напряжение, требуемое для свечения электролюминесцентной органики, было препятствием для их практического использования.

## Приблизительно в то же время...

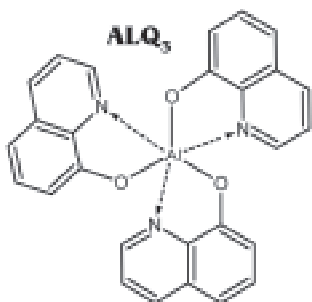
...Начинает развиваться родственная область исследований — электролюминесценция органических веществ в растворах или электрохемилюминесценция (ЭХЛ). В качестве электролюминесцентных соединений использовались, в частности, те же полициклические ароматические соединения, например 9,10-дифенилантрацен и рубрен. В простейшем случае рабочая хемилюминесцентная ячейка представляла собой емкость с двумя платиновыми сетками-электродами, заполненная раствором органического люминофора в диметилформамиде (ДМФА). Для того чтобы раствор стал проводящим, в него добавлялась какая-либо растворимая соль тетраалкиламмония, например тетрабутил-аммоний перхлорат. Выбор соли был не случаен — она не должна была участвовать в электродных окислительно-восстановительных реакциях. ЭХЛ ячейки излучали свет при подаче импульсного напряжения поочередно положительной и отрицательной полярности с величиной в пределах десяти вольт. Иными словами, рабочее напряжение было небольшим, но основными недостатками ЭХЛ оказались низкая яркость, большая инертность и быстрая деградация ячеек. Последний недостаток так и не удалось преодолеть, и к середине 80-х годов эти исследования были почти полностью прекращены.

Ситуация в области твердотельных органических люминофоров решительно меняется, когда в 1987 году исследователи лаборатории фирмы «Кодак» Чинг Ван Танг и Стивен Ван Слайк демонстрируют электролюминесцентный прибор, состоящий из четырех последовательно напыленных в высоком вакууме слоев.





Первый, находящийся на поверхности стеклянной пластины, слой толщиной 200–300 нм представляет собой смешанный оксид индия — олова  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$  (ITO) и служит полупрозрачным анодным электродом, сквозь который свет выходит наружу. Второй слой толщиной 50–100 нм, ароматический третичный амин, выполняет две задачи: транспортирует дырки, инжектируемые анодом, и с другой, блокирует электроны, движущиеся от катода. Третий слой толщиной 70–150 нм — электролюминесцентный слой органического хелата: *трис*-(8-гидроксихинолината) алюминия ( $\text{ALQ}_3$ ).



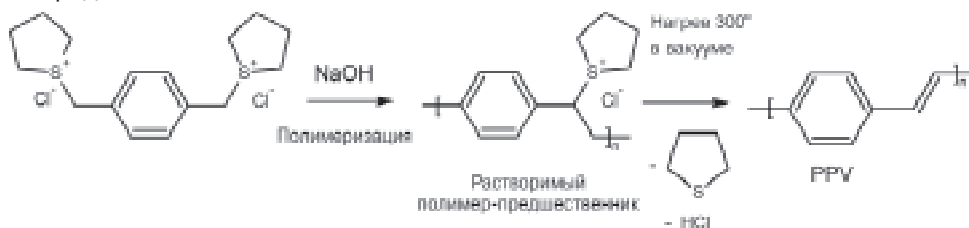
Именно внутри этого слоя происходит генерация света за счет рекомбинации электронно-дырочных пар. Завершал структуру слой магниевого катода (у магния относительно низкая работа выхода). Прибор излучал зеленый свет при подаче постоянно-го напряжения менее 10 вольт.

Несколько лет спустя, в 1990 году, исследовательская группа Кембриджского института под руководством Ричарда Френда сообщает об электролюминесценции в желто-зеленой области поли-пара-фениленвинилена (PPV) — полимера с чередующимися сопряженными двойными связями.

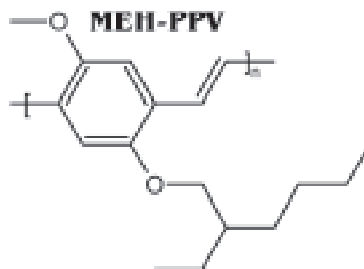


Светоизлучающая структура состоит в этом случае всего из трех слоев: тонкий слой полимера находился между ITO и катодным электродом. Основная сложность заключалась в том, что практически нерастворимый

в обычных растворителях PPV пришлось синтезировать непосредственно на подложке из растворимого предшественника.



А лишь годом позднее будущий лауреат Нобелевской премии по химии Алан Хиггер и его сотрудники по Калифорнийскому университету в Санта-Барбаре вводят в практику аналог PPV — поли-[2-метокси-5-(2'-этилгексилосилокси)-1,4-фениленвинилена] (MEH-PPV) с оранжевым цветом свечения. Элементы понемногу становятся многоцветными.



Длинные алкоксильные заместители делают этот полимер растворимым, например, в хлороформе и ксилоле. В растворенном виде он легко наносится на подложку путем центрифугирования, давая пленку толщиной около 100 нм. Это существенно упрощает технологию.

Обобщая, можно сказать, что первые эксперименты принесли много обнадеживающих результатов: рабочие напряжения в некоторых случаях удавалось снизить до 2 вольт, были получены практически все видимые цвета свечения (включая белый цвет и излучение в ИК-области), яркость свечения составляла 100–500 кд/м<sup>2</sup>, пиковые яркости достигали 100 000 кд/м<sup>2</sup> (для сравнения — яркость экрана большинства телевизоров не превышает 200–300 кд/м<sup>2</sup>), индикаторы получались небольшой толщины (суммарная толщина активных слоев не превышала нескольких микрон).

Но оставалась нерешенной проблема срока службы. Для использования в бытовой аппаратуре он должен составлять хотя бы несколько тысяч ча-

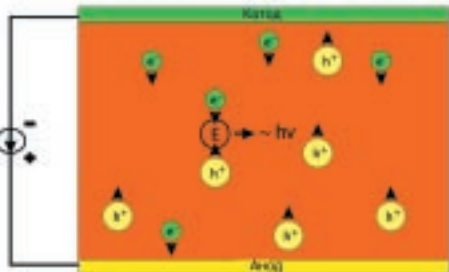
сов (8000 часов = год), а первые индикаторы светились всего несколько минут. Быстрая деградация органических материалов могла поставить крест на новом направлении, как это уже было с электрохемилюминесценцией. Однако спустя десятилетие эта проблема все же была решена, и существующие на сегодня технологии позволяют изготавливать органические индикаторы со временем работоспособности 5 тысяч часов и более.

## Как работает OLED

По принципу работы индикаторы на основе органических ЭЛ соединений напоминают обычные полупроводниковые светоизлучающие диоды. Механизм возникновения свечения можно рассмотреть на примере простейшего OLED, структура которого напоминает плоский конденсатор: между двумя обкладками-электродами находится слой ЭЛ-вещества. Один электрод — катод инжектирует в органический слой электроны, второй — анод инжектирует дырки. Под действием электрического поля электроны и дырки движутся от одной органической молекулы к другой навстречу друг другу: электроны — к положительно заряженному аноду, а дырки к отрицательному катоду. Чтобы носители заряда мигрировали с молекулы на молекулу, напряженность электрического поля должна быть большой —  $10^5\text{--}10^7$  В/см. Для создания такого поля при невысоком напряжении требуется очень низкая толщина активных слоев — порядка сотен нанометров.

Если в одной молекуле встречаются электрон и дырка, они рекомбиниру-

ют, образуя нейтральную возбужденную квазичастицу — экситон. Для простоты можно рассматривать экситон как пару электронов, один из которых находится в возбужденном состоянии. Если суммарный спин этой пары равен нулю, то есть электроны имеют противоположные спины, то такое состояние экситона называется синглетным. При совпадении спинов состояние называют триплетным. По теории соотношение образующихся синглетных экситонов к триплетным составляет 1:3.



Синглетное состояние экситона очень неустойчиво. Его распад (то есть переход возбужденного электрона на более низкий энергетический уровень) может происходить с излучением интересующего нас кванта света. Это и называется фотолуминесценцией (ФЛ). Квантовая эффективность ФЛ для некоторых веществ может достигать 90% и более — это значит, что 90% всех синглетных экситонов распадаются с излучением света. Триплетное состояние экситона более устойчиво, и излучение света при распаде этого состояния в общем случае формально запрещено, однако в настоящее время известны вещества — органические комплексы редкоземельных металлов и металлов платиновой группы, которые могут способствовать излучению триплетных экситонов.

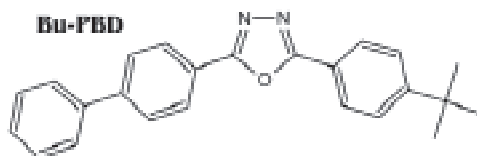
Часть электронов и дырок может проходить электролюминесцентный слой насквозь, безызлучательно рекомбинируя в других слоях или на электродах. Отсюда следует, что к электролюминесцентному веществу можно предъявить два основных требования: его структура должна способствовать транспорту заряженных носителей и увеличению вероятности встречи электронов и дырок в одной молекуле, то есть образованию экситонов.

Возьмем классический пример — молекулу поли-*пара*-фениленвинилена. Каждый углеродный атом в молекуле PPV имеет перекрывающуюся p-орбиталь с соседними атомами. Полученная таким образом связанная система p-орбиталей дает возможность электронам относительно свободно перемещаться по всей молекуле.

Большой линейный размер молекулы PPV увеличивает вероятность встречи электрона и дырки.

В случае низкомолекулярных ЭЛ-веществ приходится использовать дополнительные, так называемые барьерно-транспортные слои, оптимизирующие транспорт носителей заряда. Без них несбалансированная инжекция электронов и дырок в светоизлучающий слой уменьшает эффективность устройства. Рядом с катодом располагаются электрон-транспортные слои. Их задача — доставлять электроны к ЭЛ-слою (транспортная функция) и не позволять продвигаться далее к катоду (барьерная функция). Соответственно рядом с анодом находятся дырочно-транспортные слои, выполняющие аналогичные функции по отношению к дыркам.

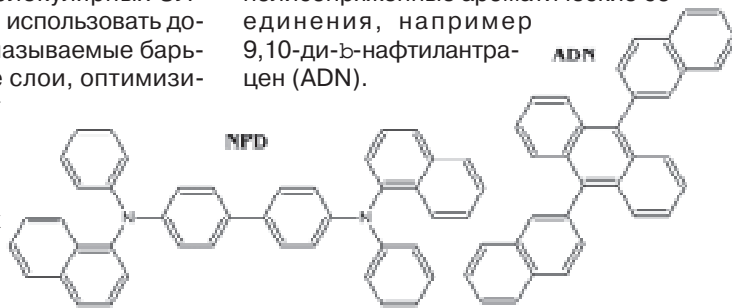
В некоторых случаях ЭЛ- и транспортные функции могут быть совмещены в одном веществе. Например,  $AlQ_3$  — распространенный электрон-транспортный слой. В качестве таких слоев также широко применяют производные оксадиазола и триазола, например (вдохнули и попробовали разом) 2-(бифенил-4-ил)-5-(4-трет-бутилфенил)-[1,3,4]оксадиазол (Bu-PBD) и 4-(1-нафтил)-3,5-дифенил-4H-[1,2,4]триазол (TAZ).



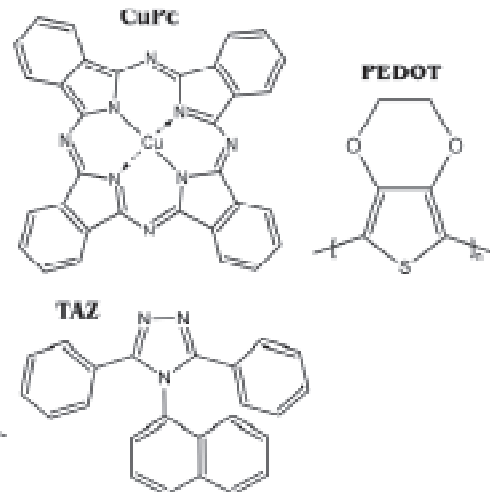
Для того чтобы увеличить эффективность работы OLED и снизить рабочую нагрузку, в качестве катода используют металлы с низкой работой выхода, например литий, кальций, магний, а также их сплавы с менее активными металлами, например с алюминием или серебром. Большая химическая активность этих металлов зачастую приводит к быстрой деградации катода, поэтому иногда для уменьшения энергетического барьера между катодом и электрон-транспортным слоем дополнительно вводят так называемый электрон-инжекционный слой. Это может быть очень тонкий слой (порядка 1 нм) фторидов цезия или лития. Тогда в качестве катода можно использовать алюминий, по эффективности он сравним с катодами на щелочноземельных металлах.

Самые распространенные материалы дырочно-транспортных слоев —

третичные ароматические амины, например 4,4'-бис[N-(1-нафтил)-N-фенил-амино]бифенил ( $\alpha$ -NPD), а также полисопряженные ароматические соединения, например 9,10-ди-*b*-нафтилантрацен (ADN).



Для дополнительного увеличения эффективности между анодом и дырочно-транспортным слоем может находиться дырочно-инжекционный слой. Эти слои часто делают из порфириновых комплексов, таких, как фталлоцианин меди (CuPc), а также из некоторых сопряженных полимеров — полианилинов, поли-3,4-этилендиоксифенолов (PEDOT).



Дырочно-инжекционный слой, помимо своей основной функции, уменьшает неровности анодного электрода. Это весьма важно, поскольку в сильных электрических полях геометрия поверхности электродов существенно влияет на скорость деградации органических слоев и соответственно на время жизни устройства.

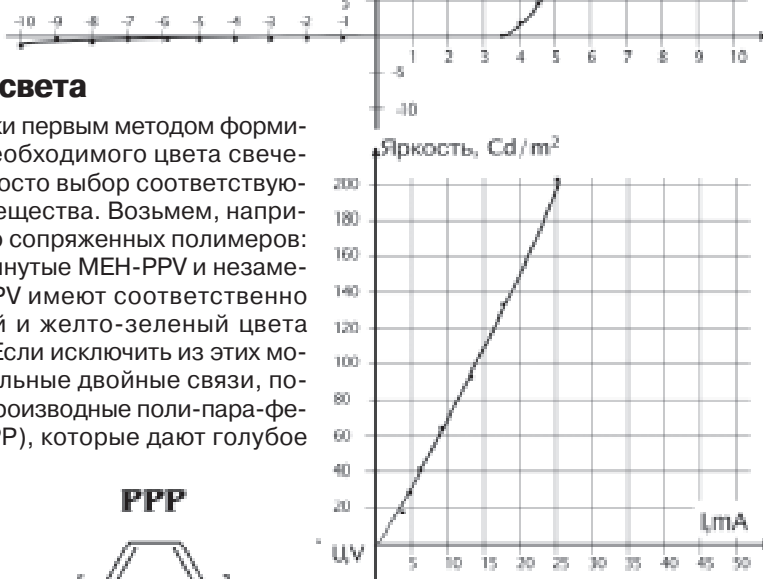
В итоге всех этих страстей конструкция OLED сегодня выглядит так.



## Но почему диод?

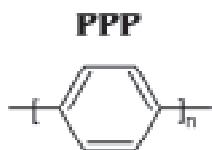
Дифференцированный механизм транспорта носителей заряда приво-

дит к несимметричной вольт-амперной характеристике (ВАХ) OLED, напоминающей ВАХ обычного полупроводникового диода. Например, для прибора со структурой ITO (250 нм)/а-NPD(60 нм)/ALQ<sub>3</sub>(90 нм)/Al:Ca (500 нм) и площадью активного элемента 1 см<sup>2</sup> типовая ВАХ выглядит вот так. А зависимость яркости от тока для этого прибора почти линейна.

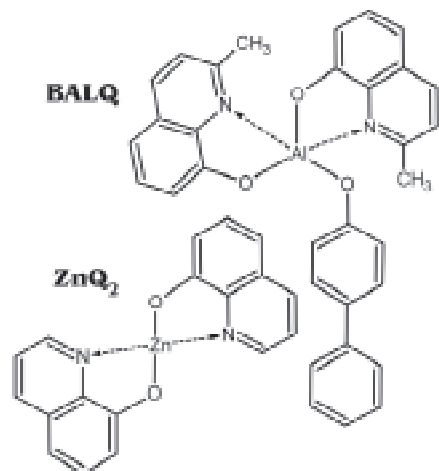


## О цвете света

Исторически первым методом формирования необходимого цвета свечения был просто выбор соответствующего ЭЛ-вещества. Возьмем, например, серию сопряженных полимеров: вышеупомянутые МЕН-PPV и незамещенный PPV имеют соответственно оранжевый и желто-зеленый цвета свечения. Если исключить из этих молекул винильные двойные связи, получают производные поли-пара-фенилена (PPP), которые дают голубое свечение.

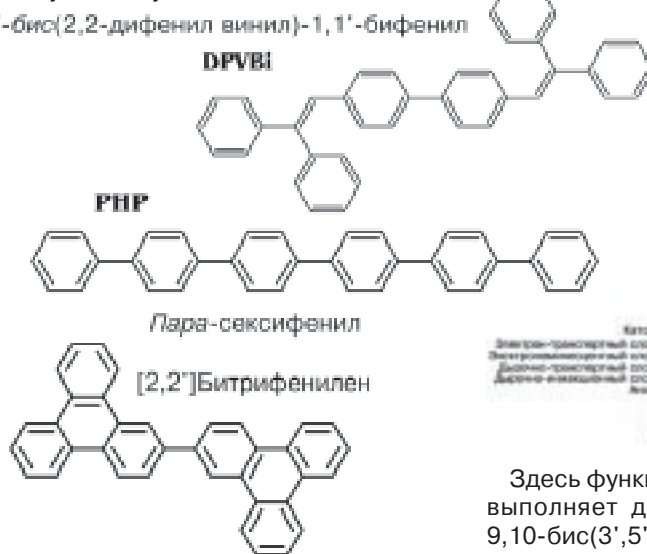


Модифицируя структуру низкомолекулярных соединений, также можно получить разные цвета. Из хинолиновых комплексов, кроме уже упоминавшегося ALQ<sub>3</sub> с зеленым цветом свечения, используют — бис-(8-гидроксихинолилат) цинка (ZnQ<sub>2</sub>) с желтым свечением и бис-(2-метил-8-гидроксихинолилат)-(1,1'-бифенил)-4-олят алюминия (BALQ) с голубым.



Многие соединения из группы поликонденсированных ароматических можно использовать как ЭЛ-вещества. Спектр их излучения в большин-

стве случаев лежит в голубой области. Вот несколько распространенных голубых излучателей.

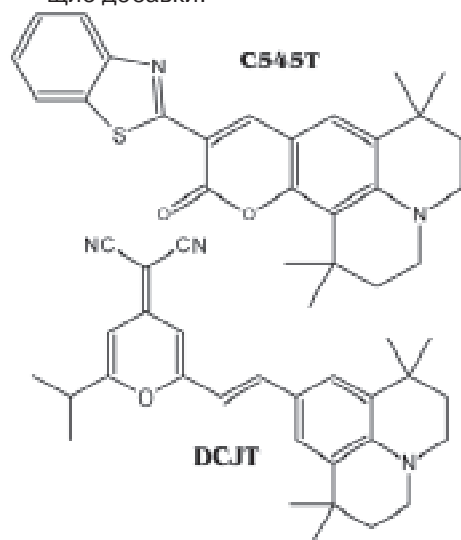


Это что касается выбора вещества излучателя. Но можно, не изменяя основного вещества, вводить в него фотолюминесцентные добавки. Излучение в этом случае происходит за счет перехода экситонов, возникающих в молекулах базового слоя, на молекулу красителя-добавки. Распад синглетного экситона, находящегося на молекуле красителя, вызывает излучение в области фотолюминесценции

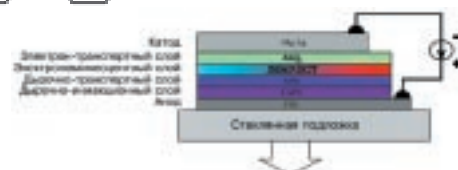


## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

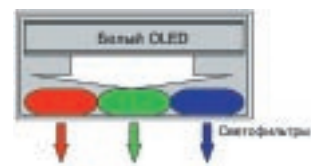
этого красителя. Красный и зеленый цвета свечения могут давать следующие добавки.



Функцию базового слоя часто выполняют барьерно-транспортные слои. Если использовать одновременно нескольких красителей, можно получить прибор с белым цветом свечения. Вот пример подобной структуры.

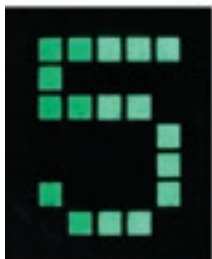


Здесь функцию базового вещества выполняет дырочно-транспортный 9,10-бис(3',5'-дифенил)фенилантрацен (JBEM). Допированный периленом (P) слой JBEM излучает в голубой области спектра. Если добавить красный краситель (DCJT), суммарное излучение слоя будет воспринимать глазом как белый свет. Использование белых OLED позволяет применять еще один способ: цветные светофильтры. Правда, при этом падает яркость.



## Конструкция индикаторов

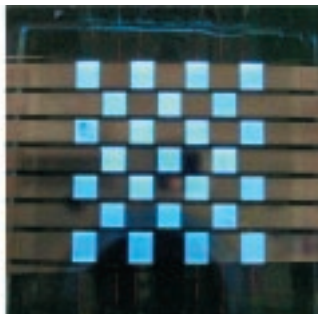
На сегодняшний день существует несколько основных конструкций и методов изготовления OLED-дисплеев. Первый, наиболее простой метод — нанесение светоизлучающей структуры на стеклянную пластину. Сверху структура должна быть тщательно герметизирована, чтобы исключить попадание кислорода, паров воды и других агрессивных примесей из воздуха. Иногда для их поглощения на поверхность структуры или во внутренний объем дисплея добавляют слой геттера. Если индикатор представляет собой прямоугольную матрицу пикселей (наподобие телевизионного экрана), то возможны два варианта соединения отдельных элементов. В первом варианте аноды и катоды элементов соединяют так, чтобы получилась взаимно пересекающаяся матрица проводников. Линии горизонтальных и вертикальных



соединений выводятся наружу в виде контактов, к которым подключается схема управления.



Такие дисплеи называются пассивно-матричными — подразумевается, что внутри дисплея нет схемы управления. Вот так выглядит в работе матричный дисплей 7x7 пикселей. Структура зеленого индикатора: ITO/TPD/ALQ3/Al:Ca, структура голубого: ITO/TPD/PHP/Al:Ca.



Во втором варианте соединения один из электродов делают общим для всех элементов, а электронику управления вводят внутрь структуры дисплея. Такой дисплей называется активно-матричным. Каждым отдельным элементом здесь управляет отдельная схема, состоящая из нескольких транзисторов. Транзисторы формируют на той же стеклянной подложке, что и OLED-структура, методом тонкопленочного осаждения поликремния по TFT-технологии (thin film transistor). Именно так делают компьютерные ЖК-мониторы.

Если применить в качестве подложки для OLED-пластины кремния, то возникает соблазнительная возможность — объединить схему управления и светоизлучающие элементы в едином конструктивном решении. Схема управления в этом случае формируется стандартным образом на кремниевой пластине. На поверхность выводят электроды будущей OLED-структуры. На них наносят транспортные и ЭЛ-слои и в конечном счете — полупрозрачный верхний электрод. Для

# Управление жидким кристаллом

С.М.Комаров

Жидкий кристалл, который всего-то за полтора десятка лет превратился из довольно-таки таинственного вещества, способного переливаться всеми цветами радуги, в объект массового производства, состоит из длинных и сравнительно узких молекул. Благодаря анизотропии формы молекулы способны выстраиваться в определенном порядке относительно друг друга и делают это либо сами по себе, в результате фазового перехода при изменении температуры, либо под действием растворителя. Наиболее удобна для описания различных форм термотропных жидких кристаллов (а именно из них делают всевозможные дисплеи) так называемая номенклатура Фриделя, которую предложили во время первого пика интереса к этим веществам, в 20–30-х годах XX века. Она выделяет три обширных класса — нематики, холестерики и смектики. В первом случае длинные оси молекул вытянуты почти в одном направлении. В результате появляется некая избранная ось, и это не может не сказываться на свойствах вещества, в частности

оптических. Холестерик — это тот же нематик, но в нем есть винтовая ось симметрии, то есть в соседних слоях направления молекул повернуты друг относительно друга. Нематик становится холестериком даже при небольшой добавке в жидкий кристалл оптически активного вещества, например холестерина, в честь которого и назван класс. Смектик упорядочен значительно лучше — в нем молекулы не только выстроены параллельно, но еще и не сдвигаются относительно друг друга; его структура состоит из четких слоев. Это

соединение — не настоящий кристалл только лишь потому, что расстояния между молекулами внутри слоя не одинаковы.

Если свет поляризован, то при прохождении его по жидкому кристаллу направление поляризации света может измениться. Именно этим свойством пользуются создатели жидкокристаллических дисплеев. Обычно такой дисплей состоит из двух поляризационных фильтров, повернутых на 90° относительно друг друга. Свет через них не проходит. Однако жидкий кристалл между этими филь-

трами качественно меняет ситуацию — если он примет форму спирали, то свет, «вращаясь», изменит поляризацию и пройдет сквозь второй фильтр. Прикладывая электрическое напряжение, можно, разрушая спираль, влиять на яркость свечения той или иной точки дисплея.

Сейчас, чтобы выстроить молекулы кристалла в одном и том же направлении по всей площади дисплея, используют технику, придуманную лет сто назад: натирают бархатом в нужном направлении поверхность, покрытую тонкой полимерной пленкой, причем делают это в чистой комнате, поскольку мельчайшие пылинки воздуха способны испортить матрицу. При этом на поверхности появляются мелкие царапинки — бороздки, в которые укладываются молекулы. Такая технология — удовольствие не из дешевых, да и чем больше размер дисплея, тем больше вероятность нанести какой-нибудь дефект. Поэтому ученые во всем мире ищут способы, как делать эти бороздки, не прикасаясь к подлож-

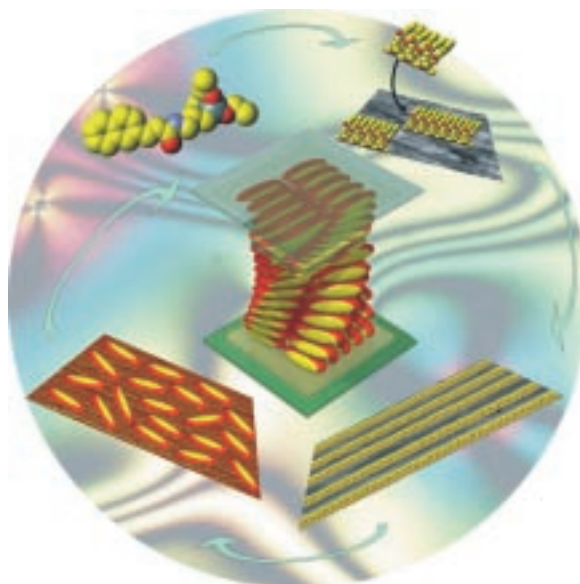


Схема ячейки жидкокристаллического дисплея из смектика

того чтобы сделать такой дисплей цветным, можно, например, использовать белый OLED с цветными светофильтрами. Подобную технологию также используют при изготовлении компьютерных ЖК-мониторов. Разумеется, размер такого дисплея ограничен площадью кремниевой пластины. К тому же дисплей размером с пластину весьма дорог. Как правило, на кремнии формируют дисплеи, не превышающие по диагонали несколько сантиметров.

Еще один перспективный метод изготовления OLED-дисплеев заключается в формировании структуры на гибких подложках. Это возможно потому, что сама структура — очень тонкая, а подложку делают из лавсана или полиимида.

## Перспективы

Первый коммерчески доступный OLED-дисплей был выпущен фирмой «Pioneer» в 1997 году. В настоящее время мобильные телефоны с цветными OLED-дисплеями выпускают «Motorola», «Samsung Electronics» и

LG. Компания «Eastman Kodak» начала выпуск цифровых фотоаппаратов с OLED-дисплеями. Компании «Sony» и «Sanyo» объявили о подготовке к выпуску телевизионных дисплеев с высоким разрешением, основанным на технологии TFT + OLED. Множество менее крупных компаний используют OLED-дисплеи в электронных часах, автомобильной аудиоаппаратуре, MP3-плеерах и других приборах. Вот как выглядит графический OLED-дисплей MP3-аудиоплеера.

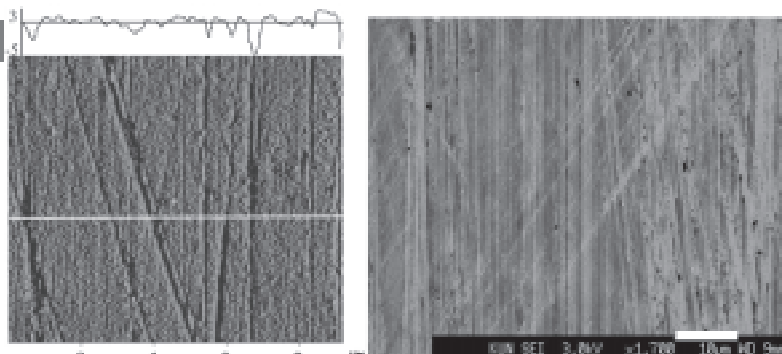
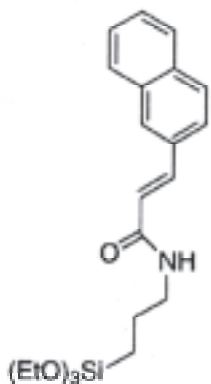


Более 70 компаний по всему миру занимаются исследованием и разра-

боткой OLED-технологий. Делается много попыток найти новые применения органическим индикаторам. Например, проводятся интенсивные исследования в области применения OLED в качестве плоских осветительных источников. Многие исследования направлены на улучшение цветовых характеристик излучения и создание полноцветных дисплеев. Все еще недостаточно велико время жизни индикаторов. По сути, эта проблема определяет все в данной области: она охватывает разработку новых ЭЛ-соединений с повышенной устойчивостью, технологию формирования структуры, методы герметизации и логику устройств управления. От решения этих, а также множества других технологических проблем зависит, будут ли индикаторы на основе органических ЭЛ-веществ использоваться и в дальнейшем и придут ли они на смену существующим средств отображения, став новым «лицом» электроники будущего.



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ



*Свежесинтезированное ароматическое соединение выстраивает длинные ряды на поверхности подложки*

ке, — тогда можно обойтись без чистых комнат и дисплеи станут намного дешевле. Один из химических способов предложил недавно защитившийся аспирант из Неймегенского университета (Нидерланды) Йохан Хоогбом (агентство «AlphaGalileo», 16 декабря 2004).

«Обычно при попытках создавать такие структуры на обрабатываемую поверхность наносят производные коричневой кислоты и облучают ультрафиолетом. Под его действием проходит полимеризация. К сожалению, нет никакой возможности влиять на ориентацию получающихся при этом бороздок, да и с жидким кристаллом они сцепляются очень плохо. Что-

бы изменить ситуацию, мы синтезировали соединение, в котором было все, что нужно, — и большой ароматический хвост, который работает как фотопереклюатель, и амидная группа для усиления межмолекулярного взаимодействия. Это соединение дает бороздки без всякого внешнего воздействия. И прекрасно связывается с жидким кристаллом — раз в двадцать сильнее, чем обычно», — рассказывает доктор Хоогбом.

Как оказалось, будучи растворенными в толуоле, молекулы вещества Хоогбома начинают олигомеризоваться. Можно выбрать такой интервал концентраций, когда в результате этой реакции об-

разуются совсем короткие молекулы — димеры. Именно они и осаждаются на поверхность пластинки, покрытой пленкой оксида индия-олова (он служит для электрического управления жидким кристаллом), в виде системы регулярно расположенных валиков высотой в 0,5–8 нм, шириной в 50 нм, а длиной в сотни микрон. От чего же может зависеть ориентация этих валиков? Ответ подсказал нехитрый опыт: пластинку разрезали на части, осадили валики, снова сложили пластинку из частей и оказалось, что валики ориентированы в одну и ту же сторону. «Ага, значит, дело в строении самой поверхности, на которой мы выращиваем

валики», — подумали голландские ученые и присмотрелись к ней с помощью туннельного микроскопа. И действительно обнаружили, что на изотропной пленке оксида имеются островки размером в сотню нанометров, покрытые совсем уж мелкими параллельными бороздками. Такие дефекты наблюдали и ранее — считается, что их параметры зависят от условий нанесения пленок.

Таким образом, голландским исследователям удалось обратить мельчайшие дефекты поверхности во благо: увеличить их масштаб в тысячу раз и получить хороший шаблон для жидких кристаллов дисплея. Теперь, видимо, дело за малым — добиться, чтобы такие дефекты появлялись тогда, когда нужно, и были ориентированы в правильном направлении. Хотя, с другой стороны, кто знает, на что наносили ученые из Неймегена пленку оксида? Может быть, на исходной пластинке уже была упорядоченная структура, которая породила и островки, и валики ароматического соединения.

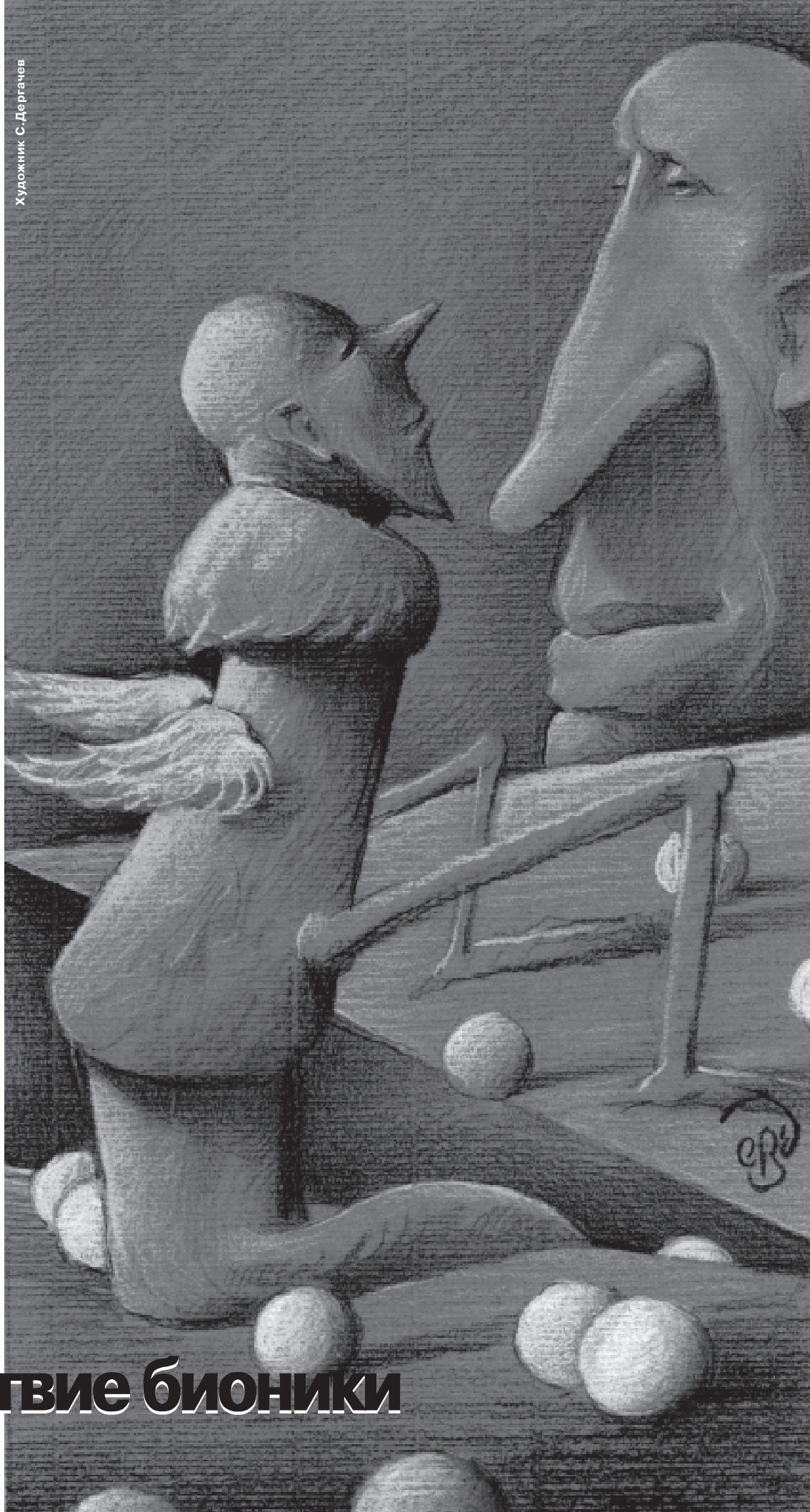


Примерно на середину прошлого века пришелся расцвет бионики. Согласно словарю, это направление кибернетики, изучающее структуру и жизнедеятельность организмов с целью использования... ну и так далее. На самом же деле, в реальном словоупотреблении это было вот что: потрошим мышь и говорим — надо же, как здорово устроено. А ну-ка, паяльники на изготовку, канифоль товсь! Сейчас из болтов и гаек склепаем такое — ни одному империалистическому коту не поймать!

Понять, как устроена природа, непросто. Учебник Вилли и Детье толще Тимошенко и Гере, но дело даже не в толщине, а в другом языке. Причем те, для которых «Биология» — настольная книга, не бежали к читателям «Механики материалов» со своими советами. Поэтому технари, наморщив лобик, учили незнакомые слова и пытались понять, как устроено живое. Не только для бескорыстного восхищения красотой и мудростью устройства мира, но и чтобы слямзить. И немало в этом преуспели, а попутно создали протезы сердечного клапана, коленного сустава и много других, очевидно полезных вещей. Но понемногу данный метод, как и должно было произойти, нашел свое стабильное место среди всех других методов, и страсти поутихли. На некоторое время...

Л.Ашкинази

## Второе пришествие бионики





## Локальный оптимум, и почему он не глобальный

Вот на поверхность земли упал шарик и покатился в сторону понижения рельефа. Если трение будет не слишком велико и не слишком мало, через какое-то время он найдет минимум высоты, ямку и останется в ней (оценка влияния трения предоставляется читателю в качестве легкого домашнего упражнения). Будет ли эта ямка самым низким местом на земле? Посреди двора — колодец, у колодца ограждение, на одном из кирпичей — ямка. Шарик попадает в эту ямку и с тоской глядит на двор, который весь ниже дна ямки. А уж про колодец и говорить нечего. Как отправить шарик в дальнейшее путешествие? Очень просто — щелкнуть по нему.

Эта детская картинка иллюстрирует большую и важную для практики часть прикладной математики — поиск экстремума. Высота земли — функция двух переменных, двух координат — широты и долготы, и нам надо найти минимум, причем обычно не локальный, а глобальный — в пределах всего двора. Методов много, но все они так или иначе включают механизм обработки ситуаций попадания в локальный минимум, и многие из них сводятся к «щелчку» — выходу из локального минимума в произвольном направлении. Кибернетики называют такое воздействие «шумом», случайной помехой. Биолог, если бы его попутал бес заглянуть в толстую книгу с мрачным названием «Поиск экстремума», сказал бы, что это похоже на мутацию.

## О мелькании в глазах

То, что кибернетики называют «шумом», применяется и в более сложных ситуациях. В середине прошлого века американский математик Ф. Розенблатт придумал перцептрон — многослойную структуру из элементов, в которой каждый элемент воспринимает сигналы нескольких элементов из предыдущего слоя и суммирует их «с весами» (элементы первого слоя получают сигналы из окружающего мира). Очень похоже, что дело происходило так: листал он однажды учебник биологии, наткнулся на схему многослойной клеточной структуры сетчатки лягушки и его немедленно настигло сатори. Вот почему зеленая так ловко ловит комаров! — подумал Фрэнк. Потому что клетки первого слоя воспринимают свет, а дальше — каждая клетка в каждом слое суммирует сигналы от нескольких, определенным образом расположенных, клеток предыдущего

слоя, и, если сумма входных сигналов больше порога, она возбуждается и передает сигнал в следующий слой. Причем сеть обучается, то есть пороги возбуждения и схема передачи сигнала могут меняться. Так вот, когда зеленая ловит комаров, идет процесс обучения — «веса» при суммировании подгоняются так, чтобы безошибочно отыскивать вождя комара в окружающем пространстве. И действительно, в сетчатке лягушки нашли группы клеток, «заточенные» на обнаружение черной точки на светлом фоне. Кстати, вы можете легко придумать, как должен обрабатываться сигнал от такой специализированной группы. Нашли там и другие специализированные группы, так сказать, «аппаратно реализованные» алгоритмы. Все это нацелено на распознавание определенных статических образов; можно сделать и так, что перцептрон будет игнорировать неподвижные и реагировать на движущиеся объекты — как лягушка. Например, включая передачу сигнала, только если определенное количество клеток изменило свое состояние.

Оказалось, что конкретные перцептроны, или, как их часто называют, «нейронные сети», в процессе обучения находят именно локальный оптимум. То есть комара они ловят, и другие задачи распознавания решают, и даже курс акций предсказывают. Но часто, как можно показать, существует и другое решение, то есть другие значения порогов и другая схема передачи сигнала между слоями клеток, которая будет решать эту же задачу лучше. А перейти от одного решения к другому нельзя, потому что система находит локальный оптимум и любое маленькое изменение ухудшает ситуацию. Остается прыгать неизвестно куда в надежде перескочить хребет и там, в другой долине, найти другой локальный минимум, который может оказаться лучше. Случайный прыжок... похоже на случайную мутацию.

## Много-много ноликов и единичек

Любой алгоритм можно представить в виде последовательности нулей и единиц. Ну хотя бы так: описание — это последовательность символов, символы можно пронумеровать, числа записать двоичным кодом. Тогда минимальная мутация — это замена нуля единицей (или единицы — нулем), вставление цифры или ее потеря. А не минимальная — потеря куска или заимствование куска кода из другого алгоритма. Но ведь коды могут взаимодействовать и без мутаций — составляя новый генотип законным спо-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

собом из генотипов папы и мамы, то есть из частей двух алгоритмов. Все это безобразие и называют нынче генетическими алгоритмами, а мы назвали вторым пришествием бионики.

Замена нулей на единицы и обратно — не самый умный способ обращения с алгоритмами и, уж во всяком случае, не единственный. Кажется более разумным переставлять, заимствовать, вводить и исключать осмысленные части алгоритмов, то есть такие элементарные части, которые совершают цельное действие. Например, во многих задачах алгоритм записывается в виде логической функции, и можно попробовать взять какой-то осмысленный кусок из одного алгоритма и вставить его в другой алгоритм. Даже с перцептроном можно поступить подобным образом. Например, обучить нейронную сеть распознавать буквы. Другую сеть научить распознавать цифры. Теперь вырезать из одной сети кусок (например, несколько слоев) и вставить в другую. Как будет работать эта сеть? Как она будет обучаться? Скажем, если в одной сети сформировались специализированные группы клеток, как у охотницы на комаров, то они, скорее всего, будут делать свое дело и в комбинированной сети. Тогда комбинированная сеть сможет распознавать и буквы, и цифры. А сможет ли она отличать буквы от цифр, то есть возникнет ли в ней новая способность? Это неизвестно, так как никто такого эксперимента пока не поставил.

## Работа по правилам

Конструктор не может соединять части как попало — чтобы получилось нечто работоспособное, должно соблюдаться множество условий (еще до рассмотрения вопроса об эффективности). Части не должны, например, выводить из строя друг друга. В некоторых областях техники эта задача весьма важна, в некоторых — осознаваема как принципиальная, в иных — решается ад хок, конкретно для каждого случая. Например, в электронике и в медицине существует понятие совместимости материалов, а у радиотех-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ников есть даже специальная дисциплина (этак, примерно, семестровый курс) — «электромагнитная совместимость».

При использовании генетических методов создания алгоритмов тоже нужно соблюдать некоторые правила. Например, если мы пытаемся соорудить этим способом маршрут обхода некоторого графа (так называемая «задача коммивояжера»), то заменяемые части маршрута должны начинаться и кончаться в одних и тех же вершинах, поскольку «нуль-транспортровка» пока не вышла из стен лабораторий. Осознание этих правил должно увеличивать эффективность работы. Можно придумать и другие способы комбинирования алгоритмов, но... разве мы не всегда это делаем, когда решаем какие-либо задачи — и научные, и технические?

### Новое или старое, причем вовсе не забытое

Что такое автомобиль? Это такие-то атомы, находящиеся в таких-то точках пространства. Но конструктор, создавая автомобиль, не располагает в пространстве отдельные атомы — он оперирует более крупными деталями, которые, между прочим, тоже кто-то придумал. Вряд ли правильно говорить, что конструктор заимствовал идею болта и гайки из другого автомобиля, но если в каком-то своем проекте он придумал и использовал целый узел, то кто мешает ему использовать его в другом? А болты и гайки можно уподобить продукту одной из ранних стадий эволюции, наследию общего предка.

Далее конструктор, глядя на кулман или экран, вполне может подумать так: а что, если мы вот эту перегородку подвинем на пару миллиметров влево... или вправо... Ну чем не мутации? Создание устройства «скрещиванием» двух устройств — тоже не редкость. Когда встраивают калькулятор в часы, то получают часы с игрушечным калькулятором, а не полноценный гибрид, однако, например, комбинация приемника и магнитофона вполне жизнеспособна. Значит, все эти приемы давно извест-

ны и успешно применяются. В чем же тогда новизна? Или ее вообще нет, просто конструкторы делают все это, не придумывая новых слов, а разработчики алгоритмов заглянули в учебник биологии, стащили оттуда словечко и радуются?

### Зачем нужно осознание

Употребление новых для данной области слов часто (хотя и не всегда) означает определенную стадию понимания, возникновение модели явления или метода, его структуры и в некоторых случаях — механизма действия. Как только мы представляем явление в виде модели, мы вводим параметры. Значит, возникает вопрос о выборе их значений и возможности оптимизации.

При применении генетических методов синтеза алгоритмов этих параметров несколько. Например, частота точечных мутаций, размер и частота заимствования участков генома и другие. В биологии, например, существует понятие об оптимальной частоте мутаций (при фиксированном темпе изменений условий среды). Цивилизация планеты Земля пошла по технологическому пути, и от ледникового периода мы будем защищаться теплоизоляторами, но «биологическая цивилизация» при наступлении глобального похолодания могла бы увеличить частоту мутаций, чтобы приспособиться, а не вымереть. Для этого ее представителям пришлось бы переселиться поближе к природному источнику радиоактивности, «естественному реактору Окло» (если бы он у них был), начать сознательно принимать мутагены, заняться генной инженерией. Увеличивать частоту мутаций мы умеем, и поставить задачу нахождения оптимальной частоты мутаций при тех или иных изменениях окружающей среды можно уже сейчас. Для начала на дрозофилах.

Возникновение понятия, модели означает такую стадию осмысления, при которой модель начинает втягивать в себя рядом лежащие решения. При этом выявляются какие-то новые решения, до этого таившиеся в куче лежащих вместе. Представьте себе тысячу цветных шариков, раскрашенных во всевозможные цвета. Классифицировать и вообще как-то разобраться в этой куче непросто, если мы не знаем модели «цветового треугольника». Но если мы сумеем создать модель аддитивного сложения цветов и вытащим из кучи все шарики цветов, полученных смешением цветов спектра с белым цветом, и посмотрим на то, что останется, мы немедленно осознаем, что «пурпурный» — это смесь синего и красного.

Поэтому осознание того, что такое «генетический алгоритм» (правильнее было бы говорить «генетический метод построения алгоритмов», но это очень длинно), позволит не только оптимизировать алгоритмы, но и понять, есть ли в этой куче еще что-то новенькое.

### А раз так...

...то мы можем позволить себе небольшой экскурс именно что в «кучу» — то есть в область рядом с генетическими алгоритмами. Эволюционировать неким квазибиологическим способом могут не только алгоритмы, но и «железки». Причем сами.

Берем интегральную схему, которая называется «Field Programmable Gate Array» или электрически программируемая матрица вентилялей. Вентилем в радиотехнике называют то же самое, что и в канализации: устройство, которое или пропускает, или не пропускает — только не воду, а ток. Схема состоит из множества ячеек, способных выполнять простейшие функции, но не имеющих между собой фиксированных связей. Связи устанавливаются программой, по командам управляющего микропроцессора, и могут изменяться в процессе работы схемы. Грубо говоря, это схема «с перестраиваемой схемой». Эволюцию на таком устройстве нетрудно организовать при помощи генетического алгоритма. Для этого создается некая «популяция» конструкций, то есть схем соединения элементарных ячеек. Каждая «особь» поочередно испытывается на приспособленность к выполнению поставленной задачи, причем задача может быть какой угодно, например различать два сигнала разных частот или амплитуд. На вход подаются два сигнала, и схема должна по-разному на них отреагировать, например в ответ на один из них — зажечь лампочку. Схемы, которые это делают плохо, — наименее приспособленные — отсеиваются, хорошие скрещиваются, мутируют и так далее, как это принято в генетических алгоритмах. Иногда таким способом удается создать схемы, которые неплохо решают поставленную задачу. Слова «удается создать» кажутся в этой ситуации несколько притянутыми за уши. Лучше было бы сказать — «схемы создаются».

В этом направлении получены самые-самые первые результаты (Адрианом Томпсоном из Университета Сассекса), и выглядят они довольно странно. Схемы действительно работают, но они оказались нетермостабильны. Это первая странность, а вторая вот такая: работа схем в некоторых случаях зависит от того, подано

ли питание на часть схемы, вообще не соединенную цепями передачи сигнала с основной схемой. Авторы почему-то не высказывают очевидную гипотезу: схема каким-то образом использует утечки (они как раз сильно зависят от температуры) и, не исключено, паразитные емкости.

Любая схема может быть описана некоторым алгоритмом обработки сигнала. Поэтому (если пренебречь утечками и емкостями) нет принципиальной разницы — применять ли генетические методы к схемам или к алгоритмам. Однако разработка путем оптимизирующей эволюции схемы «в железе» может пойти быстрее, чем разработка алгоритма обработки и лишь затем реализация его в железе (то есть в кремнии). Но важнее другое: применение генетических алгоритмов в железе автоматически приводит к выполнению важного условия — мы переставляем и заменяем части, которые сами умеют что-то делать. А не случайно выбранные участки длинной цепи нулей и единиц.

В далеком 1985 году два биолога писали в «Химии и жизни», что в технике (как и в биологии) «уже собранные» устройства не эволюционируют. Телевизор есть телевизор, стиральной машиной он не станет, если заменить ему кинескоп на барабан. Прошло двадцать лет, и появились эволюционирующие устройства.

Некоторые биологи считают, что оценки так называемой «вероятности возникновения живого» неверны потому, что не учитывается обмен генами, который эту «вероятность» сильно увеличивает. Например, вирус гриппа — а геном этой инфекции состоит из кусочков, которыми легко могут обмениваться отдельные «особи», — пользуется этим методом всю. (Кстати, понятие вероятности здесь неприменимо, но сейчас речь не об этом.) Возможно, эту вероятность еще более увеличивает некий механизм, контролирующий обмен участками кода, который позволяет переставляться только законченным, осмысленным участкам. Фразам, а не отдельным буквам.

Кстати, замена букв обычно порождает довольно плоские шутки, а слов или тем паче фраз — порождает афоризмы.



*Здравствуйте, уважаемая редакция журнала «Химия и жизнь»! Очень люблю ваш журнал и т. д. и т. п. Понравилась замечательная статья в № 7 2004 года «Газообразные, поверхностно-активные», в которой рассказывалось о забавных явлениях, протекающих в сосудах с несмешивающимися жидкостями. В конце статьи автор спрашивает: «Почему эффект, который наблюдается невооруженным глазом в открытом стакане, потребовал стольких лет для своего открытия? Возможны две версии: первая — не то наливали в стакан, вторая — смотрели в телевизор, а не туда, куда надо, не в Природу». Так вот, если налить в стакан «то самое» (водку или коньяк) и не выпить сразу, а понаблюдать минуты две, то можно увидеть на стенках стопки явление, очень похожее на жидкий занавес, описанный в статье. Это явление также поддерживается за счет испарения, поскольку прекращается, если стакан сверху прикрыть. Однако есть существенные различия: в случае коньяка и водки мы имеем дело с одной фазой, поэтому и физика процесса должна быть несколько иной, но внешне все очень похоже. Для эксперимента лучше попробовать разные напитки и разную посуду, поскольку явственность эффекта зависит как от того, так и от другого.*

*Хотелось бы также узнать о механизмах других загадочных явлений, обойденных школьной программой, которые мы тем не менее регулярно наблюдаем. Например, на поверхности горячего чая можно увидеть легкую дымку, проявляющую странную устойчивость: ее не разрушают конвекционные потоки, которые обязаны присутствовать над горячим чаем. Если присмотреться, то видно, что дымка состоит из очень мелких частичек. Она может внезапно исчезнуть или покрыться сетью «трещин». В целом явление очень интересное, его объяснение, как мне кажется, должно опираться на электростатику. Если знаете отгадку, не томите!*

С уважением  
Григорук Иван Андреевич.



## ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Уважаемый Иван Андреевич!

Следует отметить вашу наблюдательность, неординарную способность удивляться, а также проявленную стойкость и выдержку, позволяющую две минуты экспериментировать с бокалом соблазнительного напитка. Замеченное и правильно описанное вами явление образования стекающих капель на стенке бокала с крепкими напитками носит название «винных слез» и привлекает внимание наблюдателей уже 150 лет. Испарение спирта из пленки вина на стенках увеличивает поверхностное натяжение, что приводит к ее стягиванию и образованию капелек, похожих на слезы, которые под действием своего веса идут по стенке бокала вниз. Позже это же явление описал Р. Марангони, и теперь движение на поверхности жидкости из-за разного натяжения называется эффектом Марангони. Именно эти силы приводят в движение, например, бумажный кораблик на воде, если на корме у него находится кусочек мыла. Сейчас в Сети можно найти много фотографий и описаний замеченного вами явления «винных слез». И вы правы, что здесь, как и в случае с новыми газовыми поверхностно-активными веществами, проявляется влияние хорошо знакомых сил поверхностного натяжения.

Что касается устойчивой дымки с сетью «трещин» в прилегающем слое над горячим чаем, то это явление скорее связано с приповерхностной конвекцией и конденсацией паров воды над горячей поверхностью при контакте с поступающей массой более холодного воздуха. Известно, что похожая конвекция наблюдается в тонком слое жидкости (масла или кофе), подогреваемом снизу, и приводит к образованию устойчивой сетки хорошо различимых ячеек (их называют ячейки Бенара), вроде сот, в центре каждой из которых нагретая жидкость поднимается вверх, а по краям охлажденная идет вниз (или наоборот). При контакте таких жидких ячеек с воздухом возможна передача их структуры граничащим слоям газа и пара с попутной конденсацией паров воды и образованием ячеистой дымки из тумана с «трещинами». Но это предположение требует дополнительной проверки.

С уважением  
Стойлов Ю. Ю.



# Разные разности

Выпуск подготовили

О.Баклицкая,  
М.Егорова,  
Е.Сутоцкая

**П**осле Второй мировой войны рыбаки выловили в морях и океанах столько рыбы, что сильно истощили запасы, так что некоторые ее виды вот-вот исчезнут. Британские ученые считают, что разграбление океана началось давно — около 1000 года новой эры, и приоритет в этом деле принадлежит их соотечественникам.

Д.Барретт и его коллеги из Йоркского университета изучили кости рыб, найденные при археологических раскопках в Великобритании. Кости эти попали в мусорные кучи где-то между 600 и 1600 годами. К своему удивлению, ученые обнаружили, что в начале второго тысячелетия всего за каких-то 50 лет в рыболовстве произошли разительные перемены. До этого рыбу ловили главным образом в реках и озерах, а потом что-то произошло, и британцы отправились в море за треской и сельдью. Раньше ученые думали, что добывать морскую рыбу начали около 1400 года, когда у побережья Исландии нашли много трески, или после открытия Нового Света.

Судя по палеоклиматическим данным, в начале нового тысячелетия было тепло, что никак не способствовало обилию трески и сельди. Высокая температура больше подходит для развития земледелия. Удивительно, что морское рыболовство появилось в такое неподходящее время. Почему же рыбаки оставили тихие заводы родных рек и подались в опасное море? По мнению ученых, люди к этому времени стали вылавливать так много пресноводной рыбы, что ее почти не осталось. Доставался этот дефицит, конечно, только богачам. А простой народ сел в лодки и поплыл в море («New Scientist», 2004, 24 ноября).



**М**озгу для работы нужно много энергии. У человека в состоянии покоя он потребляет 20% всей энергии организма, хотя его вес в среднем составляет 2% от веса тела. Как этот орган умудряется снабжать себя?

Для того чтобы вырабатывать больше энергии, проще всего вырастить побольше клеток. Это нам вполне удалось, и по объему мозга мы превосходим всех остальных жителей Земли. И все-таки масса и объем есть предел. Но можно поступить и по-другому. В каждой клетке есть крошечные тельца — митохондрии. Когда по белковым цепям в их оболочках путешествуют электроны, образуются молекулы АТФ — носители энергии. Чтобы получить больше энергии, можно увеличить число митохондрий в клетке. Их количество в клетках мозга также ограничено, однако остается еще возможность — изменить сами митохондрии. Именно это и произошло в процессе эволюции, считает Л.Гроссман из Медицинской школы Университета Уэйна в Детройте.

Ученый изучил ген одного белка в электропроводящей цепи митохондрии, сравнив последовательности нуклеотидов у разных млекопитающих. Оказалось, что в части ДНК, кодирующей фрагмент этого белка у человека, за последние 58 миллионов лет произошло 11 изменений, а у других видов — ни одного. Вероятно, именно эти мутации подтолкнули клетки мозга к развитию, дав дополнительный приток энергии.

В последнее время появилось немало подтверждений тому, что наш мозг развился благодаря хорошей энергетической подпитке. Исследования на современных приматах, включая человека, говорят о том, что есть строгая зависимость между качеством пищи и размером мозга («Nature News Service», 2004, 23 ноября; «Trends in Genetics», 2004, т.20, с.578).



**Т**еотихуакан, «Город богов», расположен в 40 километрах к северу от Мехико. Вероятно, это был первый большой город в западном полушарии. Ему около 2000 лет, и даже ацтеки, давшие городу это имя, не знали, кто его построил. Сейчас на этом месте монументальные развалины площадью около 20 км<sup>2</sup> с остатками уникальной культуры. Одна из наиболее древних построек — Лунная пирамида — долго считалась ритуальным центром. Ее раскопки практически завершены, и археологи склоняются к мысли, что здесь жители прославляли государственную власть.

Во время работ обнаружили ужасающее жертвенное захоронение: останки 12 человек, 10 из которых обезглавлены и сброшены, а не положены в могилу. Очевидно, они были принесены в жертву: руки у них связаны за спиной. Двое других богато украшены серьгами и бусами из нефрита. Рядом с ними — подношения и останки животных. Это означает, что в могиле совершили некий смертельный ритуал, прежде чем ее закопали. Скорее всего, церемония представляла собой умерщвление людей и животных.

Неизвестно, кем были жертвы, но ритуал проходил в то время, когда работа над главным сооружением Теотихуакана еще продолжалась. Найденные предметы позволяют предположить, что строящийся монумент был символом расширяющейся политической мощи и, возможно, амбиций военных.

Хотя Теотихуакан в период его расцвета был почти ровесником первых поселений майя, ранее археологи считали, что эти цивилизации не имели ничего общего. Однако во время раскопок 2002 года ученые обнаружили в одном из захороненных предметы, явно принадлежащие культуре майя («EurekAlert!», 2004, 2 декабря).



Ученые из Миннесоты Д.Фоустоукос и Ф.Кви выяснили, как у дна Атлантического океана образуются углеводородные газы. Эти вещества могли стать пищей для первых организмов Земли.

Хорошо известный источник метана — бактерии, которые живут во многих водоемах, болотах и в желудках жвачных животных, например коров. Однако источники углерода и энергии, снабжавшие пищу первые примитивные организмы, должны были появиться до возникновения жизни. Простейшие из них — водород, сероводород, углеводороды.

Ученые создали в лаборатории почти те же условия, что и на дне Атлантического океана, где проходит Среднеатлантическая гряда. Давление в опыте в 400 раз превышало давление воздуха на уровне моря, температура была выше 370°C. В этом месте магма прорывает верхние слои мантии планеты, вытекающая на океаническое ложе. При этом образуются гидротермальные источники, извергающие чрезвычайно горячую жидкость в морскую воду. В таких условиях можно получить углеводороды — метан, этан и пропан — на поверхности минералов, богатых железом и хромом. Видимо, этими углеводородами и питаются живые организмы, прекрасно размножающиеся вокруг гидротермальных источников.

Производство углеводородов идет в два этапа. Сначала камни с железом отнимают у воды кислород, освобождая при этом водород, а потом он соединяется с углекислым газом из магмы, образуя метан и воду. Камни, богатые хромом, ускоряют второй этап, образуя более сложные углеводороды — этан и пропан, которые служат пищей для определенных бактерий («PhysOrg», 2004, 12 декабря).



Бразильские обезьяны капуцины способны связать причину и следствие — утверждают Ф.Ли и А.Моура из Кембриджа (Великобритания). «Обезьяны полагаются не на силу, а на разум», — говорят ученые.

Известно, что животные иногда добывают пищу с помощью инструментов. Некоторые хищные птицы разбирают о камни жесткий панцирь добычи. Но до того, чтобы рыть землю камнями, не додумался ни один из представителей животного мира.

Капуцины *Cebus apella libidinosus* давно прославились своим умением извлекать насекомых из щелей при помощи веточек, а крупные плоды они вскрывают палками. Теперь оказалось, что эти обезьяны весьма ловко используют каменные «лопатки» и «совочки», чтобы разрыхлить почву и добраться до корешков и корнеплодов.

Скорее всего, исключительной сообразительностью животные обязаны суровым условиям обитания. В местах постоянного проживания этих капуцинов бывают периоды, когда на поверхности никакой пищи нет, и приходится проявлять смекалку.

Не все ученые разделяют эту точку зрения. К. ван Шайк из Цюрихского университета дает другое объяснение: большинство обезьян не пользуются камнями, поскольку не рискуют спускаться на землю либо опасаясь хищников, либо из-за того, что лес чересчур густой. А вот капуцинам все это нипочем, и, кроме того, они животные общественные, и приобретенный кем-то навык быстро передается друзьям и соседям («Nature News Service», 2004, 9 декабря; «Science», 2004, т.306, с.1909).



На протяжении многих столетий люди никак не могут окончательно победить холеру. Считается, что ежегодно заболевает около 200 000 человек, 5000 из которых умирает. Эксперты Всемирной организации здравоохранения уверены, что эти данные сильно занижены.

Причина инфекции — бактерия *Vibrio cholerae* — прекрасно себя чувствует в воде и многих продуктах. Борьба с ней непросто: болезнетворные организмы быстро вырабатывают защиту против антибиотиков. Их вредоносная деятельность основана на отлаженной системе оповещения: когда бактерии «понимают», что в организме их скопилось достаточно, они начинают атаку.

Сообщения между крошечными злоумышленниками в корне пресекает морская водоросль *Delisea pulchra*. В ней содержится вещество фураноны, которые «глушат» переговоры бактерий, не давая начать наступление.

Д.Макдугалд из Университета Нового Южного Уэльса в Австралии считает это открытие очень перспективным. Точно так же нападают на человеческий организм и другие болезнетворные бактерии, в частности вызывающие туберкулез и пищевое отравление. Воздействуя на механизм общения, фураноны не позволяют микроорганизмам вырабатывать средства борьбы с ними. И наконец, индивидуальная непереносимость препаратов из водорослей менее вероятна. Пока за работой фуранонов наблюдали только в лаборатории, но в ближайшее время ученые планируют перейти к экспериментам на мышах.

Впервые на «подрывную деятельность» фуранонов обратили внимание в 90-х годах прошлого столетия. Синтетический аналог был создан в 1999 году компанией «Bio-signal». Фураноны, обнаруженные в водоросли, демонстрируют исключительную активность, ранее нигде не замеченную («EurekAlert!», 2004, 7 декабря).



Область мозга, именуемая гипоталамус, в ответ на жирную пищу вырабатывает нейропептид галанин, который, в свою очередь, разжигает аппетит. Так может продолжаться до бесконечности, если бы специальные сигнальные вещества не разрывали этот порочный круг. В организме здорового человека они производятся в достаточном количестве, но если наступает сбой, за ним следует обжорство — пищевая зависимость, напоминающая алкоголизм.

Подтверждением этому служат исследования, проведенные сотрудниками Принстонского университета. Б.Хобель и его коллеги работали с крысами, которым впрыскивали галанин, а затем предлагали на выбор еду, питье и алкоголь. Звери предпочитали последнее, причем эффект сильнее проявлялся у тех, кто вел ночной образ жизни. Как правило, такие животные вообще не склонны есть и пить в дневные часы, а тут никак не могли удержаться от спиртного, хотя на еду и питье по-прежнему почти не обращали внимания.

Потребление алкоголя приводит к повышенной выработке галанина, который стимулирует тягу к спиртному. Если ничто не вмешается в этот процесс, развивается хронический алкоголизм, уверяет Хобель. Когда крысам вводили препарат, блокировавший действие галанина, животные быстро возвращались к привычному образу жизни.

По мнению авторов работы, все это свидетельствует о том, что однажды можно будет создать антиалкогольное лекарство, тормозящее выработку галанина. Впрочем, путь к этому совсем не прост: препарат должен будет проникать непосредственно в мозг и взаимодействовать с рецепторами к нейропептиду. Кроме того, у галанина есть и другие функции («EurekAlert!», 2004, 15 декабря).





## Фармакогеномика и эра лекарственного милосердия

**К**аждое лекарство должно приносить пользу и к тому же действовать избирательно, то есть только на то звено в клетке или в тканях, которое поражено болезнью, и не затрагивать при этом другие, здоровые биологические структуры — в общем, не причинять вреда. Совместить эти условия бывает крайне сложно, если не знать мишень, на которую нужно действовать. Не случайно одно и то же лекарство может помочь одному больному, оказаться бесполезным для другого и опасным для третьего, даже если все трое страдают одним и тем же заболеванием.

### «Опыты на людях»

Для коррекции огромного большинства патологических состояний, как правило, есть множество средств, из которых врач выбирает какое-то одно. А определяет он его обычно методом проб и ошибок. Исходя из клинических данных или результатов лабораторных анализов, доктор последовательно прописывает пациентам несколько различных препаратов из числа потенциально пригодных и наблюдает за реакцией организма. Не секрет, что большинство современных препаратов, включая самые дорогие, помогают менее чем половине больных. По некоторым заболеваниям, в частности онкологическим, этот показатель может быть еще ниже. И если предназначенные для химиотерапии высокотоксические препараты спасают каждого третьего пациента, то остальным больным прием этих медикаментов мало того что не приносит ис-

целения, так еще и сопровождается тяжелыми осложнениями или, в лучшем случае, неприятными побочными эффектами. При этом считается, что если новое лекарство действует на 30–40% больных клинически одинаково, то это уже хорошо.

В принципе при разработке нового медикамента фармацевтическая компания не может учитывать ни индивидуальную чувствительность к препарату, ни особенности реакции организма конкретного больного на курс назначенной терапевтической процедуры. Тем не менее производители лекарств заинтересованы в том, чтобы снизить риск нежелательного действия своих препаратов. Именно поэтому они с особой тщательностью изучают подобные феномены — как часто и у кого они наблюдаются. При этом выясняется, что пациенты с побочными эффектами от какого-то лекарства нередко образуют генетически однородную по каким-то признакам группу. В их орга-



ниже есть мишень, зависящая от особенностей наследственного аппарата, которая и делает их уязвимыми именно для этого средства.

## Перспективы триумфа

Указать, относится ли пациент к такой группе риска, или точно подобрать для страдающих наиболее подходящее им средство оказалось вполне по силам новой науке, созданной на стыке медицинской генетики и клинической фармакологии. Этот союз породил два разных термина — «фармакогенетика» и «фармакогеномика», со следующим их толкованием. Фармакогенетика изучает влияние индивидуальных генетических различий на безопасность и эффективность лекарственных препаратов. По сути, это составная часть фармакогеномики, которая, в свою очередь, исследует геном человека либо другого биологического объекта, чтобы найти максимально подходящее к

Доктор биологических наук

**С.Пашутин**



## ЗДОРОВЬЕ И ЛЕКАРСТВА

конкретному генотипу лекарство — с наибольшей эффективностью и без побочных эффектов.

Конечно, это не значит, что фармацевтические фирмы будут конструировать препараты на заказ, для каждого индивида. Просто лекарства будут разрабатывать для групп людей с похожим генотипом, примерно в равной степени чувствительных к создаваемому средству. Таким образом, есть надежда, что фармакогеномика позволит не только тестировать человека на склонность к той или иной болезни, но и при необходимости поможет целенаправленно подобрать нужное лекарство. Если врачи научатся выявлять варианты генов, определяющие реакцию организма на фармакологические средства, они смогут прогнозировать возможные побочные эффекты у конкретного пациента еще до начала лечения.

Польза таких предсказаний очевидна. Во-первых, лечение станет более эффективным — пациенту сразу назначат самый подходящий препарат. Во-вторых, если врач выберет лучший метод фармакотерапии уже на первом этапе, да к тому же снизится вероятность побочных реакций, пациенту будет проще соблюдать режим лечения, сократятся медицинские расходы. В-третьих, выявление генетических факторов, ответственных за реакции организма на лекарственные средства, окажется мощным инструментом в поиске новых, более эффективных препаратов. Расходы фармацевтических компаний на создание медикаментов сократятся, а их разработка ускорится. Из-за этого, кстати, должна снизиться и себестоимость лекарств.

Генетика, как известно, изучает законы наследования разных признаков. К таким признакам можно отнести устойчивость либо восприимчивость к лекарствам или тот или иной тип реакции на какой-то медикамент.

В наследственном материале, ДНК, содержатся два различных типа генов — структурные и регуляторные. Структурные гены определяют последовательность аминокислот в белках, а регуляторные — включают или выключают структурные гены и настраивают их активность, чтобы скорость биохими-

ческих процессов соответствовала потребностям клетки. Впрочем, работа белков тоже регулируется и зависит от многих факторов.

Скорее всего, мы никогда не сможем с уверенностью предсказывать формирование сложного признака, даже если научимся полностью выяснять генетическую конституцию каждого человека. Однако с каждым разом неопределенность наших прогнозов будет становиться все меньше и меньше, хотя и не снизится до нуля. Применительно к большинству заболеваний это означает, что дефектный ген — еще не приговор. Он проявится с какой-то вероятностью при совместном действии наследственных факторов и определенных условий внешней среды. Но если понятие «генотип», то есть совокупность генов индивидуума, еще можно формализовать, то представления о среде — пока не удастся.

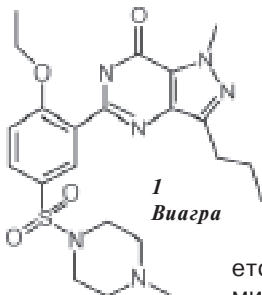
## Что стоит за недугом — судьба или случай?

Условно все болезни можно разделить на врожденные и приобретенные. Те, которые возникают по схеме «один ген — одно повреждение — одна болезнь», относятся к классическим наследственным, то есть врожденным заболеваниям. Их число не превышает пяти тысяч, при том что всего болезней известно более тридцати тысяч. Все остальные связаны с действием многих генов и вредным влиянием внешних факторов. Иными словами, подавляющее большинство патологических процессов в организме контролируются не каким-то одним, а группой взаимосвязанных генов. К примеру, при бронхиальной астме в такую генную сеть (комплекс разных генов, сочетанное действие которых обеспечивает соответствующие метаболические процессы) вовлечены гены, отвечающие за реакцию бронхов на различные воздействия; те, что задействованы в эндокринной секреции, а также гены иммунного ответа. В итоге получается, что при похожих проявлениях недуга у заболевших могут быть повреждены совершенно разные группы генов. И коль скоро лекарство действует на один из этих участков, а у пациента нарушен

совсем другой, то никакой пользы от этого медикамента не будет, а вред очевиден — возможные нежелательные эффекты и упущенное время.

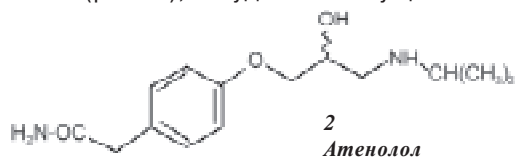
Непредсказуемая реакция организма на лекарство может быть обусловлена не только тем, что врач не знает, какое именно звено патогенеза затронуто у данного больного, но и генетическими факторами.

Например, эффективность виагры (рис. 1) в немалой степени определя-



ется модификация гена GNB3, кодирующего несколько сигнальных белков. Среди мужчин, располагающих TT-модификацией этого гена, эффективность виагры составляет около 90%. У пациентов с модификациями TC и CC успех терапии отмечается лишь в половине случаев.

Сейчас по такому же алгоритму, то есть в зависимости от присутствия того или иного аллельного варианта гена у конкретной группы больных, начинают осуществлять подбор антигипертензивной терапии. Клинические исследования проводят, например, в США доктор Гбенга Софורה из Университета Вандербилта (Нэшвилль) и доктор Брайен Пакетт из Университета штата Вирджиния (Ричмонд). В частности, если у больного находили Gly389 разновидность гена  $\beta$ -1-адренорецептора, то, применяя атенолол (рис. 2), не удавалось существенно

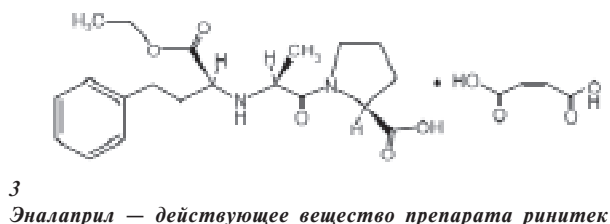


снизить артериальное давление и частоту сердечных сокращений, в отличие от пациентов с вариантом Arg389.

Сходная картина наблюдается и при местных гемодинамических нарушениях в случае диабетической нефропатии (серьезном микрососудистом осложнении сахарного диабета — внутриклубочковой гипертензии в почечных артериолах). У пациентов с вариантом «II» гена ангиотензин-1-превращающего фермента антипротеинурический эффект при лечении препаратом ренитек (рис. 3) достигался быстро. Носителей варианта «ID» приходилось лечить дольше, а на больных с «DD»-вариантом препарат почти не

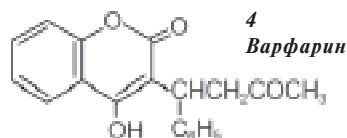
действовал независимо от сроков лечения.

Кроме того, при использовании существующих и разработке новых лекарств необходимо учитывать метаболические особенности больных. У разных людей скорость переработки и удаления одного и того же лекарства может отличаться в десятки раз. Это значит, что действие химических соединений зависит еще от эффективности их «усвоения» и выведения из



органов и тканей, поэтому комбинация препаратов, безопасная для одного пациента, может дать серьезные побочные эффекты при лечении другого. Отвечая за эти различия гены, входящие в систему детоксикации, они управляют синтезом, а через него и активностью соответствующих ферментов. В зависимости от состояния последних всю человеческую популяцию можно разделить на несколько групп по скорости метаболизма лекарственных веществ или, другими словами, по риску развития побочных реакций в ответ на обычные дозы препаратов.

Варфарин (рис. 4) — антикоагулянт,



то есть препарат, понижающий свертываемость крови, — разрушается ферментом из группы цитохромов P450. Примерно у 18% людей встречается вариант гена, кодирующий пониженную активность этого фермента. Если такие пациенты будут получать варфарин, то в связи с его медленным выведением им грозит серьезное внутреннее кровотечение. Именно поэтому при назначении этого препарата необходимо контролировать параметры свертывающей системы крови и тщательно подбирать его дозу.

Дозозависимый эффект медикаментов может быть также обусловлен генетическими различиями, связанными с полом больного. В этом году в журнале «The Pharmacogenomics Journal» были описаны результаты исследования больных с нарколепсией (непреодолимой сонливостью в дневное время). Мужчины и женщины обладают разными вариантами гена COMT, ко-

торый отвечает за синтез фермента, участвующего в метаболизме дофамина. Вариант L-гена кодирует малоактивную форму фермента и чаще встречается у женщин, тогда как у мужчин более распространена H-форма гена, при которой белок обладает высокой активностью. Поэтому женщинам с L-вариантом требовалось на 100 мг меньше препарата, чем мужчинам.

## Близок ли лекарственный рай?

Сейчас уже ясно, что путь к прямому фармакологическому воздействию на гены, ответственные за развитие патологического процесса, начинается с расшифровки всех генов. С первой, начальной стадией этой программы исследователи успешно справились, в общих чертах определив к началу 2001 года последовательность трех миллиардов пар нуклеотидов, образующих геном человека. В результате мы знаем генетический текст, и дальше нам предстоит картировать и проанализировать все гены человека, а это потребует огромных усилий. Выявление генов и определение их функции — крайне трудное дело, и нередко из-за несовершенства технологий не все гены опознаются при картировании, то есть в структурной части генома выявляют последовательность нуклеотидов, похожую на ген, но идентифицировать ее пока не удастся. Однако что проку в самой полной и точной наследственной карте, если неизвестно, какие гены за что отвечают, а тем более как взаимодействуют несколько генов и как их контролируют регуляторные участки ДНК?

Разнообразие по количественным признакам в основном определяется эволюционными преобразованиями в регуляторных, или «архитектурных», единицах генома. К ним относится семейство гомеозисных, или hox-генов, контролирующих фенотипическую организацию путем каскадного изменения активности генов эмбриогенеза. К примеру, достаточно точечной мутации в одном из hox-генов для того, чтобы у конкретной особи произошли радикальные изменения формы тела.

И хотя современные знания позволяют предсказать последствия мутаций в структурных генах, они недостаточны для того, чтобы предсказать фенотип при мутациях в регуляторных генах. Трудно просчитать, как продукт измененного регуляторного гена будет взаимодействовать с участками связывания и к чему это приведет на уровне организма. Другими словами, даже знание численности генов, их структуры и хромосомной локализации — всего лишь полдела. Чтобы разобраться



в процессах, происходящих в организме человека, надо понять, как функционируют гены, как действует система, регулирующая их работу. Следовательно, на очередном этапе фармакогеномических изысканий необходимо изучить деятельность генов в разных клетках и тканях организма, а также в разные периоды его жизни.

По данным «Nature» (2004, т. 431, р.931), в человеческом геноме находится 20–25 тысяч генов, кодирующих белки, и 2188 сегментов ДНК, которые могут оказаться таковыми, то есть эти «белые пятна» пока еще не идентифицированы. Из всех этих генов медицинский интерес представляют именно те, из-за которых в силу мутаций человеческий организм при неблагоприятном стечении обстоятельств (вредном воздействии внешних факторов) может стать повышенно восприимчивым к тому или иному заболеванию. Как только такой ген будет найден (методы поиска генов — см. «Химию и жизнь», 2000, № 3 и 2001, № 2), а его структура установлена, надо будет понять, как работает кодируемый им белок. Затем, когда выяснят функцию белка и то, как он регулируется, можно разрабатывать стратегию лечения болезни. Можно искать лекарство, которое будет восполнять функцию поврежденного белка или, наоборот, подавлять активность белка, если болезнь связана с его сверхпродукцией. Можно идти и по другому пути: ввести в клетки вместо дефектного «гена заболевания» неповрежденную копию того же самого гена. Этот способ лечения называют генотерапией, и в ближайшие годы, по мере усовершенствования методов доставки генов и контроля их экспрессии, он может стать обычной терапевтической процедурой.

## Фармакогеномика: методические подходы

Путь от обнаружения генов к обнаружению их функций весьма сложен. Некоторые надежды возлагаются на поиск генетических маркеров (участков ДНК, которые легко определить экспериментально и которые встречаются вместе с искомыми генами) или отличий в нуклеотидной последовательности у больных людей по сравнению со здоровыми. Это позволяет довольно точно установить хромосомную локализацию генов, отвечающих за восприимчивость к данной болезни. Иногда трудоемкую работу по генотипированию мутаций можно заменить более простой диагностикой, в частности определением сопутствующих продуктов метаболизма. Например, в лимфоцитах пациентов, стра-

дающих болезнью Альцгеймера, обнаружен специфический белок, именуемый «тау-протеином», и притом в количествах, вполне достаточных для выявления в амбулаторных условиях. А поскольку в крови других людей этот белок отсутствует, его можно использовать как маркер болезни Альцгеймера. К сожалению, это заболевание пока неизлечимо, но зато поддаются коррекции некоторые другие патологические состояния, которые врач может ошибочно принять за эту болезнь. Если таких ошибок больше не будет, это уже шаг вперед.

## Исцеление без осложнений — фармдизайнеры

Известно, что около 90% потенциальных лекарственных препаратов отсеивается на этапе клинических испытаний. В большинстве случаев это связано с недостаточной эффективностью или безопасностью исследуемых веществ. И даже получение всех требуемых разрешений на производство и реализацию — это необходимое, но еще не достаточное условие для того, чтобы удержаться на рынке. Нередко после начала широкого применения у лекарственного препарата обнаруживается побочный эффект, не выявленный во время клинических испытаний. Такой медикамент приходится изымать из продажи, хотя большинству пациентов он не вредит и даже помогает. Он опасен только потому, что неизвестно, кто его не переносит.

Поэтому одной из первых точек приложения для фармакогенетики стала онкология. Главным образом потому, что большинство противоопухолевых препаратов очень токсичны. Например, тиогуанин и меркаптопурин применяются для химиотерапии острой лейкемии, а также для профилактики отторжения пересаженных органов и тканей. Фермент тиопуринметилтрансфераза (ТПМТ) в норме обезвреживает эти вещества, однако у одного из 300 человек он отсутствует, а примерно у 10% людей его активность снижена. В некоторых зарубежных клиниках уже сейчас перед курсом лечения

измеряют активность ТПМТ, чтобы избежать неприятных последствий. Если активность фермента снижена, уменьшают и дозы препаратов.

Строго говоря, чтобы клинические испытания статистически значимо подтверждали безопасность и эффективность препарата, его необходимо проверять на больших группах добровольцев, но это очень долго и экономически нецелесообразно. Реальной альтернативой может стать использование геномных технологий. Они позволяют фармацевтическим компаниям уменьшить коммерческие риски из-за возможных отзывов препарата с рынка, поскольку исследователи и врачи будут заранее знать, кому лекарство поможет, а у кого вызовет тяжелые побочные реакции. Это позволит сократить расходы на разработку лекарств: меньше придется платить участникам клинических испытаний из опытной и контрольной групп, снизятся затраты на их пребывание в стационаре. На практике это означает, что если у фармкомпании есть доведенное до стадии клинических испытаний лекарство, которое может вызвать у пациентов побочные эффекты, то добровольцев перед испытаниями будут тестировать. Если фармакогеномический анализ покажет, что данное лекарство для них неэффективно либо вредно, их не возьмут. Зато препарат одобрят для назначения тем больным, которым он поможет. Кроме того, это позволит вернуть на рынок многие жизненно важные медикаменты, не получившие одобрения из-за высокого риска осложнений, если фармакогенетики научатся выявлять больных, которые получают наибольшую пользу от применения этих медикаментов.

Таким образом, есть основания надеяться, что фармакогеномика сумеет решить насущные задачи практического здравоохранения: поможет находить оптимальные мишени фармакологического воздействия, отсеивать неперспективные соединения еще на доклинических этапах их разработки, а также выбирать группы пациентов, которым применение новых лекарств принесет пользу, а не вред.



# Химия с ауксинами, или История реабилитации ИУК

Кандидат химических наук  
**А.С.Садовский**

Первый фитогормон в 1931 году выделили Фриц Когль и Ари Ян Хааген-Смит. Впоследствии были выделены другие природные ауксины и получены их чисто синтетические аналоги. Все они, что типично для гормонов, имеют широкий спектр действия. Опытные садоводы-огородники с успехом их используют, покупая в магазинах «Корневин» или «Гетероауксин». Однако при передозировке ауксины, наоборот, подавляют рост растений. Синтетические ауксины поэтому стали и первыми избирательными гербицидами, они незаменимы при химической прополке «злаковых» культур от широколистных сорняков.

Изучение растительных гормонов шло далеко не гладко. Отголоски научных баталий видны в литературе, но трудно встретить даже краткое пояснение, что, собственно, произошло. Для прослеживания причинно-следственной связи нужно знать хотя бы некоторые данные из тех, что избегают освещать в учебной литературе.

## Секс- и фитогормоны

Поиски первых половых и растительных гормонов оказались связанными на разных уровнях — идеологическом и материальном. В самом начале прошлого столетия был открыт способ химического регулирования жизненных процессов, при котором воздействие передается не через нервную систему, а за счет появления особых веществ — гормонов. У животных их синтезируют специальные железы, хотя есть и тканевые (клеточные) гормоны. Новые идеи не сразу, но завоевали симпатии научной общественности, и в конце концов секс-гормоны (так их называют на Западе) нашли в половых железах. Эдуард Дойзи разработал тесты на кастрированных животных, и появились количественные характеристики биологической активности гормонов в виде мышинных единиц (потом в ход пошли крысиные и петушиные единицы). Ему, Дойзи, присудили в 1943 году Нобелевскую премию по медицине и физиологии.

В чистом виде половые гормоны оказалось проще получать не из мышей и крыс, а из мочи беременных женщин. Дойзи (Сен-Луис, США) и независимо от него Адольф Бутенандт (Геттинген, Германия) в 1929 году выделили и очистили эстрон. Вскоре из того же сы-

рья было налажено производство гормонов (эстрогенов) для фармацевтических целей.

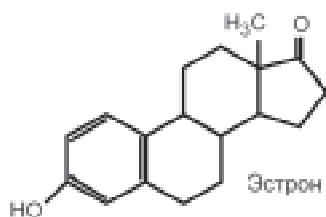
Теперь пора перейти к фитогормонам. В то же время, когда американцы и немцы выделяли эстрон из мочи, появилась гипотеза Холодного — Вента. Ее суть такова. На самой верхушке растения при освещении образуется некое вещество, которое диффундирует асимметрично — только вниз. Достигая кончика корня, оно определяет вертикальный рост растения (гео- или гравитропизм; тропизм — от греч. наклонять). Двигаясь преимущественно по теневой стороне стебля, фитогормон «растягивает» клетки — именно это вызывает наклон растения к свету (фототропизм). Вклад нашего соотечественника Н.Г.Холодного (1882–1953) в исследование гравитропизма получил признание во всем мире, а голландец Фриц Вент не только объяснил это явление, но и довел эксперименты по фототропизму до строго количественного уровня.

## Условные avenовские единицы

Вент, следуя Чарльзу Дарвину, изучал тропизмы на проростках овса (*Avena*). Это удобно: у проростков злаковых первая почка настоящих листиков прикрыта пленчатым колпачком — колеоптилем, в котором и должен появляться искомый фитогормон. Вент применил твердотельную экстракцию этого неизвестного вещества из срезанного колеоптиля в агар-агаровый блок. Как оказалось, если затем маленький кусочек такого блока приделать сбоку к верхушке подготовленного овсяного

ростка, то последний изогнется, будто от боковой подсветки. Проросток овса стал стрелкой высокоточного прибора — угол наклона, измеряемый в пределах 0–20° специальным шаблоном, пропорционален количеству гормона. Выращивание овса и измерения (А-тесты, где буква «А» от *Avena*) были поставлены на поток, а все операции строго стандартизированы до мелочей. Принцип А-теста переняли другие исследователи, но по виртуозности его применения Вент превзошел всех. У разных авторов были свои условные единицы, зависящие от конкретной техники. Кроме «овсяного» был и «гороховый» тест. Вент пользовался «овсяной единицей» — а. е. (*Avena Einheit*), соответствующей наклону 10°. Как оказалось впоследствии, такой изгиб вызывает крошечная доза гормона, всего  $4 \cdot 10^{-8}$  миллиграмма! Заметим, современная инструментальная техника (хромато-масс-спектрометрия) определяет концентрацию этого вещества примерно в 100 раз грубее. Действие фитогормонов на растение (мг/кг) становится заметным при дозах, на порядки меньших по сравнению с животными и их гормонами, поэтому содержание фитогормонов в растениях ничтожно. Это отражается и в соотношении условных единиц: одна мышьяная единица —  $1 \cdot 10^{-4}$  мг эстрона.

Экстрагируя гормон из различных частей растения или из стопки агаровых блоков, Вент контролировал направление и скорость его диффузии. Даже не получив вещество в чистом виде, он по коэффициенту диффузии рассчитал молекулярную массу (около 375 дальтон) и узнал, что гормон имеет кислотную природу, а также выдерживает кипячение. Эти данные впоследствии помогли выбрать методику выделения. В поисках источника фитогормона тестам подвергали разные субстанции как растительного, так и животного происхождения: ферменты, слюну, мочу, пепсин, солод. Порой результаты оказывались положительными, в частности и для продуктов жизнедеятельности бактерий, дрожжей и плесеней. А главное (надо полагать, для исследователей это было





## РАССЛЕДОВАНИЕ



сюрпризом), много фитогормона оказалось в моче уже упоминавшихся беременных женщин. Свою блестящую диссертационную работу (так переведем *post graduated*) 24-летний Вент выполнил в 1926 году в лаборатории своего отца — Фридриха Вента, профессора и директора ботанического сада Утрехтского университета (Голландия). Бывает, что их путают, но Ф. Вент-старший (1863–1935 годы) нигде в публикациях по фитогормонам не фигурирует, хотя к имени, которое дали гормону после его первого определения, имеет некоторое отношение, о чем мы расскажем далее.

### Источник нобелевских открытий

Утрехтский университет отнюдь не числился провинциальным. Кафедру органической химии возглавлял будущий нобелевский лауреат Леопольд

Ружичка (тогда — молодое дарование), его сменил 33-летний Фриц Когль, приехавший сюда в 1930 году из Геттингена. Он мог назвать своими учителями сразу трех нобелевских лауреатов. Исследования Ружички были вплотную связаны с гормонами, так что решение Когля заняться поиском фитогормона возникло вполне естественно. Столь же естественным был и выбор сырья, мочи беременных женщин — на кафедре, где изучали половые гормоны, ее девать было некуда. Как оказалось, именно эта субстанция — самый мощный источник гормона роста растений: по А-тестам его содержание здесь оказалось на порядок выше, чем в колеоптилях. (И вообще, по содержанию гормонов, например эстрогенов, женская моча превосходит коровью и свиную, а уступает только лошадиной.)

К Коглю примкнул Ари Ян Хааген-Смит, занимавшийся до этого терпе-

нами эфирных масел. Он был химиком не только по образованию, но и «по происхождению»: его отец служил главным химиком Нидерландского Королевского монетного двора, на котором маленький Ян играл с сестрами в прятки между штабелей золотых и серебряных слитков, а иногда наблюдал, как отец растворял кусочки драгметаллов в кислотах. Он и занялся выделением и тестированием вещества.

В декабре 1931 года появилось первое сообщение о выделении 10 мг кристаллического гормона, который и назвали ауксином. А-тесты выполняли в лаборатории ботанического сада, и новый термин был одобрен Ф. Вентом-старшим. Идя навстречу требованиям ботаников, ученые попытались выделить растительный гормон действительно из растения. Для установления химической структуры вещества вскоре в работу включилась Ханни Эркслебен — ученица Когля, приехавшая из Германии. В 1933 году из солода и растительного масла им удалось получить сразу два вида ауксинов: один был таким же, как в моче, ему приписали литеру «а», другой — «b» — его дегидратированное производное. Общее количество добытого ауксина b так и осталось на уровне десятков миллиграммов ввиду того, что и самих ауксинов в растениях оказалось меньше (примерно на порядок), да и сырье, в отличие от мочи, нельзя было перевести сотнями литров. Согласно исследованиям Эркслебен, ауксины имели состав, отвечающий формулам  $C_{18}H_{32}O_5$  и  $C_{18}H_{30}O_4$ , их молекулярные массы оказались равными примерно 320 дальтон — близко к установленному Вентом значению в 375 дальтон. Довольно быстро была предложена и весьма сложная структура.

За три года голландские ученые получили из мочи 700–800 мг ауксина а, число публикаций приблизилось к десятку. Когль входил в состав редакции одного из немецких журналов, что ускорило печать статей. Научная общественность быстро реагировала на открытия — Коглю присудили престижные медали Эмиля Фишера (1933) и Карла Шееле (1936), он стал

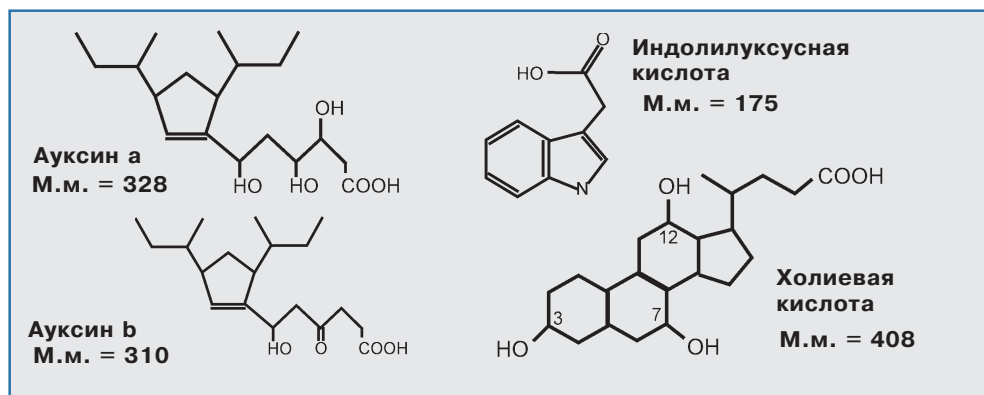
почетным членом различных научных обществ, постоянно выступал с лекциями и докладами. Наверно, он уже мечтал о большем — признании Нобелевским комитетом, — и в этом была причина гонки. Экспериментальные трудности он воспринимал как норму: все же работать приходилось со считанными миллиграммами.

## Труден путь открытия

Однако по мере продолжения работы выяснилось, что трудности носят весьма неприятный и систематический характер — эксперименты воспроизводятся плохо, тропоактивность, казалось бы, выделенных ауксинов снижается, а то и полностью теряется. Когль решил, что с этим должны разбираться биологи, хотя и сам инициировал некоторые попытки: стабилизировал температуру и влажность в А-тестах, обрабатывал ростки электрическим током, а также защищал их различными экранами от всяческих излучений или полей. Была выдвинута и химическая гипотеза: дезактивация гормона за счет изомеризации. В общем, неактивные препараты получили название псевдоауксинов.

На этом этапе расследования полезно обратить внимание на такой факт. Первые образцы ауксина а (до 30 мг) были выделены не из сырой мочи, а из ее концентрата — «бикарбонатной» фракции, остающейся после извлечения половых гормонов. Известная немецкая компания «И.Г.Фарбениндустри» бесплатно предоставила (как сказали бы раньше у нас, в порядке научно-технической помощи) концентрат, эквивалентный 600 литрам. Поэтому было высказано предположение, что дезактивация такого ауксина как раз и случается при переработке, хранении и транспортировке. После этого основное количество ауксина а стали извлекать из свежей мочи, собираемой в местных утрехтских клиниках. Выход ауксина действительно увеличился почти на два порядка, но три партии продукта из девяти оказались псевдоауксином а.

Когль считал, что взрослый человек выделяет в сутки до 2 мг ауксина. Кроме того, были проведены эксперименты с диетой. Углеводы и белки не влияли на количество ауксина, но увеличение в диете растительного или сливочного масла могло на время повышать содержание ауксина а в 40 раз! Ауксин b из мочи выделить так и не удалось, и был сделан вывод, что в нашем организме он полностью гидратируется в а-форму. К вопросам о моче и структуре ауксинов мы вернемся позже, а пока что поговорим о еще одном компоненте мочи — индолилуксусной кислоте (ИУК).



## Фитозолушка

ИУК была известна с 1895 года — ее выделил Эрнст Леопольд Зальковский из ферментной вытяжки. Он же предположил цветную реакцию на индольный гетероцикл, которую до сих пор применяют, в том числе и для клинических анализов мочи. (Кстати, Зальковский составил также руководство «Учение о моче».) В 1934 году Когль обнаружил, что ИУК обладает фототропической активностью  $2,5 \cdot 10^6$  а. е./мг, практически такой же, как и ауксин а. Надо сказать, что открытие получилось неожиданным. Первой из 13 стадий выделения и очистки ауксина была экстракция эфиром из подкисленной мочи. Хааген-Смит предложил заменить ее адсорбцией на активированный уголь, немного изменив примыкающие к ней стадии. В результате же получили совсем другой продукт. Им оказалась ИУК.

Когль вполне мог бы назвать ИУК ауксином с — она давала четкие и воспроизводимые А-тесты. Его смутила, по-видимому, небольшая молекулярная масса — 175 дальтон. К тому времени уже имелись эксперименты, свидетельствующие о существовании общего универсального ауксина. Сложная формула а,b-ауксинов, чем-то напоминающая любимые Ружичкой терпеноиды, как раз приводила к нужной массе. Когль стал называть ИУК гетероауксином (читай «якобы-ауксином»), и это слово до сих пор в ходу. Его отношение к ИУК было таким же, как потом к чисто синтетическим аналогам, то есть веществам, не принадлежащим к миру растений.

ИУК — продукт метаболизма бактерий и животных, причем им самим он не нужен и не оказывает на них почти никакого действия. Получалась «отмычка» для тех рецепторов-замков в клетках растений, настоящими ключами от которых служат «истинные» а,b-ауксины. Когль с сотрудниками тем не менее провел А-тестирование обширного ряда индольных соединений. Следует заметить, что у эфиров ИУК с увеличением числа атомов углерода актив-

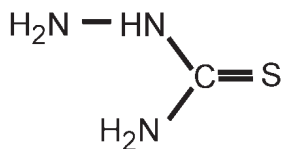
ность быстро снижается, но метиловый эфир довольно активен ( $10^7$  а. е./мг). Вместе с тестами других компонентов мочи (эстрогенов, холевой кислоты, тиамин) это открытие положило начало фундаментальной систематизации данных по тропоактивности.

Незадолго до этого аспирант Калтеха Джеймс Боннер уже держал в руках выделенный продукт плесени *Rhizopus suinus*, обладающий многими а. е./мг, не хватало нескольких штрихов, чтобы доказать, что это ИУК. Первая статья из запланированной его руководителями (Тиманном и Германом Дольком) программы уже была в печати. Дольк, ученик перебравшегося после защиты за океан Вента, был ненамного старше, он лишь недавно переехал сюда из Утрехта и тут погиб в автокатастрофе. Коллеги, подавленные случившимся, отменили успешную диссертационную тему. Вдобавок их смутили только что появившиеся сообщения Когля об открытии ауксина, показалось, что они идут не в ту сторону (не та молекулярная масса, сильная кислота — совсем как уксусная, а главное, по реакции Зальковского в молекуле есть азот, то есть гетероцикл индола. В «истинном» же ауксине, как установила Эркслебен, азота нет и близко). Не будь этого решения, вместо теперешнего названия «гетероауксин» наверняка было бы другое.

Руководители Боннера, несмотря на тогдашний экономический кризис в США, нашли деньги на его стажировку в Европе. Он успел многое, в том числе провел некоторое время рядом с Хааген-Смитом. Однако об открытии гетероауксина узнал не от него, а сразу же по возвращении в США — из журнала. Хааген ничего не сказал Боннеру. О том, что кривая успехов Когля и его сотрудников близка к экстремуму и далее пойдет спуск, тогда, конечно, никто не мог знать.

## «А» упала, «b» пропала

Работа Когля вызвала большой интерес во всем мире, но вскоре а,b-ауксины перешли в разряд призраков — нигде, ни из каких источников и нико-



му выделить их больше не удалось. Начинаясь война, разбираться с фитогормонами было некогда; они продолжали существовать на бумаге и в умах. Фашизация выдавливала «мозги» из Европы за океан, западная наука переживала раскол. По-разному складывались судьбы исследователей ауксинов. В 1939 году Ружичка уже не смог добраться до Стокгольма, нобелевскую медаль за работы по половым гормонам ему вручил в Берне шведский посол. Традиционную речь в Стокгольме он прочел лишь в победном 1945-м. Вторая половина премии была присуждена Бутенандту, но фашистское правительство заставило его отказаться от награды. Премия он все-таки получил 10 лет спустя. Хааген-Смит покинул Утрехт и осел в Калтхе, а Когль навсегда остался в Голландии. Эркслейб стала правой рукой шефа, который увлекся новой идеей D-рака, то есть различия соотношения содержания правых и левых изомеров аминокислот в нормальных и раковых клетках.

После войны существовало некое болотце «а, b-ауксинологии». Ее приверженцы не стремились выяснить, откуда взялись эти призраки, в них просто уверовали и пытались вызвать путем синтеза. Предпочтение отдавали структуре b-ауксина — она попроще. Но и для нее мыслимо существование  $2^n = 32$  оптических изомеров (n — число асимметричных C-атомов). Сколько из них может оказаться в разделе псевдоауксина? Напомним: с A-тестами не все было в полном порядке.

А в науке и агротехнике уже давно обходились без них. Специалистам было ясно, что наиболее распространены именно гетероауксин. Как оказалось, растения способны самостоятельно синтезировать ИУК и покрывать таким образом часть своей потребности в ней. Другую часть они могут добирать из плодородной почвы, где ИУК присутствует в результате деятельности полезной флоры (бактерии, плесени). Поскольку потребность у растений в ИУК мизерная, ее долго и не могли определить в растительном сырье, что, видимо, и привело Когля к неверному выводу о «неправильности» такого ауксина.

## Обманный ассоциат

Молекулярная масса оказалась тем ложным маяком, который необратимо сбил Когля с правильного пути. Маяк исчез в 1948 году, когда Вильдман и Боннер немного изменили процедуру Вента для определения коэффициента диффузии.

Агаровый блок с накопленным ауксином из колеоптилей овса обрабатывали эфиром. На биоактивности это никак не сказалось, но измеренный потом коэффициент диффузии резко увеличился, ему стала соответствовать молекулярная масса порядка 200. А все дело в том, что ИУК перемещается и экстрагируется агар-агаром в виде непрочного ассоциата с гидрофобным партнером. Их-то общая масса и оказывается близка к 350. Эфир разрушает ассоциат, и наблюдается быстрая диффузия ИУК. Выходит, что у Когля молекулярная масса «ауксина а» случайно совпала с промежуточным, то есть с неправильным, значением.

Авторы этим не ограничились. Будучи полностью убежденными в своей правоте, они 80 дней ошпыливали крохотные верхушки побегов овса, сушили их и складывали. «Свободного» ауксина, извлеченного потом эфиром из этих 2000 колеоптилей, было достаточно, чтобы по Зальковскому (железная классика) доказать: ауксин овса содержит индольную группу; это не что иное, как ИУК. Казалось бы, проблема «а» и «b» вообще должна была перейти в третьеразрядную, но этого не случилось.

## Ключ от сейфа

После смерти Когля в 1959 году кафедре органической химии в Утрехтском университете возглавил Иоганнес Влигентарт. Получив ключи от кладовки с реактивами и рабочими журналами за многие годы, а также от сейфа Когля, он решил вмешаться в затянувшийся кризис. Влигентарт с двоюродным братом доступными им методами проанализировали десять образцов шести соединений из сейфа, имеющих четкие указания на их принадлежность по публикациям и

рабочим записям. Среди них были a, b-ауксины и промежуточные продукты расшифровки структуры.

В идентификации сомнений не осталось, однако ни в одном случае содержание склянок не соответствовало маркировке. «Истинный ауксин а» (образец № 2466) оказался хлорной кислотой (масс-спектр, порошковая рентгенография, ультрафиолетовый или УФ-спектр). Это компонент желчи. «Ауксин b» проанализировать из-за разложения оказалось труднее, им оказался тиосемикарбазид с примесью ацетонтиосемикарбазона (масс-спектр). Остальные соединения рассматривать не станем — чтобы оставить представление о ситуации, хватит и этого. Публикация Влигентартов (1966) содержала только результаты анализов и вывод: «Ауксины а и b как уникальные соединения далее должны считаться несуществующими».

## Мнение научных экспертов

Нет сомнений в том, что в работах Когля фигурировала именно хлорная кислота (совпадение элементного состава, температуры плавления, формы кристаллов). У хлорной кислоты и эстрогенов общий предшественник — холестерин. Эстрогены частично попадают также в желчь, а в моче присутствует хлорная кислота. В норме ее содержание мало — 0,05 мг/л, но при заболевании печени (гепатит, цирроз, рак печени) оно может превысить 10 мг/л. Когль хотел получить кислоту с молекулярной массой около 375, и он ее получил. Очевидно, у «И.Г.Фарбениндурии» была первосортная моча — только от здоровых женщин, поэтому и выход ауксина (хлорной кислоты) был относительно низким. От утрехтских клиник шел общий слив. Средняя концентрация хлорной кислоты в моче могла быть значительно выше нормы (можно думать, что и «средняя температура по клинике» тоже). Отсюда понятно, почему на таком сырье выход продукта у Когля сразу возрос. Кстати, из опытов самого же Когля видно, что при жирной диете уровень «ауксина» резко подсакаивает. Так и должно быть — холе-

вая кислота выделяется при переработке жира печени.

Напомним, А-тесты с холевой кислотой были проведены специально и оказались отрицательными. В чем же дело? Заключительная операция очистки ауксина состояла в кипячении солянокислого метанольного раствора под вакуумом. При этом из ИУК образуется метиловый эфир ИУК, он весь не отгоняется и вполне может сохраниться в готовом продукте! Когда Хааген-Смит изменил схему экстракции, видимо, холевая кислота попала в отвал, после чего главный персонаж — ИУК — и проявил себя. Сэмюэль Вильдман и Карл Редеманн провели следственный эксперимент. Они нанесли на кристаллы холевой кислоты столько эфира ИУК, чтобы получить в А-тестах активность  $1 \cdot 10^6$  а. е., и оказалось, что при этом количестве результат элементного анализа на азот с предвоенной точностью составил бы 0,0%.

В принципе все сходится. В «ауксине а» (теперь есть все основания для написания этого названия в кавычках) активной была примесь, поэтому и наблюдалась невоспроизводимость, а если холевую кислоту дополнительно чистили или эфир ИУК со временем сам улетучивался, то получался псевдоауксин.

Когль поддерживал контакты с «И.Г. Фарбениндустри» и через них получил доступ к только что появившемуся УФ-спектрометру. Оказалось, что «ауксин б» в отличие от «а» имел полосу поглощения, которую приписали кетогруппе. Как раз в то время Дойзи, соревнующийся с Бутенандтом, для извлечения эстрогена из уже известного нам источника применил семикарбазид, взаимодействующий с кетогруппой. Так что появление тиосемикарбазида и в бюксе «ауксина б» объяснить можно.

Несколько слов о самой структуре. С виду формулы а,б-ауксинов и холевой кислоты сильно отличаются. Большую ли ошибку допустил Когль? Надо сказать, что к тому времени сама структура холестерина и холевой кислоты была установлена с ошибками. (Это, кстати, не помешало ее авторам получить две Нобелевские премии в 1927 и 1928 годах.) Их привычная стероидная (правильная) структура как раз и появилась в 1932 году, причем на ее установление пошли многие граммы вещества. Было бы двойным чудом, если бы Когль из 700 мг «перекотил» структуру холевой кислоты. За исключением С=C-связи он правильно распознал все функциональные группы и угадал пятичленный цикл. В то время только стали догадываться, что у эстрогенов та же сте-

роидная структура. Еще одноотягчающее обстоятельство: холевая кислота образует кристаллосольваты с ацетоном и этанолом, это искажило определение элементного состава и температуры плавления.

## Шерше ля фам

Не будем касаться юридических и моральных прав профессора Влигентарта на доставшееся от Когля наследство. Наверно, он поступил весьма корректно, направив Хааген-Смиту письмо примерно такого содержания: 1) информация: намерение провести анализы оставшихся образцов; 2) вопрос: не сохранились ли у него образцы с той поры; 3) политес: научное сотрудничество будет затруднено из-за разделяющего их пространства. Хааген-Смит словно наперед знал, какие получатся результаты, и ответил угрозой подать в суд, если последует публикация. Однако Влигентартов это не остановило, а Хааген-Смит потом занял позицию «моя хата с краю»: он в химическую часть не вникал, занимался в ботаническом саду исключительно А-тестами получаемых образцов. Он напишет в таком духе: возможно, начальная ошибка состояла в том, что рекламировать чистый ауксин было преждевременно. Рвение Когля к публикации и его диктаторские наклонности, возможно, сделали очень трудным для фройляйн Эркслебен признание ее ошибок, хотя это вполне можно было сделать на ранней стадии. Сам же Хааген-Смит столь доверял своим коллегам, что, переехав в Калтех, сразу же соорудил установку, чтобы получить ауксин а.

Нарабатывать ауксин а в Калтехе все из того же сырья в 1937 году согласился Вильям Бергрэн. За плечами у него уже была одна безуспешная аспирантура, и Хааген-Смит оговорил выдачу стипендии только за наличные миллиграммы ауксина а. Но ничего, кроме ИУК, бедный аспирант выделить не смог. Возможно, от него и пошла мысль, что ауксин а присущ только моче представителей голландского этноса. Насколько можно прочитать со словарем между строк, пять профессоров — вся голландская диаспора биофака Калтеха, чем могла, тем и помогла научному эксперименту. В результате мероприятие, продолжавшееся два года, было закрыто. Мэтры ботанической науки после конференции 1949 года высказались за постановку Вентом и Хааген-Смитом *experimentum crucis*. Выполнить его было поручено Редеманну (Боннер и Вильдман играли роль секундантов). На сей раз мочу соби-

рали по призыву в университетском мужском туалете. Результат постарались замять: он был тем же — ИУК. Неофициально распространилось объяснение: плохая экология, от лосанджелесского смога ауксин в моче доноров пропал.

С мочой Хааген-Смиту явно не везло. В Утрехте ему достался концентрат и моча больных — сырье, богатое холевой кислотой, которая и превратилась в «ауксин». (Непонятно, причем тут фройляйн Эркслебен, которую он винит, ведь ее фамилии в первом сообщении об ауксинах 1931 года не было.) Потом же, чтобы воспроизвести первые результаты, не хватило терпения или профессорской и студенческой мочи (ведь ее требовалось сотни литров), да и на фоне большого количества ИУК задача усложнилась. Но почему нервничал Хааген-Смит впоследствии, а потом все стал тихо валить на коллегу? Он же сам не смог воспроизвести результаты даже с растительным сырьем, зато с открытием тропоактивности ИУК опередил Боннера и первым же нашел ее в растительном мире (в кукурузе), будучи уже в США. Именно тогда для всех стало ясно, что она-то и есть самый распространенный и главный ауксин. Неужели он не задумался: где а,б-ауксины, выделенные им же из кукурузного масла? Не вспомнил, что только единственный образец из Венгрии содержал эти две субстанции, а все последующие были «пустыми»? Что он А-тестировал и отдавал в бюксиках на анализ Эркслебен?

## Тайный агент

В самом деле, на Эркслебен можно валить все несчастья. Говорили, что она была тайным агентом и занималась шпионажем задолго до прихода немцев в Голландию. Вроде бы не секрет, что у нее была долгая любовная связь с шефом. (Как будто все настоящие европейские ученые были беспартийными и морально устойчивыми.) От того, что она состояла членом НСДАП, никому персонально в университете никакого вреда вроде не было. В Германию она вернулась не с отступающей армией, а после открытия второго фронта в 1944 году. Все это украсило бы сюжет детективного романа, но нам важно другое: она участвовала во всех начинаниях Когля и везде «наследила». 1930 год — предложена структура мускаруфина, 850 мг этого пигмента выделено из 500 кг мухоморов. Структура впоследствии признана неправильной. 1935 год — Когль открывает биотин, он же витамин Н. Крупный успех, большой труд — для работки 100 мг потрачено 250 кг яичных

желтков. Эркслебен, проводя элементный анализ биотина, не смогла найти в нем серу! Через шесть лет структуру этого витамина —  $C_{10}H_{16}O_3N_2S$  — установил Винсент Дю Виньо (Нобелевская премия, 1955). Об ауксинах рассказано подробно, а ведь были еще и D-аминокислоты! Структуру мускарина (токсина мухомора) Когль установил в 1954 году правильно, возможно, потому, что Эркслебен уже не было рядом. Свою оценку произошедшего казуса с ауксинами она дала в ответе Влигентарту на присланный отклик: замечательная работа была на неправильном материале.

## Шеф за все в ответе

Когль любил ставить свое имя в статьях на первое место — вроде бы он и должен отвечать за все. Общественное мнение после его смерти высказалось сурово. В некрологе от Баварской академии, членом которой он состоял, было напечатано: «Данные о повышенном содержании D-аминокислот в раковых клетках (относительно нормальных, то есть с L-изомерами), перепроверенные многими и во многих лабораториях мира, так и не подтвердились... Когль не сразу смог поверить и, возможно, уже не был в состоянии

перенести шок оттого, что коллега-женщина долгие годы могла фальсифицировать результаты. Это его сломало». Слов «а- или b-ауксин» в тексте нет. Некролог подписал президент — Теодор Линен, он же зять Генриха Виланда, почитаемого Коглем учителя (оба — нобелевские лауреаты).

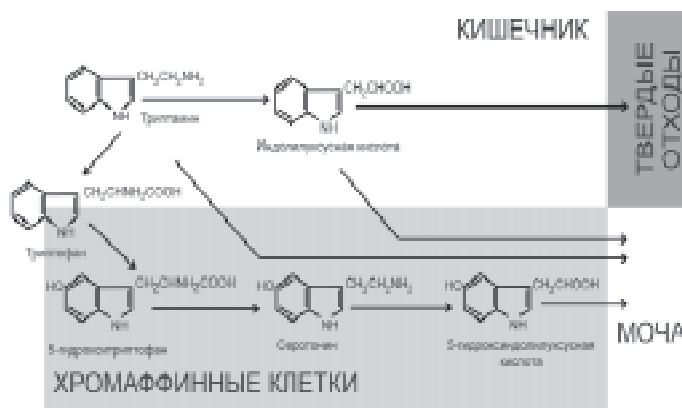


## РАССЛЕДОВАНИЕ

### Гетероауксин в человеческой плоти

На пищу, богатую всякими жирами, растительными или животными, здоровый организм ответит повышением уровня желчных кислот в крови, и потеря их с мочой увеличится. Поэтому за счет подобной диеты и можно поднять выход «ауксина а» — холевой кислоты. Но что при этом будет с гетероауксином — ИУК? Содержание ее в моче лишь косвенно связано со столом, а больше — со стулом, то есть с работой кишечника. Именно здесь, как в тучной почве, ее синтезируют бактерии. Наша микрофлора тратит на это часть незаменимой аминокислоты триптофана (издержки симбиоза!), поэтому ИУК в человеческой моче намного больше, чем в растительной пище. Метаболизм триптофана у бактерий отличается последовательностью стадий декарбоксилирования. Образующийся вначале полупродукт ИУК — триптамин также переходит к нам в кровь, и если не успевает разрушиться, то и попадает в мочу.

У человека триптофан (до 2% от поступления с белками) превращается в так называемых хромаффинных клетках в серотонин, «гормон счастья». В шишковидной железе — эпифизе — он превращается в другой гормон — мелатонин, а при катаболизме — в 5-гидроксиуксусную кисло-

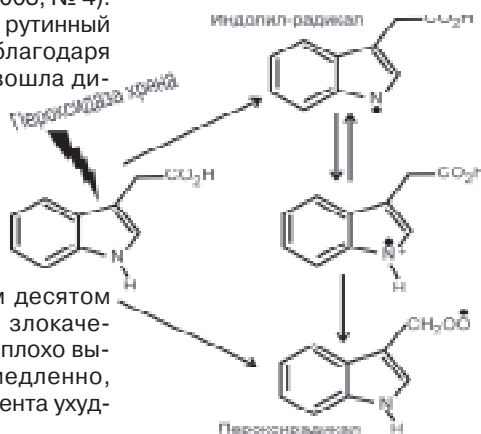


ту, 5-ГИУК. Ее нормальное содержание в моче около 10 мг/сутки (а тропоактивность на порядок ниже, чем у ИУК). Давно было замечено, что при некоторых заболеваниях содержание 5-ГИУК в моче увеличено. Сейчас на Западе эта стадия привлекает внимание медиков. Раньше по реакции Зальковского можно было судить о содержании в моче всех индольных производных в сумме, включая индоксильные (о «животном индикане» см. «Химию и жизнь», 2003, № 4). Теперь разработан рутинный анализ 5-ГИУК, и благодаря этому в практику вошла диагностика карциноидного синдрома (нейроэндокринных опухолей). Эта патология начинается с хромаффинных клеток и в каждом десятом случае опухоль — злокачественная. Растули плохо выражены, растут медленно, самочувствие пациента ухуд-

шается из-за пониженного уровня серотонина. Чтобы исключить влияние на анализ 5-ГИУК пищи, перед сбором мочи надо следовать разработанным рекомендациям, в том числе по диете — например, не есть бананы, богатые серотонином.

### Целебный коктейль с пероксидазой хрена

С 1996 года в лондонском Гревеском институте рака



разрабатывают метод борьбы с раковыми клетками, основанный на действии свободных радикалов. Институт создан в 1953 году Луисом Г.Греем, с чьим именем здесь связано становление лучевой терапии. Для борьбы с раковыми клетками применили бинарное оружие: ИУК и пероксидазу хрена (ПХ). Каждое из этих веществ не особенно ядовито, но ИУК в присутствии ПХ начинает окисляться с образованием весьма активных продуктов, способных разрушить ДНК и другие компоненты клетки. Для биохимиков и физиологов, занимающихся растениями, система ИУК—ПХ стала привычной моделью.

ИУК в качестве пролекарства испытана пока *in vitro* в двух вариантах. В чисто химическом — культура клеток (мишень) контактировала с ИУК и/или ПХ. Каждый в отдельности компонент действовал слабо, но смесь ИУК с ПХ быстро разрушала клетки и видоизменяла ДНК. Среди десятка синтетических производных ИУК нашлись более активные, но главное, естественно, не в скорости, а в избирательности процесса — насколько раковые клетки более чувствительны к удару «бинарного оружия», чем здоровые. Пока проводится испытание убойной силы этого «оружия»: в человеческие опухолевые клетки был привит ген пероксидазы хрена, и они оказались сверхчувствительными к ИУК.

# Волшебная структура таракана

*Проходит страсть, умрет любовь,  
Но лишена обмана  
Волшебная структура таракана.*

Николай Олейников.

*Согласитесь, недостаточно куртуазный эпиграф, чтобы рассуждать о взаимоотношениях полов и, в частности, о прекрасных дамах. Ироничный автор этих поэтических строк вывел главное (зри в корень!): «лишена обмана». В том-то и дело. Лишена обмана лишь для тех, кто сей обман понимает. Их, как сложилось благодаря эволюции, среди мужчин — абсолютное меньшинство.*

*Кстати, у интеллектуалов из этого самого меньшинства влюбленность (страсть) и понимание того, что тебя обманывают (скажем мягче: с тобой ведут игру), порой удивительным образом сосуществуют в конкретном моменте времени. А что делать — размножаться-то мы обязаны: инстинктивное поведение необоримо! И все-таки, уже как правило, после периода ослепления кое к кому понимание приходит окончательно. Например, к Пушкину: «Дура взялась переводить...» (и это — об Анне Керн!). Или к Чехову: «А заглянешь в душу — обыкновеннейший крокодил».*

*Может быть, им, которые из меньшинства, просто не везло? Сомневаюсь: дело не в везении-невезении (думаю, тут у всех шансы фифти-фифти), а в способности к глубинному анализу.*

*Кто-то на это способен, кто-то нет. Вот еще одно высказывание, уже не литератора, а ученого, кстати, опять же человека ироничного:*

*«Несси? Интриганка, как все особи женского пола. Просто кокетничает со своими поклонниками — то придет на свидание, то не придет. Откровенно говоря, мне она не нравится... Тоже норма развлечения».*  
Н.В.Тимофеев-Ресовский.

*Так для чего эта «норма развлечения» (хотя уверен, что «развлечение» в данном случае — слово-маска, а главное тут «норма»)? В общем, для чего игра?*

*Не будем повторять уже сказанного на эту тему (см., например, прекрасные эссе академика В.Р.Дольника «Жизнь — разгадка пола или пол — разгадка жизни» — «Химия и жизнь», 1995, № 9, 10–12), а поразмышляем над некоторыми результатами недавних естественно-научных изысканий в высших сферах — сферах влюбленности и любви.*



## Химия любви по-итальянски

Помните, были «Брак по-итальянски» и «Развод по-итальянски», но вот того, что вынесено в данный подзаголовок, еще не было. И верно, не было: недаром за свои исследования группа итальянских ученых во главе с Донателлой Мараззити (университет города Пизы)\* в 2000 году получила международную премию. Какую конкретно? Игнобелевскую.

По замыслу организаторов, эта премия вручается, цитирую, за научные достижения, которые сначала заставляют нас смеяться, а потом думать (подробней — см. статью в «Химии и жизни», 2004, № 12). Некоторые лау-

\* Исходная статья под названием «Alteration of the platelet serotonin transporter in romantic love» опубликована в журнале «Psychological Medicine», 1999, v. 29, № 3, p. 741.





реаты воспринимают присуждение «игнобелевки» с обидой (дескать, что смешного нашли в моей работе?), а другие — веселятся и благодарят организаторов. Так вот, Донателла Мараззити лично прибыла на церемонию вручения премии и, как положено, произнесла речь.

Впрочем, о содержании речи — позже, сейчас о сути исследования.

Его цель, если коротко, — выяснить, что же происходит в крови у людей в период влюбленности. Для этого Д.Мараззити и ее коллеги отобрали 48 добровольцев (они оказались, заметим, итальянцами), половина из которых (12 мужчин и столько же женщин) подтвердили, что сейчас находятся в состоянии влюбленности (они и составили опытную группу). В другой половине, служившей контролем, были пары, имевшие длительные (вероятно, уже спокойные) отношения с партнером, то есть устойчивые пары — не важно, освятила католическая церковь законным браком их союзы или нет. В образцах крови изучали уровни серотонина, кортизола, тестостерона и некоторых других гормонов. Изучили, сравнили — и вот тут начались чудеса.

Начнем с **кортизола**. Это — один из гормонов коры надпочечников, по химической сути — глюкокортикоид. Известно, что при состояниях напряжения, например при стрессе, происходит усиление его выработки. Природа этого явления вполне понятна: необходимо привести организм, так сказать, в состояние полной мобилизации. Благодаря повышенному содержанию кортизола в крови происходит усиление белкового и водно-солевого видов обмена, интенсивное накопление гликогена в печени и некоторые другие изменения, необходимые для того, чтобы успешно противостоять стрессу.

Так вот, повышение уровня кортизола в крови у влюбленных (по сравнению с контрольной группой) никого не удивило. Конечно, влюбленность — это все-таки стресс, сильный или средний, но, как и положено, не слишком длительный, поскольку длительный стресс — штука для организма вредная. Отсюда выходит, что период влюбленности должен быть непродолжительным: так предусмотрела природа, реализовав это на биохимическом уровне.

Далее — **серотонин**. Тут дело оказалось посложнее. И экспертный комитет «игнобелевки» это подметил.

Серотонин — нейромедиатор (то есть посредник), задача которого — проведение нервных импульсов на уровне синаптической передачи, с одного уровня центральной, а затем и периферической нервной системы на другой, более низкий. Благодаря этому серотонин оказывает влияние на функции различных органов и тканей, причем, заметим, влияние исключительно тормозящее. А поскольку в организме все сбалансировано, то для обеспечения активирующего влияния существуют другие нейромедиаторы. Нам же здесь важно то, что серотонин вызывает именно тормозящий эффект.

Этот тормозящий эффект оказался у итальянских влюбленных ниже нормы (ниже, чем в контроле). Иными словами, в опытной группе уровень серотонина был понижен. А уже давно известно, что понижение уровня серотонина характерно для ряда психических расстройств, в частности для больных маниакально-депрессивным психозом (в периоды маниакальности) и лиц-циклотимиков в фазу возбуждения (гипоманиакальности). Известно и то, что снижение уровня серотонина в крови способствует проявлению агрессивности. Но вот такая штука: влюбленность и агрессивность — вещи далеко не всегда совместные!

Несмотря на такое умозрительное противоречие, группа будущих лауреатов Игнобелевской премии сделала вывод: с биохимической точки зрения влюбленность неотличима от острого психического расстройства, в частности так называемого обсессивно-компульсивного синдрома, или психоза.

Поясняю: обсессия — это синоним навязчивости, а обсессивно-компульсивное расстройство (что вообще-то невроз, а вовсе не психоз) относится к категории тревожных состояний и проявляется в виде постоянно возвращающихся навязчивых мыслей, идей и чувств, которые сопровождаются длительным напряжением и беспокойством.

Выходит, будучи влюбленными, мы становимся немножечко «того» — чистыми невротиками? Именно так. И повторяю: невротиками, а вовсе не пси-

хопатами. Тут все налицо: и тревожность, и беспокойство, и навязчивые мысли. У Пушкина в «Онегине» описание такого состояния, как всегда, предельно точно:

*Я знаю: век уж мой измерен;  
Но чтоб продлилась жизнь моя,  
Я утром должен быть уверен,  
Что с вами днем увижусь я...*

То есть человек с утра и до глубокой ночи «зациклен» лишь на одном. Эта навязчивость субъективно окрашивает перспективу бытия в сугубо драматические ноты («век мой уж измерен»), а объективно трактуется как скрытый призыв к возлюбленной: «Ну, ты видишь, как мне плохо, — так пожалей же меня!» И никакой агрессивности, заметьте. Но — так называемое суженное сознание: фокусировка лишь на предмете обожания, снижение критики к себе и к нему, восхваление его достоинств и упорное нежелание замечать его недостатки. Чистый невроз! Во многих подобных случаях таким состоянием влюбленного юноши искусно, иногда подсознательно, пользуется партнерша. Но об этом — ниже.

Так что с психозом Д.Мараззити, простите, промахнулась. Психоз — состояние периодически-устойчивое и зачастую прогрессирующее, а невроз проходящ, как и, увы (а хотите, слава Богу), влюбленность. Кстати, о последнем свидетельствует и заключительная часть «Евгения Онегина» («Отрывки из путешествия Онегина»). В общем, всё в порядке.

Впрочем, впереди нас ждет еще более интересное и интригующее.

Это — исследования уровней **тестостерона**, проведенные Д.Мараззити в той же группе добровольцев.

Начнем опять же со справки. Тестостерон — мужской половой гормон (андроген), который вырабатывается мужскими половыми железами. Поначалу его основная задача — определить нормальное развитие половых органов и вторичных половых признаков. Однако помимо этой, крайне важной, функции тестостерон оказывает заметное влияние на психику, формируя присущую мужчинам тактику полового поведения, а именно: активность при контактах с особями противоположного пола, эмоциональность, эдакую юношескую петушиность, переходящую в

отдельных случаях в агрессивность, демонстрацию девушке своих явных или надуманных преимуществ по сравнению с окружающими ее молодцами. Это называется инстинктивной тактикой сексуального влечения, что, кстати, характерно не только для юношей, но и для зрелых мужчин, поведение которых с годами становится, естественно, более умным и тонким. А все потому, что выработка тестостерона, начавшись в пубертатном периоде, продолжается вплоть до угасания половой функции. Все это известно, но вот в чем изюминка: тестостерон, сугубо мужской гормон, в минимальных количествах вырабатывается и в организмах женщин (почему так — тема для отдельной статьи).

Понятно, Д.Мараззити и ее коллеги не могли обойти вниманием этот самый гормон. Исследовали его уровни среди тех же 48 добровольцев и обнаружили нечто странное: у влюбленных юношей (то есть из группы «romantic love») содержание тестостерона в крови оказалось ниже, чем в контроле, а вот у девушек из той же группы влюбленных — выше. Выходит, если придерживаться полученных данных и, главное, сделанному затем выводу, молодые, пылкие, отчаянно влюбленные мужчины биохимически (а значит, и психологически) несколько теряют свою маскулинную особость, а влюбленные женщины — напротив, свою феминную. Некая тенденция к уменьшению половой полярности — к чему-то усредненному.

Такой казус, я ничего не переврал, вот цитата: «В этот период (влюбленности. — А. Т.) мужчины в некотором роде становятся более похожими на женщин, а женщины, в свою очередь, на мужчин». Ну, сказано, конечно, сильно (в конце предыдущего абзаца точнее), что, вероятно, поначалу и заставило улыбаться членов Игнбелевского комитета.

Однако факт, если о биохимии? А может быть, статистический артефакт? Ведь выборка всего-то 48 человек, да еще дважды поделенная надвое для сравнений! Маловато будет. Однако, поверив, что статистическая обработка результатов выполнена действительно корректно, подумаем, как объяснить эту странность.

А странность, и верно. Некая грацилизация молодых мужчин в период влюбленности (*gracilis* — нежный)? Ну, бывало и бывает. Пели серенады под балконом, писали стишки в альбомы дам, утверждали, стоя на коленях, что повесятся, если отвергнут, и т.п., хотя в наше время дело чаще всего ограничивается дарением цветов и мелких подарков (западных богатеньких принцев и новых русских оставим за пределами рассуждений). Действительно — возвышенно, романтично, нежно. А

ведь в природе, среди наших эволюционных предшественников, все не так: турниры для выявления лучшего, то есть самого сильного, бои между самцами за возможность обладания самкой, «показательные выступления» перед ней как демонстрация своей красоты, силы — значит, генетического совершенства. И эта демонстрация всегда (или почти всегда) сопряжена с агрессией, направленной на самцов-конкурентов. Какая тут грацильность, будто бы определяемая понижением уровня тестостерона?

Именно на это напирала оппоненты Д.Мараззити, в частности Андреас Бартелс из Лондонского университета («New Scientist», 1999, 27). Вот его слова: «Влюбленность связана не только с сильными аффективными переживаниями, но и с высокой сексуальной активностью» (что, добавлю, в свою очередь связано с повышением, а не со снижением уровня тестостерона). Однако Д.Мараззити парировала: в контрольной группе (то есть, заметим, среди всего 24 человек!) люди занимались сексом ровно столько же, сколько и в опытной. И еще от Мараззити: когда влюбленных повторно протестировали пару лет спустя, их гормональный уровень уже не отличался от нормы. То есть «romantic love» прошла, уступив место стандартным, более или менее регулярным сексуальным отношениям, и уровень тестостерона вернулся к норме, равно и уровень серотонина.

В общем, ученые не поняли друг друга, хотя сошлись, пожалуй, в одном: результаты Д.Мараззити и ее коллег иначе как противоречивыми не назовешь. Ну не смешно, а забавно. Выходит, теперь у нас есть тест: чтобы доказать, что ты действительно влюблен, а не корыстен или добиваешься лишь сексуального контакта, не надо никаких серенад или миллиона алых роз — достаточно предъявить своей пассии справку о пониженном уровне тестостерона в крови. А что — может быть, когда-то в будущем, несомненно более чем прагматично, так и будет.

Кстати, сама Мараззити восприняла развернувшуюся в научной печати дискуссию спокойно, достойно, а при вручении упомянутой выше премии (девиз которой, напомним: «Сначала смеемся, потом думаем») выглядела и вовсе молодцом. Привожу ее высказывание: «Основным источником ошибок в моем исследовании могло быть то, что образцы брались в основном у итальянцев, а итальянский способ влюбляться совершенно отличен от того, что принят в других популяциях, например в американской».

Прелесть, не правда ли? Во-первых, Мараззити честно признала: в ее исследовании могли быть ошибки. Нечастый случай в науке. И во-вторых, что

это такое — особый итальянский способ влюбляться? Вот это, черт возьми, любопытно!

## Психология любви по-шведски и голландски

Сразу оговорюсь: в названии этой главы — намеренная двусмысленность. Дело в том, что речь пойдет не об особенностях интимных отношений народов означенных стран, а об исследованиях тамошних ученых, причем исследованиях, касающихся не только человека как вида. Поэтому уточним: психология любви с точки зрения ученых Северной Европы.

Некоторое время назад, уже после первой публикации работы Д.Мараззити, в «Animal Behaviour» (2001, v. 61(4), p. 695) появилась статья профессора Стокгольмского университета Магнуса Энквиста (кстати, тоже лауреата Игнбелевской премии) и его коллеги из Нидерландов Мигеля Джиронеса. Тема этой статьи — взаимоотношения полов с позиций эволюции.

Конечно, все сводилось к человеку, к мужчине и женщине, их отношениям, но, чтобы лучше понять, почему каждый из полов ведет себя именно так, а не иначе, необходим эволюционно-этологический подход — внимательный анализ поведения животных, наших предков.

Ключевым моментом изучения стал феномен моногамии (это понятно, ведь в конце концов все следовало «привязать» к человеку). М.Энквист и М.Джиронес, кажется, не колесили по свету и уж точно не плавали на лодочке «Бигля», вторя Ч.Дарвину, а уютно сидели перед компьютерами в теплом коттедже (офисе, вилле, лаборатории университета — где точно, нам не известно, да и не столь важно). Важно, что у них была, как теперь говорят, хорошая база данных, на получение которой, кстати, они затратили уйму времени. Дальше, конечно, нужно было создать специальные программы, с помощью которых можно моделировать эволюцию моногамных отношений.

Смоделировали. Конечный набор видов животных для наиболее адекватной модели оказался парадоксальным: птицы (естественно, определенные их виды), дикобразы и, конечно, человек. Почему именно они — вопрос не ко мне, читайте первоисточник.

Один из главных выводов такой: в основе возникновения и эволюционно-го закрепления моногамии как наиболее эффективной формы видовой выживания — обман. То есть самка (не важно, птичка или женщина) должна постоянно обманывать сначала своего возлюбленного, а затем и постоянного партнера, и чем дольше, тем для нее лучше.



Не стоит возмущаться (особенно читательницам): слово «обман» — из лексики сугубо нравственной, а вот что за ним по этологической сути? Отвечаю: инстинктивная, эволюционно закрепленная программа поведения, обеспечивающая наибольшую приспособленность — приспособленность даже не данной особи (данной самочки), а ее потомков; в пределе — вида. Поэтому ритуалы, запахи, позы, наряды, кокетство, закатывание глаз, обмороки и прочее — лишь внешние, тоже сугубо инстинктивные атрибуты этой мощной программы. Верхушка айсберга, сверкающая под солнцем. А сам айсберг, основная масса которого скрыта от глаз, — холоден и многотонно-мощен: в безбрежном океане судеб (муравейнике претендующих на тебя самцов) — вычислить наиболее тебе подходящего (видовые предпочтения тут достаточно тривиальные, лишь у самок человека есть все-таки маленький разброс) и на максимально возможный срок удерживать его при себе. Для чего? Для обеспечения себя, самки, а главное, общих потомков витальными ресурсами (пищей, деньгами и т.д.). Это и есть основа моногамии — семейного, в пределе — видового благополучия.

Значит, на уровне поведения (психологии) главное — удерживать. Почему? Да потому, что моногамия — явление эволюционно достаточно молодое, а самец — существо изначально, издревле, полигамное, его генетическая программа — оставить как можно большее число потомков, причем от максимально большего числа самок. Вот с этим, безусловно драматическим противоречием человек борется и не справляется в течение всей своей истории, в том числе с библейских времен, когда всякое немонагамное поведение официально порицалось религией и законом.

Но мы об этологии-психологии, сугубо человеческой, женской. Об обмане (хотя, повторю, не научное это слово).

Итак, изначально полигамный мужчина, пусть уже не юный, всегда стремится к женщине молодой. Почему? Красива? Эстетически — да, но физиологически — еще фертильна! То есть она еще детородна. И одно с другим (ее прелести — явно, второе — подспудно), хоть убей, скоррелировано в его восприятии, подсознании. Женская молодость, красота — источник не только музейного искусства (это вторично), а призыв (провокационный зазыв!) к продолжению нашей вечности.

Однако конкретная красота, к сожалению, кратковременна, десяток лет в среднем. Что дальше, если о моногамии? А дальше, уже завоевав мужчину и родив женщину, коли она не занудная феминистка и все еще заинтересована в нем как в основе существования семьи, должна продолжать иг-

рать роль фертильной особы. Принцип: «Не важно, решим ли мы снова родить, важно — могу». Это «я еще могу» заставляет женщину исполнять серию новых ролевых игр в совместной жизни и тем удерживать уже подостывшего к ней супруга при себе, при семье. Опять обман, если следовать выводам скандинавских ученых.

В общем, получается так: весь ход антропоэволюции, где главное — переход человека к моногамии как наиболее экономичному и эффективному способу самовоспроизводства, определил и наиболее эффективный вариант отбора среди женщин: эволюционными победительницами, как правило, оказываются те, кто искусственно растягивает на время свою якобы фертильность. Вот такая игра, такой обман.

Но обман ли?

## Заключение

Статистика свидетельствует: из стародившихся умрут все сто. С этим не поспоришь. А вот литература, чей предмет — жизнь, в которой есть место как типичному, так и исключительному, утверждает: из ста родившихся счастливым может стать только один.

Оставим в стороне философский вопрос, что есть счастье, и, априори поверив именно литературе, спросим: кто же этот счастливец?

Выше, в первой части, где речь шла о результатах биохимических исследований Д.Мараззити, говорилось, что в период «острой» влюбленности мужчины в некотором роде становятся более похожими на женщин, а женщины на мужчин. То есть, если верить этим данным, намечается некая, естественно, кратковременная, тенденция к сближению противоположных полов — биохимически и, как следствие, психологически. Вот еще одно высказывание Д.Мараззити, которое я приберег напоследок: «Похоже, в этот период (влюбленности. — А.Т.) природа хочет скрыть различия между мужчинами и женщинами, для того чтобы человек выжил как вид».

Лауреат Игнобелевской премии безусловно недалеко от истины, а может быть, просто-напросто увидела суть. Как вы могли убедиться из «скандинав-

ской» части нашего повествования, у женщин в ходе антропоэволюции выработалась совершенно отличная от мужчин социальная стратегия полового поведения. Именно социальная. Это уже выпестованная естественным отбором генетическая программа, которой следует большинство женщин. По которой и «играет».

Да, женщины в большинстве своем действительно играют в *другие* шахматы. Не в шахматы по собственным правилам, а именно в *другие* шахматы. И между мужчиной и женщиной, если речь идет о близких отношениях, — изначально разительная пропасть, драматическая, а порой и трагическая. Но, как говорил Эйнштейн, природа хитра, но не злонамеренна. Ее хитрость в данном случае в том, чтобы хоть на время (цель: осуществить деторождение) сблизить края этой пропасти — чтобы молодые мужчина и женщина, одурманенные предстоящей близостью, напрочь забыли о «разных шахматах». Это и есть наша влюбленность. Это мост между краями пропасти.

Всё так, только мост этот, как мы знаем из истории, хрупок. Химия влюбленности (и периода поствлюбленности), по Мараззити, это, в частности, подтвердила.

Что нам остается? Быть счастливыми. Да, женщины играют в другие шахматы, да, это (вспомните начало данной статьи) — «волшебная структура таракана», но ведь волшебная! И надо быть не только страстным, но и умным, чтобы это понимать — обман, с которым ничего не поделаешь и которому мы все-таки рады. Понимать, например, как Пушкин:

*Но притворитесь! Этот взгляд  
Все может выразить так чудно!  
Ах, обмануть меня нетрудно!..  
Я сам обманываться рад!*

Вот мы и нашли того самого счастливца.



# Зоозащитники с топорами





Кандидат  
психологических наук  
**О.Р. Арнольд**



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

**В**се живое надо любить. Это давно стало общим местом, и те, кто не любит зверей, обычно стесняются высказывать свои мысли вслух: неприлично и, как сейчас принято выражаться, не политкорректно. При этом обычно забывают, что любить или не любить — личное дело каждого, закон же регулирует лишь некоторые проявления чувств.

Я могу понять тех, кто не любит животных, — ну не нравятся они им, и все. Они не держат у себя дома собак и кошек и не ходят в зоопарки, и это их право. А вот жестокость к беззащитному зверю может быть наказана по закону. Но мало кто знает, что много зверей гибнет не только из-за маляков, разбрасывающих на улице отравленные приманки и мясо с иголками, но и по вине людей, которые называют себя защитниками животных.

В последней четверти прошлого века человечество наконец осознало все опасности, которые несет с собой техногенная цивилизация. Стало набирать силу «зеленое» движение, и не обошлось без перегибов: у него тут же образовалось радикальное крыло. Брижит Бардо, в молодости щеголявшая в ягуаровом манто, в старости агитирует за права животных и воюет с теми, кто продает и носит натуральные меха. Впрочем, пока борцы за права животных вступают в схватку с меховщиками, это забавно и сравнительно неопасно. Ну продефилируют раскрашенные под леопарда голые дамочки, пока не отведут их в участок, — проходим развлечение. У нас «зоозащитницы» тоже попробовали в таком виде прогуляться, но быстро застеснялись, к тому же на них почти никто и внимания не обратил. Летом 2003 года приехала в Москву некая звезда «освободительного» движения, прославившаяся многочисленными задержаниями за свою правозащитную деятельность. Под руководством этой особы наши дамы, закутавшись в норковые шубки, залезли в маленькие клетки, чтобы наглядно показать, как мучаются от июльской жары зверьки

на пушных фермах. И опять никакого впечатления на прохожих!

Однако уже с конца восьмидесятых годов начали приходиться тревожные звоночки. Как-то раз «зеленые» пробрались в Париже в институт, который занимается исследованием мозга, и выпустили на улицы прооперированных обезьян с электродами на голове, отлично понимая, что их ждет смерть. Следующая печальная история произошла в Израиле. Там был частный дельфинарий, в котором выступали по контракту наши дельфины и тренеры (я считаю, что наши дельфины — одни из лучших в мире). Дельфины чувствовали себя прекрасно, угощаясь местной вкусной и питательной рыбкой. Но вдруг они начали умирать. При вскрытии обнаружилось, что их желудки забиты свинцовой дробью; множество ядовитых крупинок обнаружилось и на дне бассейна. Кто бросил туда свинец? Конкуренты? Но тогда других дельфинариев в Израиле не было, не было и личных врагов у кого-либо из сотрудников. Вероятнее всего, это были «зеленые»-экстремисты: ведь именно они не раз заявляли, что держать животных в неволе — страшный грех, а потому лучше бы освободить их и от жизни «за решеткой», и вообще от жизни. (На самом деле в неволе морские животные, как и многие другие, обычно живут дольше, чем в природе: всегда есть еда, нет естественных врагов, при хорошем уходе выживают слабые и больные.) Дельфинарий на Святой земле закрыли, тренеры вернулись на родину.

В августе 2001 года в Голландии на границе с Бельгией «зеленые» напали на пушную ферму и выпустили на волю 16 800 норок. Перепуганные зверьки разбежались по окрестностям, разбойничали во дворах и домах, ловили кур, около двухсот погибли под колесами автомобилей. Фермеры поймали примерно 15 000 норок, что стало с остальными — неизвестно. Возможно, кое-кто из них и выжил, но остальных наверняка ждала печальная участь: выросшие в вольерах, они совершенно не были приспособлены к жизни в естественной среде.

Затем экстремисты от «зеленого» движения напомнили о себе и у нас. В Москве начал свою деятельность Фронт освобождения животных — международная подпольная организация, которую в 2001 году ФБР внесло в список объединений террористического толка. Одна из первых их громких акций состоялась в Московском зоопарке весной 2003 года. «Ос-

вободители» вскрыли вольеры с куницами и выгнали их обитателей. Несчастные зверьки, потерявшие свою территорию, металась в панике, две куницы погибли от острого стресса, остальных изловили, причем нескольких уже за границами зоопарка. Что и говорить, в высшей степени гуманно — выпустить диких зверей посреди города, там, где они заведомо не в состоянии выжить.

— Лучше бы они освободили не безобидных горностаев, а львов и тигров, — прокомментировала их действия ветеринар, которая мне про это рассказала. — Может, это бы их чему-нибудь научило.

Потом «освободители» ополчились на биологов — «вивисекторов и палачей». Я не буду сейчас говорить о том, что без подопытных животных не могут существовать ни фундаментальная, ни прикладная наука, что без них мы ничего не знали бы ни о строении и функциях организма, ни о законах работы мозга, остались бы без лекарств. Думаю, постоянным читателям «Химии и жизни» понятно, что эти работы необходимы для человечества не меньше (а то и больше), чем создание новых компьютеров или автомобилей.

Теперь несколько слов о «вивисекторах». На биологические факультеты не идут те, кто не любит животных. Кстати, первым, кто еще в советское время, в самом начале семидесятых годов прошлого века, начал дискуссию о допустимом и недопустимом с точки зрения человечности отношении к лабораторным животным, был поэт Дмитрий Сухарев (псевдоним доктора биологических наук Дмитрия Антоновича Сахарова). Конечно, трудно ручаться за всех ученых и за все институты, но в громадном большинстве своем биологи, проводя исследования, стараются как можно бережнее относиться к объектам.

Однако «освободителям» некогда размышлять, виноваты ли биологи и в чем именно они провинились, для них главное — действие. В холодном апреле эти «правозащитники животных» разбили бассейн с лягушками в виварии Института нормальной физиологии имени академика Анохина и «спасли» находившихся там амфибий — выпустили их в подмосковное болото, то есть фактически обрекли на гибель: в природе в это время они еще спят. А как трогательно они это все описали! «Одна из квакшей смотрела, не мигая, на правозащитника, потом радостно квакнула и прыгнула в болото. Наверное, пожелала счастья!» В данном случае хулиганы даже не знали,

кого спасают: квакши — создания южные, теплолюбивые и в наших местах не живут.

После этой «героической» акции взоры активистов фронта обратились на биофак МГУ. Во время майских праздников злоумышленники разгромили виварий на кафедре высшей нервной деятельности, взломали дверь, клетки разбили топорами и украли 110 белых крыс и 5 кроликов. Через две недели попытка взлома повторилась, но «освободителей» задержала железная дверь, которую срочно пришлось устанавливать ученым на скудные университетские средства, а потом подоспела и охрана. В июне нападение было совершено на виварий кафедры физиологии животных, откуда взломщики вынесли 94 крысы. Они просто сложили их в мешок, при этом наверняка все грызуны задохнулись. Так что кого именно взломщики выпускали на волю, чтобы те «почувствовали запах свободы и увидели лучи восходящего солнца», неясно.

Ученые уверены, что все украденные крысы погибли. Очевидно, школьный курс биологии оказался «освободителям» не по зубам и они не знали, что альбиносы в природе практически не выживают, потому что в первую очередь становятся добычей хищников, к тому же при естественном освещении у них с большой вероятностью развиваются кожные и онкологические заболевания.

Но, допустим, лабораторные животные все-таки выживут на воле. Будет ли это означать торжество освободительной идеи? Ответ известен опять-таки из школьной программы: внедрение нового животного (например, той же крысы, принадлежащей к лабораторной линии) нарушит равновесие в экосистеме, «пришельцы» займут место природной популяции. Чем это может кончиться, нелегко предсказать и специалисту.

Мне, как выпускнице кафедры высшей нервной деятельности биофака МГУ, было особенно обидно, когда «освободители» ополчились на мою «малую альма матер». Самое печальное — они точно знали, где что находится и как туда попасть. Значит, информация им давал кто-то из своих: то ли озлобившийся сотрудник, то ли выгнанный за неуспеваемость студент. Однако верхом цинизма показалось мне следующее нападение на кафедру. 11 июня 2004 года неизвестные проникли через крышу отдельно стоящего здания вивария на балкон, где содержатся врановые (то есть серые вороны и вороны), при-

надлежащие лаборатории физиологии и генетики поведения.

Это не просто вороны, а умные вороны, благодаря которым мы узнали, что их интеллект не уступает интеллекту собак, а может быть, и человекообразных обезьян. Эксперименты, в которых они участвуют, безобидны и бескровны — это общение птиц с человеком, в котором мы познаем механизмы работы высоко развитого мозга. Высшие животные не работают из-под палки, их поведение не исчерпывается примитивными рефлексами, они охотнее сотрудничают с экспериментатором, когда им интересно. Они знают, что такое «больше — меньше», умеют считать до шести, могут оперировать многими отвлеченными понятиями. Правда, чтобы выяснить пределы их способностей, птиц надо долго обучать.

И вот на балкон ворвались «зоозащитники» и порушили вольеры. Птицы вовсе не спешили улетать — и не улетали, пока их не выгнали силком. «Освободители» дали этому факту следующее объяснение: «Неспособность птиц в этот раз покинуть клетки говорит о том, какие ужасы им приходится переживать в руках ученых-убийц. Они были настолько шокированы и травмированы физически, что не смогли вырваться на свободу, а те, которые смогли, не были способны скрыться подальше от лагеря смерти». На самом деле вороны не хотели покидать свою территорию, свое жилье. «Лагерь смерти» был для них домом, как квартира хозяина — для домашнего животного. В самые тяжелые времена, после развала Советского Союза, когда не всегда хватало средств на содержание животных в вивариях, «ученые-убийцы» приносили птицам корм из дома, и отнюдь не от избытка. Вороны даже свили здесь гнездо — специалисту понятно, что такое возможно лишь при очень заботливом содержании. А насчет «травмированных физически» птиц даже и говорить нечего, потому что к экспериментам эти травмы не имеют отношения. Люди каждый год подбирают изувеченных птиц и слетков, неудачно выпавших из гнезда, и отдают их в добрые руки. На воле они бы не выжили.

Вороны, в отличие от борцов за их права, все это прекрасно понимали и лишней раз подтвердили свою репутацию умнейших птиц. Все, кто сохранил способность к полету, вернулись в «тюрьму», но четыре нелетающие вороны, со сломанными или ампутированными крыльями, исчезли. Их несколько дней искали в универ-

ситетских дворах, двух, по счастью, нашли, а еще двух не успели: вероятно, их съели бродячие собаки. Все птицы, попавшие в руки «освободителей», были в страшном шоке, два дня ничего не ели, шарахались даже от собственной тени, словом, превратились в невротиков.

Выпустить в природу лабораторных животных — это все равно что бросить человеческих малышей без взрослых в дикой местности. Но и обретение свободы диким зверем можно сравнить разве что с «чудесным» спасением потерпевшего кораблекрушение мореплавателя, выброшенного на остров, где живут дикари с чуждыми ему языком и культурой. Радость его быстро оборачивается разочарованием и страхом. Если его не съедят или не принесут в жертву языческим идолам, то все равно он навсегда останется чужаком, изгоем, который никогда не впишется в социальную структуру. Зверька, выпущенного из клетки, дикие сородичи не принимают, да и он не воспринимает их как соплеменников. К этому добавляется сильный стресс, испытываемый животным при любой перемене обстановки. Животные быстро вырабатывают привычки и ритуалы, которые становятся существенным элементом их жизни, и с трудом меняют их — даже простое изменение времени кормления может вызвать сильную негативную эмоциональную реакцию.

Ну а как же тяга к свободе? Приписывать животным наше, человеческое стремление к воле — чистой воды антропоцентризм. Для них важна своя территория, которой вполне может стать и клетка, если она удобна и достаточно просторна. В зоопарках звери и птицы, самостоятельно выбравшиеся из вольеров на свободу, пользуются ею весьма своеобразно: обычно они не отходят далеко от своих «застенков» и не пытаются убежать, разве что наведываются в гости к соседям. Не так давно из вольера в Московском зоопарке улетело пять ценных журавлей, и все они, полетав над городом, вернулись. Только один отсутствовал несколько дней —

видно, не сразу смог найти дорогу домой.

Многие читатели, вероятно, уже вспомнили эпизод из книги Джеральда Даррелла «Под пологом пьяного леса». Из-за военного переворота в Парагвае звероловы вынуждены были отпустить большинство животных на волю, поскольку не могли их вывезти. Звери и птицы даже не подумали разбежаться. Много дней они бродили по лагерю, пытаясь вернуться в «тюрьму»; попугаи проделали отверстие в сетке своей клетки, залезли внутрь и расселись на жердочках. Даже голод не мог заставить «освобожденных» уйти...

Без зоопарков, в которых люди бережно сохраняют и разводят редких животных, многие из них просто бы исчезли с лица земли. Один из самых известных случаев — олень Давида. Этих оленей осталось очень мало в Китае, их исконном местообитании, и они жили в парке при императорском дворце. Позднее все животные погибли во время пожара, но, по счастью, небольшое их стадо сохранилось в частном заповеднике в Англии, и оттуда они были снова завезены на родину. Сейчас многие зоопарки участвуют в работе по сохранению диких животных. Джеральд Даррелл создал зоопарк на острове Джерси именно с этой целью, как и свой Фонд охраны дикой природы. Для некоторых видов животных подобиные зоопарки и хорошо охраняемые резервации — единственная надежда выжить. Естественные ареалы их сокращаются из-за деятельности человека. Во многих странах браконьеры чувствуют себя весьма вольготно, а локальные войны тяжело отражаются не только на человеческом населении, но и на животных. Так, в центре Африки местности, где обитали горные гориллы, заполонили беженцы, и обезьян вытеснили из их родного дома. Вообще, все человекообразные обезьяны давно находятся под угрозой, и единственный способ их сохранить — создавать большие популяции в зоопарках и специальных центрах.



Кстати, если «освободители» захотели бы выпустить большую панду из специальной резервации, где в огромных вольерах китайцы бережно выращивают этих забавных бамбуковых мишек, то они могли бы заплатить жизнью. За убийство панды злоумышленнику, по китайским законам, грозит смерть.

Возвращение диких животных в природу — задача непростая. Особенно это касается тех зверей и птиц, которые выросли в неволе или долго жили рядом с человеком. Даже когда за дело берутся специалисты, это не всегда получается. Шведский зоолог Ян Линдبلاد попытался вернуть в естественную среду обитания орла-беркута по имени Педро, который много лет провел в клетке и хотя не стал ручным, но людей не боялся и привык получать от них корм. Педро научился охотиться самостоятельно, однако пытался добывать пищу у человеческого жилища, ловить кошек. Как-то раз он напал на двух мальчиков на велосипеде. Хорошо еще, что старший, одиннадцатилетний парнишка не растерялся и сумел схватить орла. После этого было решено, что орел до конца жизни останется за решеткой, но, увы, во время киносъемки он улетел, и вскоре его застрелили.

Полуприрученные дикие звери теряют страх перед человеком и, значит, с одной стороны, легко становятся

ся добычей охотников, а с другой — представляют угрозу. Поэтому животных подолгу готовят к возвращению в природную дикость, применяя особые методы. Например, профессор Валентин Пажетнов, выращивая в Центральном лесном заповеднике медвежат-сирот, заботится о том, чтобы они не знали, что их приемные родители — люди. Первый воспитанный им и выпущенный в лес медвежонок был недостаточно дик и приходил к людям, которые по доброте душевной его подкармливали. Кончилось это плохо: медведь устроил погром в деревне и Пажетнову пришлось его застрелить самому (пули с успокаивающими препаратами в то время было практически невозможно раздобыть). С тех пор сам ученый и его ассистенты при работе с медведями ходят в балахонах с капюшонами, совершенно скрывающими очертания человеческой фигуры, и зверей категорически запрещено ласкать и гладить, чтобы они не привыкали к человеческим рукам.

Грузинский ученый Ясон Бадридзе, более двух десятков лет изучавший волков и занимавшийся их реинтродукцией (то есть возвращением в исконные места обитания), подошел к этой проблеме по-другому. Воспитанные им волки четко различают «хороших» людей, к которым относится Бадридзе и его помощники, и всех остальных, приближаться к которым

запрещено. Методом отрицательных условных рефлексов он выработал у зверей, которых готовили к возвращению в родные горы, запрет подходить к человеку и охотиться на домашний скот. Звери, воспитанные человеком, передали эти запреты детям и внукам. Выпущенные на свободу волки и их потомки ни разу не побеспокоили пастухов и не попали под выстрелы охотников. Исследуя биологию и поведение волков в вольерах (опять-таки за решеткой!), Бадридзе открыл множество на первый взгляд незначительных факторов, которые могут повлиять на успех возвращения зверей в природу. Так, например, если выросший в неволе молодой волк не делает запасов пищи, то на воле он поставит под угрозу выживание семьи: когда волки выра-

шивают потомство, каждый кусок мяса на счету. В природе волки долго учат своих детенышей премудростям охоты и социальной жизни, поэтому величайший грех совершают люди, которые выпускают на волю волков, воспитанных в доме.

Мне рассказывали об одном таком случае: после смерти мужа вдова, поддавшись на уговоры друзей, утверждавших, «что дикий зверь должен жить на воле», выгнала из дома ручного волка. Бедный зверь, который ощущал себя если не собакой, то кем-то к ней близким, бродил в окрестностях дачного поселка, голодный, отощавший и потерянный. Его история, в отличие от тысяч других, закончилась хорошо: ручного волка приютил сторож, хорошо его знавший; с тех пор волк живет с новым хозяином и, наверное, счастлив.

Даже подготовленные животные не всегда привыкают к жизни на воле. В свое время был популярен сериал «Освободите Вилли», о дружбе мальчика и котатки; он заканчивался тем, что наперекор злым людям Вилли обрел свободу. Главную роль в фильме играл кит Кейко, десятиметровый гигант. После выхода фильма защитники животных потребовали, чтобы актер, как и его герой, был выпущен в просторы океана, и несколько лет добровольцы готовили его к жизни на свободе. Однако через шесть недель после того, как его выпустили из вольера в Ирландии, Кейко объявился у берегов Норвегии, в фиорде Скалвик, где с огромным удовольствием стал общаться с людьми; он плавал рядом с ними, позволяя гладить себя и даже взбираться к себе на спину. Кейко научили выживать в океане и добывать себе пищу, но не смогли дать ему семью, а ведь котатки — социальные животные, и у них очень крепки семейные связи. Семейей Кейко давно стали люди, вот он к ним и вернулся.

Вообще, художественные фильмы о животных часто снимают непрофессионально с биологической точки зрения; очевидно, их создатели экономят деньги на ученых-консультантах. Недавно по телевидению шла итальянская комедия «Шоковая терапия». Сюжет ее таков: защитники животных — работники заповедника похищают актрису, рекламирующую меха, а в качестве выкупа за нее требуют закрытия меховой фабрики. Актриса перековывается и становится яркой активисткой движения, фабрику закрывают, а всех пушных зверей, независимо от их вида и образа жизни, выпускают в заповедник. Самый ужасный

 ChemBridge Corporation

## ПРИГЛАШАЕТ НА ПОСТОЯННУЮ РАБОТУ

- руководителя R&D группы;
- химиков, специалистов в области органического синтеза;
- хроматографистов;
- программистов.

Оклад: 12 000 – 32 000 рублей.

Адрес: г. Москва, М. Пироговская, д. 1

Присылайте резюме по адресу:

[vacancy@chembridge.ru](mailto:vacancy@chembridge.ru)

Справки по телефону:

(095) 775-06-54, доб. 10-95

[www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru)



ляп авторы допустили в конце: крошечного котенка леопарда, по виду двухмесячного, привозят в Африку и выпускают в саванну. Вот уж поистине садизм! Не так давно я видела документальный фильм об осиротевшей юной самочке леопарда по имени Джем, которую с самого раннего возраста воспитывала живущая в Африке супружеская пара. Даже когда Дjemu подросла настолько, что по размерам ее можно было принять за взрослого леопарда, они все еще ее опекали, как это делала бы родная мать: учили выбирать добычу, спасали от разъяренного жеребца зебры, утешали после неудач на охоте, не давали в обиду сородичам...

Возвращение животных в родную среду требует от энтузиастов напряжения сил и немалых материальных затрат. Намного проще сломать решетки и бросить живые создания на верную гибель, называя это «спасением»! Плохо то, что в глазах общественного мнения активисты Фронта освобождения животных могут дискредитировать саму идею.

Есть международные организации, которые занимаются изучением исчезающих видов и помогают сохранять их популяции, есть фонды, выделяющие на это средства. Есть люди, внесшие огромный вклад в дело сохранения живой природы. Это просветители, такие, как зоологи Дэвид Аттенборо и Николай Дроздов. Это исследователи, которые параллельно с научной работой занимаются охраной природы. Если долго изучать какое-нибудь животное, то нельзя не проникнуться к нему любовью, и недаром знаменитая Джейн Гудолл, прославившаяся исследованием шимпанзе в естественных условиях, и Роджер Футс, учивший человекообразных обезьян говорить на языке жестов, возглавили всемирную кампанию по спасению высших приматов. Наш ученый Никита Овсянников много сезонов провел в высоких широтах рядом с белыми медведями и не только проникся к ним глубочайшим уважением, но и делает все, чтобы их популяция сохранялась и развивалась. Он разработал рекомендации, как вести себя при встрече с этим зверем, и надеется, что полярники больше не будут стрелять ради «самозащиты», потому что конфликты человека и белого медведя возникают в основном по вине человека, его неправильного поведения.

Люди, посвятившие себя изучению животных и их защите, порой рискуют жизнью. Так, разбился насмерть старший сын основателя и директо-



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

ра Франкфуртского зоопарка известного ученого Бернгарда Гржимека Михаэль — когда он проводил учет животных на равнинах Африки, его самолет столкнулся с грифом и потерпел катастрофу. Чудом остался в живых Йэн Дуглас-Гамилтон, благодаря которому мы столько нового узнали о слонах — в заповеднике Цаво его буквально затоптал носорог на глазах у матери, приехавшей его навестить из Англии. Сейчас, в свои позитивные годы, он вместе с дочерью активно занимается спасением слонов и других крупных животных Африки. Браконьеры убили исследовательницу диких горилл Диану Фоссе, от их рук погибли Джой Адамсон и Джордж Адамсон. Это все известные имена, а сколько, в том числе и у нас, погибло егерьей и охранников заповедников, о которых горевали только их близкие! Но одного человека я хочу все-таки назвать — Лев Георгиевич Капланов, директор Лазовского заповедника на Дальнем Востоке, в 1943 году был убит браконьерами; теперь заповедник носит его имя.

У активистов Фронта освобождения животных и близкого к нему Фронта освобождения земли тоже есть свои мученики и герои, которые сидят по тюрьмам в разных странах мира. Их фамилии я не буду называть — по принципу «Забыть Геростата!». Как и у древнего злодея, поджоги — их любимое занятие, да и задачи похожие. Они поджигают все, что, как им кажется, вредит природе: автомобили (особенное пристрастие они питают к внедорожникам, которые, по их мнению, более вредны), бойни, университетские лаборатории, меховые фермы и продуктовые склады. В США они сожгли лыжный курорт, потому что «из-за него сократился ареал обитания рысей». И хотя девизом Фронта является непричинение физического вреда ничему и никому живому, будь то животное, человек или иная форма жизни (инопланетяне, наверное?), на деле почему-то получается по-другому. Один из героев Фронта освобождения земли, отбывающий несколько многолетних сро-

ков за взрывы опор электропередач у атомных электростанций, подозревается в убийстве тюремного охранника. Большинство активистов сидит за поджоги, телефонный терроризм, кражи со взломом и тому подобные преступления.

Странные люди? Но раз они в тюрьмах, а не в психушках, значит, они дееспособны и вменяемы. И похоже, что животные их интересуют мало, несмотря на громкие декларации, им важен метод, а не цель. Как, впрочем, и отечественным их последователям.

Наши активисты Фронта освобождения животных кажутся мелюзгой по сравнению с западными, но и задачи, стоящие перед ними, не так сложны. Разве есть деньги на достойную охрану у научных учреждений и зоопарков? Совсем недавно какой-то посетитель вдруг залез за ограду вольера, где содержатся американские ошейниковые пекари, и выхватил оттуда новорожденную малышку. Поросенка у него забрали не сторожа, а возмущенные посетители. В свое оправдание молодой человек сказал, что хотел выпустить свинку на свободу...

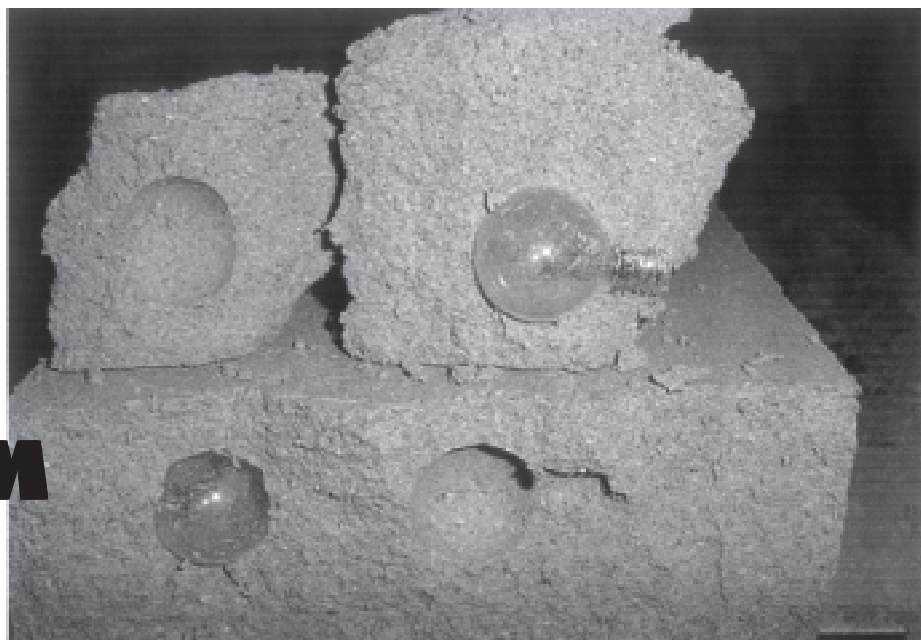
Милиция не желает связываться с такими «мелкими» правонарушениями: «Что у вас пропало? Четыре вороньки? А может, они сами улетели? А сколько они стоят?» Но любая кража есть кража, и правоохранительные органы обязаны действовать. Что, если в следующий раз «освободители» выпустят из клеток тигров или чумных крыс? Активисты Фронта охотно идут на контакт с журналистами, правда тщательно скрывая лица, но при желании их можно вычислить и найти — однако никто не ищет. Не дорого ли обойдется обществу такая терпимость?

...Последнее сообщение о деятельности Фронта: в тихой, мирной и законопослушной Швеции совершен поджог на звероферме, полностью сгорело два здания, приблизительный ущерб — 4–5 миллионов крон.



С.Алексеев

# ЖИВОЙ ЧЕРВЯК В ТЕКУЧЕМ КЛИНЕ



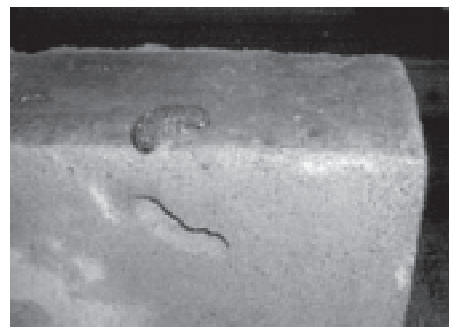
На фотографиях, которые получили японские инженеры, видны электролампочка и живой червяк, впрессованные в твердый строительный блок. Казалось бы, и лампочка должна была бы разбиться, и червяк сплющиться, а не нет. Дело в том, что при этом было применено явление текучего, предельно плотного клина, которое открыл лет тридцать назад московский инженер Н.Е.Королев. Ныне ему, вместе со своими коллегами, удалось воплотить это открытие в принципиально новую технологию, названную СПРИТ (самоуплотнение порошков в результате индуцированного течения), и промышленное оборудование для изготовления изделий и сооружений из всевозможных порошкообразных материалов. Суть явления в том, что во всем объеме текучего клина сыпучее вещество, например песок, начинает себя вести подобно жидкости. Эта среда несжимаема, подчиняется закону Паскаля, и поэтому любой помещенный в нее объект деформироваться не будет — хрупкая лампочка не разобьется, а червячок не раздавится. Чтобы разобраться с явлением, можно провести два нехитрых эксперимента.

Вот первый: надавим на песок, насыпанный в глубокий ящик, доньшком стакана; песчинки отнюдь не разбегутся в стороны, а уплотнятся. Если попытаться аккуратно разрезать песочный «пирог», то можно обнаружить, что

область уплотнения под круглым доньшком стакана имеет форму клина. Значит, песчинки как-то самоорганизовались в более упорядоченную, чем ранее, структуру. Согласно правилам синергетики, если через способную к самоорганизации среду постоянно пропускать вещество и энергию, можно получить стационарный неравновесный процесс, а упорядоченную структуру выводить во внешнюю среду.

Во время второго эксперимента будем качать то же доньшко над краем ящика так, чтобы оно в нижнем положении только касалось открытой поверхности, а когда доньшко находится в верхней точке, станем подсыпать песок. Опускаясь в нижнее положение, доньшко будет постоянно вминать песок в поверхностный слой, и там начнет расти клин плотного материала. Достигнув некоей критической величины, он будет выдавливать песок от себя в сторону незаполненной части ящика. Если песок насыпать слоями, чередуя песчинки разного цвета, то нетрудно заметить, что движение материала в этой системе довольно сложно и действительно напоминает течение жидкого вещества. Главное условие образования текучего клина — возможность вытеснения излишков в окружающую среду.

После того как текучий клин возник, остается только, перемещая штамп (доньшко стакана) вдоль ящика, уплотнить аналогичным образом мате-

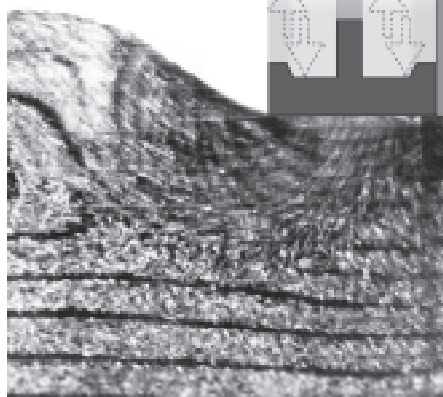


риал во всем ящике. Поскольку штампу не надо уплотнять большой объем песка, достаточно втоптать тоненький слой, расход энергии падает на порядки, а качество получается значительно лучше, чем при обычной трамбовке. Например, бетонные аэродромные плиты, сделанные по этой техно-

логии, выдерживают в четыре раза больше циклов «замораживание–размораживание», чем обычные.

«Дело в том, что здесь мы используем принципы работы открытых систем, то есть таких, которые способны обмениваться энергией и веществом с окружающей средой, — рассказывает Н.Е.Королев. — Единственная широко известная открытая неравновесная система, похожая на нашу, — лазер. При самом грубом описании, это некая трубка, в которую поступает свет от некогерентного источника, а выходит из нее узконаправленный когерентный световой поток; при этом выделяется некоторое количество тепла. По своей принципиальной схеме лазер — система из активных атомов, поглощающих и испускающих свет определенной частоты, которая заключена между двумя зеркалами. Одно из них — полупрозрачно, поэтому часть образовавшегося в резонаторе излучения может выходить наружу. Накачка в лазере вызывает инверсию населенных энергетических уровней».

Для создания текучего клина используется система из подвижных частиц порошка, которая заключена между



двумя стенками в открытом объемном резонаторе — ящике. Одна из стенок непреодолима, а другая, образованная свободно насыпанным в ящик рыхлым порошком, преодолима, но может оказывать достаточное сопротивление для образования между стенками материала нужной плотности. Когда плотность нижних слоев сравняется с плотностью верхних, непрерывно подкачиваемых слоев, произойдет «инверсия уровней» и образуется стационарная (стоячая) волна. Поддерживая ее, то есть непрерывно досыпая порошок, упорядоченную струк-

туру выводят в сторону, противоположную волне, или перемещают накачивающее устройство вслед за волной, не опережая ее. Стоячая волна отодвигает преодолимую преграду, а преградой в дальнейшем служит масса самой волны. По сравнению с любыми другими источниками света лазерное излучение обладает когерентностью и высокой направленностью. Получить такой свет с помощью традиционных линзовых систем и устройств невозможно. Точно так же любыми другими способами структурирования порошков — прессованием, трамбованием, укаткой, вибропрессованием — нельзя получить такую же упорядоченную и однородную по всему объему структуру, как с помощью текучего клина.



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ



# LG Chem

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:

- ◆ Органическая химия
- ◆ Неорганическая химия
- ◆ Катализ
- ◆ Химия высокомолекулярных соединений
- ◆ Биохимия
- ◆ Микробиология, новые медицинские препараты
- ◆ Оптика, фотофизика
- ◆ Полупроводниковые материалы
- ◆ Жидкие кристаллы
- ◆ Фотолитография
- ◆ Тонкие пленки, технологии нанесения различных покрытий
- ◆ Литиевые источники тока
- ◆ Топливные элементы
- ◆ Наноматериалы
- ◆ Порошковые материалы

#### 2. Хороший уровень английского.

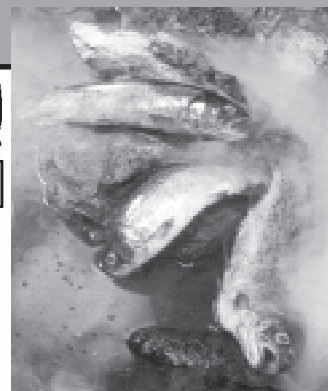
#### 3. Возможность выезда в Корею для работы по контракту не менее чем на один год.

### 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

LG Chem



## ОРНИТОЛОГИЯ

### В год петуха надо помочь совам

*По китайскому календарю 2005 год — год петуха. А в нашей стране главная птица наступившего года — сова. Так решил Союз охраны птиц России, поскольку сова, оказывается, нуждается во внимании и защите (sopr@dront.ru).*



Героем акции «Птица года», ежегодно проводимой Союзом охраны птиц России, на этот раз будет сова. Точнее, все 17 видов отряда совообразных, обитающих на территории нашей страны. Эти акции проводятся с 1996 года, чтобы привлечь внимание жителей нашей страны к проблемам птиц и мест их обитания. При этом каждый год посвящен изучению и охране одного из тех видов птиц, которые считаются символами природы России.

Почему в этом году решили сосредоточиться на совах? Ведь, казалось бы, немного можно найти птиц, которые пользовались бы такой же известностью (чего стоит одна только задумчивая Сова из сказки про Винни-Пуха). Но лишь немногим счастливицам удавалось увидеть живых сов на воле. Еще меньше найдется таких, которые знакомы с жизнью и повадками этих птиц и могут рассказать о них что-нибудь, кроме небылиц и напраслин. Между тем совы заслуживают гораздо большего к себе внимания: они не только интересны для биологов, но и играют важную роль в природе и жизни человека (например, истребляют грызунов).

В последние год-два, однако, совы привлекают внимание, которого с удовольствием избежали бы: поклонники сказочного мальчика-волшебника Гарри Поттера мечтают о домашней сове (напомним, что в книгах Джоан Роулинг совы — это своеобразный гибрид попугайчика и голубя, они живут в клетках и время от

времени приносят хозяевам почту). И вот в России вспыхнула мода на содержание сов в неволе, и вдобавок резко повысился спрос на их чучела (и то и другое противозаконно). В Союзе охраны птиц надеются победить и эту напасть...

Как защитники пернатых собираются это делать? Они познакомят жителей России со многими видами сов, живущих на территории страны, расскажут о том, что им угрожает, — выпустят серию наклеек, календарей, плакатов, посвященных совам и их охране, — все это вместе называется «агитационно-пропагандистская работа». Кроме того, защитники птиц будут собирать сведения о численности и местах обитания совообразных, а также организуют охрану мест, где живут совы, устроят искусственные гнездовья и т. д. В Союзе охраны птиц надеются, что во всех этих мероприятиях специалистам будут помогать обычные любители пернатых — педагоги, работники культуры, лесники и охотники, школьники и студенты.

## РЕСУРСЫ

### Диалектика лежалых хвостов

*Горы пустой породы, которые остаются после обогащения медно-никелевых руд, они же «хвосты», с годами становятся все более безопасными для окружающей среды и все более бесполезными для цветной металлургии. К такому выводу пришли российские геохимики под руководством академика РАН В.А. Чантурия, исследовавшие содержание разных форм никеля в хвостохранилищах различного возраста.*

Хвостохранилища прошлых лет можно рассматривать как техногенные месторождения. Однако, в отличие от естественных, они имеют срок годности. Это относится в первую очередь к сульфидным минералам, которые даже в условиях Заполярья окисляются и переходят в водорастворимые сульфаты. Растворы сульфатов стекают в почву, попадают в грунтовую воду и реки. При этом соли никеля не только все загрязняют, но и в буквальном смысле утекают от металлургов, что обидно. Однако в хвостохранилищах происходят и другие процессы: кислые соли никеля весьма активно взаимодействуют с химически активными

силикатными минералами серпентинами. В результате никель переходит в силикатную форму, оседает и смешивается с другими серпентинами. Извлечь его из этой смеси невозможно ни механическим путем, ни химическим без полного разложения силикатов, поэтому его также можно считать безвозвратно потерянным. Зато этот никель без участия органических веществ не может перейти в водорастворимую форму и не представляет экологической опасности. Вопрос в том, как соотносятся эти процессы в реальных хвостах.

Ученые обследовали два хвостохранилища: выведенное из эксплуатации в 70-е годы и используемое в настоящее время. В обоих хвостохранилищах присутствовали как потенциально растворимые сульфидные, так и силикатные формы никеля. Однако если в действующем хвостохранилище содержание силикатного никеля составляет в среднем 10% от общего, то в лежалых тридцатилетних хвостах — уже 40%. Хотя в условиях Заполярья никель переходит в силикатную форму достаточно медленно, в мелких частицах этот процесс идет гораздо быстрее. Как оказалось, в старых хвостах большая часть никеля содержится именно в мелких, пылевидных частицах. Чем частицы мельче и чем больше в них химически активных серпентинов и гидрохлоритов, тем больше вероятность перехода никеля в силикатную форму.

Итак, экономическая ценность хвостов падает с каждым годом. Конечно, потенциальная экологическая опасность хвостов становится меньше, к этому времени с них успевают стечь достаточное количество никелевых солей. По-видимому, в цветной металлургии, как и во всяком другом деле, хвосты лучше не копить.

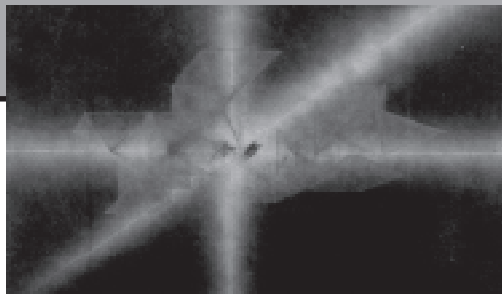
## ТЕХНОЛОГИИ

### Ледовый скальпель для взрывчатки

*Своеобразный ледовый скальпель предлагают использовать подмосковные ученые, чтобы доставать взрывчатку из устаревших боепри-*



пасов. Информацию о своей разработке авторы разместили в базе данных перспективных исследований Интернет-портала Международного научно-технического центра ([brenner@gmk.tsu.tula.ru](mailto:brenner@gmk.tsu.tula.ru)).



Как вскрыть банку, если в ней не консервы, а взрывчатка? Снаряд или еще что-то не менее опасное, скажем, отслуживший атомный реактор? Разрезать металл можно, конечно, механически, только это рискованно. Пламя горелки или лазерный луч тем более не годятся. А вот струя воды, выпущенная под высоким давлением и дополнительно насыщенная потоком замороженных капелек, подойдет. В этом уверены ученые из Тульского государственного университета. Именно так они предлагают утилизировать морально и физически устаревшие боеприпасы — разрезать их оболочку и вымывать оттуда взрывчатку. По их мнению, это самый безопасный, в том числе и с экологической точки зрения, способ отделить металл от нитросоединений.

Разумеется, сделать такую установку нелегко. Одно неверное движение, удар, вибрация — и взрыв неизбежен. Струя нужна достаточно сильная, чтобы разрезать металл и затем вымыть из оболочки содержимое, не спровоцировав взрыв. Кроме того, оборудование должно работать дистанционно, но при этом быстро и экономично, затрачивая минимум времени и энергии, и не загрязняя окружающую среду.

Поэтому в первую очередь, с точки зрения авторов, необходимо провести этап теоретических исследований. Сначала проанализировать физические процессы, происходящие, скажем, в снаряде, когда на него направят струю воды под высоким давлением, выяснить, как откликнется на это воздействие взрывчатка. Если же использовать поток летящих на огромной скорости ледяных гранул, то нужно еще создать модель их образования. Разобраться, как преобразовать поток сжатого воздуха, жидкости и охлаждающего вещества в струю мчащихся льдинок. Вычислить, как такой абразив будет взаимодействовать с взрывчатым веществом, а уже потом переходить к экспериментам и создавать собственную установку.

Вообще-то известно, что в струю воды можно добавлять абразив — мельчайшие кусочки твердого материала. Тогда, образно говоря, ударная сила струи будет куда больше. Такую экспериментальную установку ученые уже разработали и опробовали на Скуратовском машиностроительном заводе. Струей жидкости с абразивным порошком (пока не со льдинками) они легко перерезают лист алюминиевого

сплава толщиной около 3 мм и стальной уголок толщиной 6 мм. Причем довольно быстро — в зависимости от объекта со скоростью от 0,5 до 3,2 мм/с.

Но эта установка — скорее демонстрация возможностей метода, чем окончательный результат. Авторы уверены, что в дальнейшем они смогут создать и малогабаритные мобильные установки. Струя из такой установки даст на поверхности объекта давление в десятки тысяч атмосфер.

Ученые попробовали вымывать из боеприпасов различные виды взрывчатки через отверстие взрывателя. Параметры потока, выбранные на основании математических расчетов, позволили сделать это эффективно и аккуратно. Потом кусочки взрывчатого вещества можно просто отфильтровать, а чистую воду использовать вновь.

«Идеальная» установка пока не создана. Предстоит еще решить не одну теоретическую и практическую задачу. Однако опыт, накопленный коллективом ученых под руководством профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Владимира Бреннера, подсказывает, что решить эти задачи ученым под силу.

## физиология Трансплантация по правилам

*Пересадка тканей или органов нередко осложняется воспалением и отторжением трансплантата. Согласно гипотезе академика РАН Л.А.Пирузяна, для успеха трансплантации необходима метаболическая совместимость донора и реципиента. Только при метаболическом равенстве пар «донор — реципиент» можно рассчитывать на успех. Недавно специалисты НИИ трансплантологии и искусственных органов МЗ РФ и Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН впервые экспериментально подтвердили важность подбора пар «донор — реципиент» по метаболическим критериям.*

Говоря о метаболическом равенстве, исследователи подразумевают прежде всего активность системы ферментов, которая преобразует и обезвреживает ядовитые вещества. Каждый из этих

ферментов может существовать во многих формах, определяемых генетически, причем активность их различается у разных представителей одного вида, иногда более чем в десять раз. Чтобы определить метаболический статус пациента или подопытного животного, ученые оценивают не только работу отдельных ферментов, но и эффективность всей системы в целом по скорости превращения ароматических соединений, из которых в организме образуются самые токсичные, мутагенные и канцерогенные вещества.

Экспериментально проверить подобную гипотезу возможно лишь на животных. Исследования провели на половозрелых самцах мышей разных линий, отличающихся по метаболическим характеристикам. Животным разных линий перекрестно пересаживали на спину полнослойный кожный лоскут размером 1,0×0,5 см. Через 1, 7, 14 и 21 день после пересадки у мышей забирали для гистологических исследований кусочки трансплантата вместе с окружающими тканями реципиента.

Оказалось, что пересадка лоскутов кожи протекает более успешно, если донор и реципиент имеют близкие значения суммарной метаболической активности. Чем больше различия, тем активнее отторгается трансплантат и сильнее воспаление, тем дольше не заживает рана на мышечной спине. Если необходимо, чтобы в заживлении раны участвовал пересаженный кожный лоскут, то донор должен обладать меньшим уровнем метаболическо-



го статуса, чем реципиент. Если же важнее стимулировать восстановление собственных тканей пациента, то следует выбирать донора с более высоким уровнем метаболизма, чем у реципиента.

Полное совпадение скоростей метаболизма у двух людей, даже родственников, маловероятно, но существуют лекарства, которые могут активировать или подавлять активность разных ферментов. В современных российских клиниках отбирать пары и корректировать уровень их метаболизма очень сложно, но такая работа, судя по экспериментальным результатам московских ученых, имела бы огромное значение для пересадки органов и тканей человека.



## ТЕХНОЛОГИИ

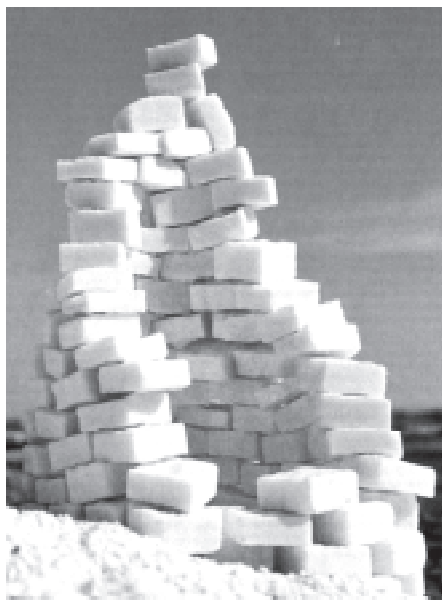
### Умная капсула для инсулина

*Давать больным инсулин в таблетках вместо инъекций предложили ученые Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Они разработали полимерную капсулу, которая защищает инсулин от разрушительного действия желудочного сока. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства промышленности, науки и технологий России в рамках международного научного сотрудничества (nilar@enzyme.chem.msu.ru).*

С появлением инсулина сахарный диабет перестал быть приговором для больных. Но чтобы держать под контролем уровень сахара в крови, диабетикам приходится регулярно, до нескольких раз в день, делать инъекции. Конечно, таблетки значительно упростили бы им жизнь. Но тот факт, что инсулин быстро разрушается в кислой среде желудка, если не исключается, то сильно затрудняет создание инсулина в таблетках. Ученые химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова нашли способ защитить инсулин от желудочного сока, сохранив при этом его свойства.

Российские химики предложили использовать многослойные полимерные капсулы. В кислой среде они устойчивы и остаются целыми, а в нейтральной среде постепенно высвобождают инсулин.

Для создания такой капсулы ученые использовали два полимера — положительно заряженный протамин и отрицательно заряженный декстрансульфат. Они последовательно наслаивались друг на друга по принципу «плюс к минусу», образуя многослойную оболочку вокруг инсулиновой начинки, которая составляет до 85% всей микрочастицы.



Инсулин в защитной капсуле стабилен при pH от 1,7 до 5, а при более высоких pH он высвобождается. Увеличение pH до 8 приводит к ускоренному выделению белка. Причина в том, что при pH выше 5,5 инсулин приобретает отрицательный заряд и его связь с отрицательно заряженным полимером первого слоя — декстрансульфатом — разрушается.

Такая pH-зависимость защитных полимерных капсул делает возможным создание инсулина в таблетках. В желудке, где среда очень кислая, капсулы будут защищать молекулу инсулина и не дадут ее разрушить. Пройдя через желудок и достигнув тонкой и подвздошной кишки, где pH достигает 6–8 единиц, капсулы начнут интенсивно выделять инсулин. В тонком кишечнике инсулин может проникнуть в кровь. Получается, что капсула сама определит, где надо сохранить инсулин в закрытом виде, а где высвободить.

Вещества, используемые для создания капсул, относятся к природным биодegradуемым полимерам. Они легко разрушаются ферментами и выводятся из организма, не причиняя никакого вреда здоровью.

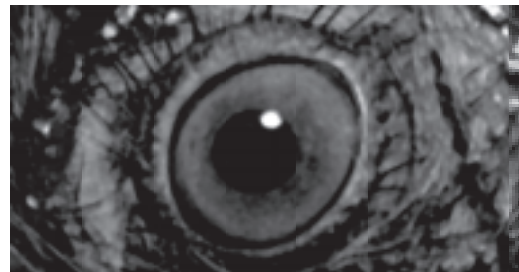
### КЛЕТочная биология Ремонт сетчатки стволовыми клетками

*Исследовательская группа из Московского НИИ глазных болезней им. Г. Гельмгольца МЗ РФ, Института биологии развития им. Н.К. Колцова РАН, Института биологии гена РАН и Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии РАМН предлагает лечить лазерный ожог сетчатки, пересаживая в глаз стволовые нервные клетки мозга человека. Трансплантаты в поврежденном глазу выживают, мигрируют в область повреждения и стимулируют восстановление сетчатки (aleksandrova@vigg.ru).*

До недавнего времени ученые считали, что сетчатка человека не способна регенерировать и восстанавливать структурную организацию в ответ на повреждение. Но оказалось, что это не так. Сетчатка регенерирует при участии стволовых клеток, которые обнаружили в глазах рыб, рептилий, птиц и млекопитающих, включая человека. Это открытие расширило возможности офтальмологов. Чтобы восстановить поврежденную сетчатку, можно либо активизировать соб-

ственные стволовые клетки пациента, либо пересадить донорские. Московские специалисты выяснили, способствуют ли восстановлению сетчатки донорские стволовые клетки головного мозга, которые теоретически могут давать начало нервным клеткам всех типов.

Клетки выделяли из мозга 9–12-недельных эмбрионов человека, полученных в результате медицинского аборта. Исследование проводили на кроликах, традиционном объекте офтальмологов. Сетчатку животных повреждали аргоновым лазером, вплоть до ожога третьей степени. В разные участки обожженного глаза вкалывали по 6 млн. культивированных стволовых клеток. Трансплантацию проводили под наркозом. Через разные промежутки времени глаза исследовали под микроскопом. Чтобы хорошо различать человеческие клетки, их перед инъекцией окрашивали. По мнению исследователей, нейральные стволовые клетки лучше всего вкалывать в тонкий слой ткани, лежащий непосредственно под сетчаткой. Такая трансплантация меньше травмирует глаз и обеспечивает свободное перемещение клеток в поврежденную зону.



Инъекцированные донорские клетки сохраняют жизнеспособность в течение 30 суток, причем без всякой иммуносупрессии (это очень ценное свойство). Они активно перемещаются в область ожога, располагаются в наружных и внутренних слоях поврежденной сетчатки и стимулируют заживление ожога. Сходным образом стволовые нейральные клетки ведут себя при пересадке в головной и спинной мозг крыс (эти эксперименты московские ученые осуществили несколько лет назад). В мозгу клетки сохраняют жизнеспособность от одного до трех месяцев, мигрируют в поврежденные участки на значительное расстояние от места введения и дифференцируются в разные типы нервных клеток. Их влияние заметно сказывается на обучении травмированных крыс.

Возможно, заместительная терапия с помощью донорских стволовых клеток в обозримом будущем станет рутинной хирургической процедурой. Пока же лечебные возможности стволовых клеток проверяют на лабораторных животных.



# IV ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

в апреле 2005 года в Москве  
на Химическом факультете МГУ



- ChemBridge Corporation
- Химический факультет МГУ
- Высший химический колледж РАН
- при информационной поддержке журнала "Химия и жизнь-XXI век"

**приглашают**  
**студентов старших курсов, аспирантов и**  
**молодых ученых принять участие в**  
**IV Всероссийской олимпиаде по органической химии,**  
**проводимой в рамках Международной**  
**конференции студентов и аспирантов**  
**по фундаментальным наукам "Ломоносов-2005".**

**Председатель:**

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

**Заместитель председателя:**

**А. В. Анисимов**, профессор, д. х. н.,  
заместитель декана Химического факультета  
МГУ им. М. В. Ломоносова

**Организационный комитет:**

**С. Е. Семёнов**,  
Высший химический колледж РАН  
**И. Г. Болесов**,  
МГУ им. М. В. Ломоносова  
**С. Е. Сосонюк**,  
МГУ им. М. В. Ломоносова  
**А. В. Куракин**,  
ChemBridge Corporation

**ПОБЕДИТЕЛЕЙ ОЖИДАЮТ ПРИЗЫ:**

- **ПЕРВЫЙ ПРИЗ – 10 000 рублей,**
- **ДВА ВТОРЫХ ПРИЗА – по 5 000 рублей,**
- **СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПРИЗ – 5 000 рублей лучшему из химиков,**  
**участвующих в Олимпиаде повторно.**

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

Международный симпозиум  
"Advances in Science for Drug Discovery"  
пройдет на теплоходе  
11-16 июля 2005 года.

Маршрут:  
Москва-Кижы-Валаам-С.Петербург.

Регистрационная форма и задачи для разминки опубликованы на сайте [www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru)  
и в журнале "Химия и жизнь – XXI век" (2005 г. № 1).

Первым пяти иногородним участникам, приславшим правильные решения разминочных  
задач, а также участникам олимпиады, вошедшим в десятку сильнейших,  
Фирма компенсирует проезд в Москву\*.

**МЫ ЖДЕМ ВАС!  
ПРИХОДИТЕ И ПОБЕЖДАЙТЕ!**

Регистрационные формы присылайте до 28 марта 2005 г.\*\*

Адрес: Москва, 119048, а/я 424

E-mail: [Olimpiada@ChemBridge.ru](mailto:Olimpiada@ChemBridge.ru)

Тел.: (095) 775-06-54 доб.12-19, 12-01

[www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru)

\*В обе стороны, исходя из стоимости плакартного билета.

\*\*Регистрация в день проведения олимпиады не гарантирует предоставления пакета участника олимпиады.

# Термометр для котлеты

*Мне подарили термометр для измерения температуры при готовке. Внешне это полоски картона, судя по описанию они меняют цвет при нагреве. Если это термокраски, то какие? Я хочу использовать их для демонстраций на уроках. Могу прислать редакции образец для исследования.*

**М**ногие пищевые отравления происходят из-за зараженности продуктов бактериями. И рыба, и мясо — для многих микроорганизмов прекрасная питательная среда, в которой при благоприятных условиях они могут размножаться с огромной скоростью. Единственный надежный способ обеззараживания пищевых продуктов — нагрев. Температурная обработка молока предусматривает либо пастеризацию в течение полчаса при 62–65°C, либо кратковременную (10–20 секунд) обработку при 71–74°C, при которой уничтожаются почти все микроорганизмы, либо стерилизацию при 115°C, при которой гибнут все патогенные микроорганизмы и их споры. Когда-то нередко были вспышки инфекционных заболеваний, вызванных потреблением зараженного молока (туберкулез, бруцеллез, дизентерия). Сейчас опасность представляет в основном хранение молочных продуктов сверх установленного срока — при этом возможно стафилококковое отравление. С потреблением зараженного мяса связаны различные глистные заболевания, или гельминтозы, и инфекционные болезни.

Перед употреблением многие продукты питания подвергаются тепловой обработке. Нагревание до



60–65°C за 5–15 минут полностью убивает возбудителей бруцеллеза и ящура. Однако при этом не только гибнут микроорганизмы, но и меняется состав продуктов. Уже при 60–70°C начинается денатурация белков и их частичный гидролиз до свободных аминокислот, что облегчает их усвоение. Не рекомендуется есть сырые куриные яйца (а утиные — категорически запрещено). Яйца нередко заражены сальмонеллами, которые вызывают тяжелые пищевые отравления. Если уж очень хочется гоголь-моголя, сырые куриные яйца надо прогреть примерно до 70°C (при этом они фактически остаются сырыми).

Раньше считали, что широко распространенная кишечная палочка (*Escherichia coli*) сравнительно безопасна. Ее клетки живут в кишечнике многих животных, не причиняя им вреда. Однако в 1982 году был открыт новый опасный штамм этой

# ШКОЛЬНЫЙ

# КЛУБ

*1  
Вверху:  
новые полоски  
(сверху и снизу).  
Ниже —  
термочувствительный  
датчик нагрет  
до начала плавления  
(вещество расплавилось  
не полностью).  
Внизу — полоска  
с удаленным полимерным  
покрытием*

палочки (*E. coli* 0157:H7), вызывающий кишечные кровотечения, понос, заболевания почек, а у детей и пожилых людей — серьезные осложнения, вплоть до смертельного исхода. Поэтому кулинарная обработка мяса, птицы, рыбы совершенно необходима.

Как же узнать, что гамбургер или куриные ножки прогрелись в духовке или микроволновой печи до нужной степени? Для этого существуют различные термометры, в том числе термопарные и биметаллические, но они довольно громоздки и относительно дороги.

В последние годы компания «William-Allen» начала выпускать дешевые одноразовые термометры — по 12 штук в упаковке. Термометр представляет собой небольшую картонную пластинку, на кончике которой находится маленький термочувствительный датчик — белый прямоугольничек размером примерно 6×4 мм. Этот конец надо





вставить в подогреваемый гамбургер, пиццу, курицу, бифштекс и т. п. на пять секунд и вынуть. Если датчик остался белым, нагрев следует продолжить, пока он не почернеет. Это происходит при определенной температуре, что указывает на бак-

2

*Термометр в действии*

териальную безопасность продукта. Если продукт достаточно жесткий, то в самую толстую его часть надо воткнуть нож, вынуть его и вставить в образовавшуюся щель «термометр».

Как сказано в описании, выпускаются полоски, изменяющие цвет при разной температуре, в зависимости от продукта: например, для рыбы это 140°F (60°C); для гамбургера, мясного фарша, свинины или яиц (в кастрюле с водой) — 160°F (71°C), для цыплячьих грудок — 170°F (77°C) и т. д.

Вскрытие пластинки (термочувствительная ее часть плотно покрыта безвредным пластиком) показало, что под прозрачной оболочкой находится белый порошок, а под ним — черный картон. Таким образом, это вовсе не жидкий кристалл и не термочувствительная краска, как могло показаться на первый взгляд. Все проще: при 71°C бе-

лый порошок быстро плавится — это хорошо видно в увеличительное стекло, в результате становится видна черная подложка. Единственная сложность — подобрать вещество, плавящееся при этой температуре; в аннотации указано, что оно безвредное: даже если пластиковое покрытие случайно повредится (а оно очень прочное), ничего страшного не произойдет.

В аннотации также говорится, что точность определения температуры — ±1°F (или примерно 0,6°C при температуре плавления). В справочнике можно найти почти полторы сотни (!) органических соединений, имеющих температуры плавления в интервале 70–72°C. Правда, перечень сузится, если исключить ядовитые и дорогие вещества. Среди оставшихся 147 соединений есть производные глюкозы и глицерина, которые, вероятно, удовлетворяют всем требованиям.

**È.À.Èääíñí**

## Вред и польза стандартов

**«Мне хотелось бы узнать ваше мнение о стандартах. С одной стороны, какая-то регламентация состава курсов необходима просто потому, что школьникам предстоит поступать в вузы. С другой стороны, существующие стандарты по многим предметам критикуются специалистами. Полезны или вредны стандарты в преподавании химии?»**

**В качестве «информации к размышлению» мы публикуем вот этот текст.**

Сейчас у нас в моде учебные планы и программы по естественно-научным дисциплинам, основанные на стандартах. Нет сомнений, что национальные стандарты по изучению естественных наук и стандарты каждого штата и сейчас, и в обозримом будущем будут играть важную роль в повышении качества преподавания. Однако и федеральные, и региональные стандарты — не панацея. В результате злоупотреблений или ошибок при их применении они могут привести прямо к противоположному результату по сравнению с тем, который предполагали разработчики и которого ждали те, кто эти стандарты внедрял.

Научные дисциплины должны преподаваться так, как это принято среди ученых. Это требует от нас бдительности и заботы о сохранении адекватного содержания стандартов. Проблемой, однако, становится также содержание программ и их педагогическое воплощение. В Калифорнии Управление по делам образования 10 марта 2004 года одобрило «Критерии оценки учебных материалов по естественным наукам», начиная с детского сада и кончая восьмым классом. Эти «Критерии» надлежит

использовать при рассмотрении учебников и учебных материалов. В документе говорится, что для одобрения представленных учебных материалов они должны содержать «список доказательств (в пособии для учителя), которые свидетельствуют о том, что учащиеся могут по этому учебнику изучить все темы, предполагаемые калифорнийским стандартом, причем на практические работы должно отводиться не менее 20–25% учебного плана. Практические работы должны быть последовательными, непротиворечивыми и способствовать всестороннему усвоению материала учащимися».

Это положение соответствует как данным научных разработок в области педагогики, так и интуитивному представлению ученых о том, что учащиеся лучше усваивают естественно-научные предметы, когда они сами делают выводы на основании практических, в том числе экспериментальных работ. Однако путь к процитированному положению не был простым. В черновом варианте этот абзац звучал так.

«Список доказательств (в пособии для учителя), свидетельствующих о том, что учащиеся могут по представленному учебнику изучить все темы, предполагаемые калифорнийским стандартом, причем практические работы должны составлять не более 20–25% учебного плана. Возможно включение дополнительных практических работ, но они не должны быть необходимыми для полного усвоения и их

следует обозначать как факультативные».

Поворот в пользу практических работ с исследовательским уклоном произошел не сам собой. Многие организации, например Ассоциация учителей естественных наук Калифорнии и Национальная академия наук, приложили значительные усилия, чтобы изменить критерии в пользу практической науки, и эти усилия увенчались успехом.

Калифорнийские «критерии» важны потому, что учебники, которые этим критериям не соответствуют, нельзя продавать в самом населенном штате США, с самым большим объемом продаж. Поэтому издателям пришлось бы срочно сменить учебники, так чтобы не более 25% всех заданий составляли практические задания, выходящие за рамки 25%, должны были обозначаться как факультативные, вряд ли нашлись бы такие издатели, которые допустили бы более 25% практических работ. И, как следствие, преподаватели и учащиеся в других штатах, вероятно, лишились бы выбора учебных планов, полностью основанных на практических работах, поскольку очень мало издателей решились бы издать нужные для этого учебники. Таким образом, критерии, одобренные в одном или двух крупных штатах, могут повлиять на выбор во всех остальных. Это означает, что все мы должны внимательно следить за тем, что происходит в Калифорнии и Техасе.

Сила стандартов тревожит нас и по другой причине. Если стандарты не изучаются и не обновляются регулярно, они могут стать препятствием для прогрессивных изменений в курсе. В другом разделе «критериев» от издателей требуют, чтобы «внеплановые уроки или темы, которые не связаны непосредственно со стандартами, были бы сведены к минимуму и в любом случае составляли менее 10% учебного времени». Химия, как и другие естественные науки, быстро изменяется; каждую неделю появляются новые интересные результаты, каждый год исследования в новых областях оформляются в новые разделы химии. И если учебники и учебные материалы жестко привязаны к стандартам и учебным планам, написанным несколько лет назад, то как же учащиеся узнают о новых замечательных достижениях? Если учителей будут оценивать по успешности выполнения тестов их учениками, то найдут ли учителя время, чтобы рассказать о новых идеях? Чтобы обеспечить пересмотр национальных стандартов, а при необходимости их обновление каждые несколько лет, потребуются столь значительные усилия, что инерция, присущая стандартам, сделает неизбежной еще одну реформу образования. Поэтому оптимальный стандарт должен быть достаточно гибким.

Дж. У. Мур, гл. редактор Journal of Chemical Education, 2004, т. 81, № 6 (JChemEd.chem.wisc.edu)  
Сокращенный перевод  
И.Леенсона

## Магнитом — по опилкам

Читатель принес в редакцию игрушку и спросил: «Как она действует?»

На бумаге частички порошка  
наподобие железных опилок  
сложилась в рисунок:

треугольник с построенными  
по его сторонам квадратами.

Ст.Лем. Человек с Марса

Казалось бы, все, что касается игрушек для маленьких детей, уже изобретено и ничего принципиально нового создать невозможно. Однако это не так. В продаже можно было встретить, например, такую конструкцию. В герметичной коробке под пластмассовым прозрачным экраном помещен тонкий алюминиевый порошок (алюминиевая пудра). При встряхивании экран элек-

тризуется, и на него налипает слой порошка. С помощью помещенного в коробку штифта и двухкоординатного механизма, управляемого двумя ручками, можно нарисовать довольно сложные фигуры, «процарапывая» слой алюминия, то есть удаляя порошок острием штифта. Чтобы стереть рисунок, достаточно встряхнуть коробку. Встряхивание коробки приводит игрушку в исходное состояние.

Недостаток такой конструкции очевиден: невозможно оторвать штифт от экрана, то есть прервать линию (поэтому буквы и цифры рисовать трудно), а также сложно



создавать кривые: каждая ручка по отдельности позволяет проводить линию либо вправо-влево, либо вверх-вниз.

Другой вариант еще проще. Твердый темный лист покрыт гибкой матовой полимерной пленкой. Если

с помощью заостренного «стила» провести на пленке черту, то она прилипнет к подложке и черта станет видна — останется темный след. Так можно «нарисовать» на пленке все, что угодно. Если же с помощью тонкого стержня, расположенного между пленкой и подложкой, отделить их друг от друга, все изображения исчезнут и можно начинать сначала.

И вот новая остроумная игрушка. Под прозрачным экраном — светло-серый порошок, сбоку в специальном углублении — «карандаш». Если тонким металлическим кончиком провести по экрану, слегка его касаясь, под ним останется черный след. Передвинув расположенную снизу рукоятку из одного крайнего положения в другое, можно стереть написанное или нарисованное и вернуть игрушку в исходное положение.

Как же она устроена? Не ломая изделие, легко установить, что в его основе — магнитное действие: внутри — тонкий железный порошок, а наконечник «карандаша» — магнетик. В исходном положении более тяжелый железный порошок «тонет», и его не видно под слоем чего-то белого. Когда же магнетик подносят к экрану, он вытягивает железные опилки на поверхность, и они оставляют темный след. Длительное сохранение рисунка доказывает, что железному порошку не просто снова «утонуть». Нижняя ручка прикреплена к намагниченному стержню, расположенному за экраном. Проводя этим магнитом вдоль экрана, мы перемещаем все опилки к задней стенке, так что передняя светлеет. Это же можно сделать иначе, просто сильно встряхнув коробку, когда она находится в горизонтальном положении: более тяжелые железные опилки осядут вниз. Если коробку перевернуть и снова потрясти, то опилки осядут на лицевую сторону, поэтому она почернеет.

Вскрыв герметичный экран, мы увидим следующее. Верхняя и нижняя (тоже прозрачная) поверхность разделена очень тонкими пластмассовыми перегородками, образующими сетку толщиной около 1 мм (ее можно заметить на фотографии). Эта сетка разделяет рабочее поле на множество мелких ячеек, и в каждой ячейке перемещается своя небольшая порция магнитно-

го порошка. Попасть из одной ячейки в другую он не может. Порошок смешан вовсе не с мелом или чем-то подобным, как могло показаться вначале; на самом деле он плавает в густой белой жидкости. За несколько часов в ней не было заметно следов испарения. По запаху она напоминает циклогексанон, который используют, в частности, для склеивания поливинилхлорида (так же пахнет и клей для этого полимера МЦ-1). Однако и клей, и тем более циклогексанон прекрасно горят, а жидкость из игрушки негорюча! Возможно, это взвесь типа бустилата, то есть бутадииен-стирольного латекса. Но если из бустилата выпарить воду, остаток сгорит полностью. Здесь же после испарения воды из нескольких капель жидкости и сгорания небольшой массы органического вещества остается негорючий белый порошок. Это может быть белый пигмент — диоксид титана,  $TiO_2$ , который применяют для изготовления белил.

А откуда запах? Здесь можно только строить предположения. Один из способов промышленного производства поливинилхлорида — эмульсионная полимеризация. По этому способу инициатор радикальной полимеризации (например,  $H_2O_2$ ) растворен в водной фазе, а полимеризация идет в мицеллах, образованных эмульгатором — каким-либо поверхностно-активным веществом. В результате получается латекс с размерами частиц полимера 0,03–0,5 мкм. Латекс сушат в распыленном виде, получая мелкий порошок полимера. Далее из него изготавливают различные продукты — пасты, вязкие коллоидные растворы в органических растворителях. Такие растворы, которые называются пластизолями, можно перерабатывать в самые разнообразные изделия. Например, методом окунания из него можно получить перчатки из электриков (поливинилхлорид — прекрасный изолятор),

изоляционный слой на ручках инструментов и подвесок для гальванических ванн, покрытия на стеклянных флаконах с аэрозольной упаковкой медикаментов (например, ингалятора). Заливкой пластизоля в формы изготавливают воздушные и масляные фильтры для автомобилей, обувь, уплотнительные прокладки для крышек банок и бутылок, используемых для пищевых продуктов. Напылением пластизоля можно получить защитное покрытие для днищ и сварных швов автомобилей, методом шпредирования — искусственную кожу и моющиеся обои (термин происходит от английского глагола to spread — распределять по поверхности, промазывать, в том числе и резиной, произнесенного на немецкий лад; по-немецки Spreadingmaschine — машина для прорезинивания тканей). Наконец, из пластизоля путем ротационного формования можно изготавливать различные изделия с осевой симметрией — мячи, детские игрушки и т. п. А самое интересное заключается в том, что в пластизоли часто вводят значительные количества (до 50% по массе) минеральных наполнителей — мел, каолин, аэросил (мелкодисперсный  $SiO_2$ ), бентонит,  $TiO_2$  и др. Значит, для изготовления нашей игрушки можно брать готовую композицию. Мела, однако, она точно не содержит, поскольку белый порошок не растворяется в соляной кислоте.

Очевидно, для полного раскрытия «секрета фирмы» требуется целое исследование, но можно считать, что в общих чертах этот секрет раскрыт: средой для железного порошка служит, по всей вероятности, производящийся промышленностью, а потому сравнительно недорогой поливинилхлоридный пластизол. Остается восхититься изобретательностью авторов игрушки.

В.А. Бабиниц



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

# ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ



При поддержке Российской академии наук, Российской Федерации и Правительства Москвы  
 Главным партнером является Государственный научный центр Российской Федерации «Институт проблем машиноведения»

Учредителем является Российский союз промышленников и предпринимателей  
 Организатором является Ассоциация «Высокие технологии XXI века»  
 Место проведения: Москва, ул. Ленинская Слобода, д. 10, стр. 1, МВЦ «Экспоцентр»

The 8th International Forum  
 High Technology of XXI

18-22 апреля  
 2005 г.  
 МОСКВА

www.vb21.ru

МВЦ «ЭКСПОЦЕНТР»

Международная выставка  
 Международная конференция  
 Бизнес-программа

VI Международный Форум

## ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

Головной офис: Москва, ул. Ленинская Слобода, д. 10, стр. 1, МВЦ «Экспоцентр»  
 Тел.: 800-901-66-31, 391-15-01 Факс: 800-901-66-41, 391-66-66 С-код: +7(495)-481-11-11

8-е  
**Coating**  
 EXHIBITION  
 CONFERENCE  
 BUSINESS

7-е Международное выставочное мероприятие

### ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Процессы изготовления, трайбологические исследования, оборудование, экология,  
 Защита от коррозии,

15-17 марта 2005

Центр Международной Торговли, Москва



#### РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- Процессы изготовления
- Трайбологические исследования, оборудование, экология, защита от коррозии
- Оборудование для производства покрытий
- Материаловедение, исследования
- Технологии нанесения покрытий
- Новинки в области покрытий

#### МФМ

Зачем покупать импортное оборудование?

- Китай
- Германия
- Великобритания
- Франция
- Италия
- Япония
- Тайвань

Организаторы:







17-20 МАЯ 2005  
МОСКВА, СК "ОЛИМПИСКИЙ"

4-я Международная  
выставка и конференция  
**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



**РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ**

- Акустический контроль
- Ультразвуковой контроль
- Радиационный контроль
- Электромагнитный контроль
- Вибрационный контроль
- Термический контроль
- Капиллярный контроль
- Методы сварки
- Электромагнитная индукция
- Электромагнитная индукция
- Термографический контроль
- Контроль трещинообразования
- Контроль коррозии
- Контроль качества
- Контроль качества

www.ndtexpo.ru

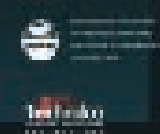


Лаборатория неразрушающего контроля в промышленности



Международная выставка и конференция

Тел: +7 (495) 600 00 00  
Факс: +7 (495) 600 00 00  
E-mail: info@meratek.ru



www.meratek.ru/ndt



6-я Международная выставка  
**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ**



17-20 МАЯ 2005 / МОСКВА / СК "ОЛИМПИСКИЙ"

www.meratek.ru  
Тел: +7 (495) 600 00 00  
Факс: +7 (495) 600 00 00  
E-mail: info@meratek.ru

Тел: +7 (495) 600 00 00  
Факс: +7 (495) 600 00 00  
E-mail: info@meratek.ru



www.meratek.ru

**ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ**

Мы предлагаем вам принять участие в заочном туре IV Олимпиады по химии Высшего химического колледжа Российской академии наук (ВХК РАН). Наша цель — поиск увлеченных химией молодых людей, которые хотят заниматься исследовательской работой. Предлагаемые задания подобраны так, что вы не сможете сразу дать на них правильные ответы, пользуясь только теми знаниями, которые получили в школе. Вам придется пойти по обычному для науки пути: начать с логического анализа проблемы, придумать несколько методов решения, определить преимущества и недостатки каждого и выбрать оптимальный (все это должно быть отражено в работе). При этом вам, возможно, придется искать дополнительную информацию в литературе (интернете, библиотеке). Не всегда обязательно указывать единственно правильное решение, важно показать свой подход к задаче. Не бойтесь подробно описывать ваши идеи — мы не снимаем баллы за ошибки.

Авторы лучших работ будут награждены призами (труднодоступная учебная литература по химии и др.), а 11-классников еще и пригласят на отдельное вступительное собеседование в ВХК РАН в мае 2005 года (вместе с победителями Всероссийской олимпиады по химии).

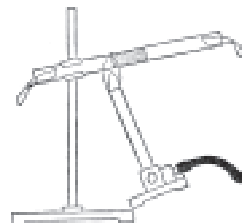
ВХК РАН был создан немногим более 10 лет назад как государственное высшее учебное заведение, которое готовит кадры для химических исследовательских центров РАН. Все студенты с первых месяцев обучения выполняют исследовательские работы в лабораториях институтов РАН, вместе с ведущими специалистами в области химии. Научная работа включена в учебный план как один из предметов, практические занятия проходят в академических научных лабораториях. Подробную информацию о ВХК РАН, в том числе о вступительных экзаменах, вы можете получить на сайте [www.hcc.ru](http://www.hcc.ru). Все вопросы, связанные с заданиями олимпиады и поступлением в ВХК РАН, можно задать по электронной почте [troshin@cat.icp.ac.ru](mailto:troshin@cat.icp.ac.ru) Трошину Павлу Анатольевичу или по телефону (095)137-87-09 заместителю председателя ВХК РАН Свитанько Игорю Валентиновичу.

Очный тур олимпиады пройдет в Москве, Челябинске, Туле, Брянске, Тихвине (Ленинградская обл.), а также в тех регионах России, из которых мы до 20 марта получим наибольшее число работ с решениями задач заочного тура. Победители очного тура освобождаются от собеседования по химии при поступлении в ВХК РАН. Конечный срок приема работ заочного тура — 1 апреля 2005 года. Работы следует выполнить в отдельной тетради и выслать по адресу: 119991, Москва, Ленинский пр., 47. Институт органической химии им. Н.Д.Зелинского РАН, Высший химический колледж РАН.

# Олимпиада–2005: главное участвовать!

## 9 класс

**9.1.** На рисунке представлена схема установки, использованной для изучения процесса разложения хлорида аммония. Приведите названия отдельных элементов установки и поясните их назначение. Д.И.Менделеев описывает этот эксперимент как один из наиболее важных в истории утверждения закона Авогадро–Жерара. В чем суть этого эксперимента?



**9.2.** В одном из старых учебников общей химии было дано следующее описание вещества X.

«Чем слабее раствор X в воде, тем он постояннее; X обесцвечивает лакмусовый и куркумовый растворы и действует таким же образом на многие красящие вещества органического происхождения, оттого и предложено (Дюма) для белины страусовых перьев, кости, ткани и т. д. Многие тела, не претерпевая, по-видимому, никакого видоизменения, разлагают X на жидкость Y и газ Z»

Предложите возможные варианты X, Y, Z. Где сейчас наиболее широко применяются растворы X? Можно ли сегодня в обычном магазине найти товары, содержащие X? Если да, то какие?

**9.3.** Для получения металлов из руд в промышленности используют главным образом два метода: пирометаллургию и гидрометаллургию. Наиболее важная операция при переработке руд так называемое «вскрытие». Например, металлический титан получают из рутила. На первой стадии рутил подвергают действию хлора, то есть проводят хлорное «вскрытие». Поясните термин «вскрытие». Приведите примеры 3–4 «вскрывающих» агентов. Раскройте смысл пирометаллургического и гидрометаллургического промышленных путей получения металлов из руд. Приведите по одному примеру.

**9.4.** Бесцветные кристаллы соли X (содержит 13,49% калия) взаимодействуют с металлическим калием в этилендиаминах ( $H_2NCH_2CH_2NH_2$ , в данном случае его можно рас-

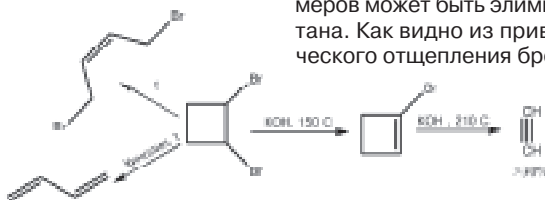
сматривать как органический растворитель) в присутствии небольшого количества воды с образованием соединения Y (содержит 14,71% калия). Y бурно реагирует с избытком соляной кислоты, что сопровождается выделением водорода (0,21л на 1 г Y) и осаждением темного осадка Z. Приведите формулы X-Z и уравнения описанных реакций. Как можно получить X из Z в одну стадию?

**9.5.** Справа приведена «сумасшедшая таблица», в которой перепутаны названия веществ и соответствующие им описания. Попробуйте навести в ней порядок.

$Cl_2$	0,5-1,2 мг/мл — оптимальное содержание в питьевой воде.
$Br_2$	Лучший из всех известных растворителей белков. Разъедает кожу, опасен для ногтей и зубов.
Сера и ее соединения	Образует кристаллогидраты с шестью и восемью молекулами воды.
Жидкий HF	Прописывается для приема внутрь при изжоге.
$SO_2$	Выделяется из морской воды.
P	Накапливается некоторыми водорослями.
MgO	Используется как компонент олифы и сорбентов в специальных противогазах.
$MnO_2$	У животных содержится в основном в рогах, когтях, копытах.
$I_2$	Использовался для дезинфекции жилищ и изгнания нечистой силы.
F <sup>-</sup>	Окисление на воздухе сопровождается излучением света и выделением озона.

## 10 класс

**10.1.** В органической химии порой хорошо изученные реакции в некоторых случаях либо вообще не протекают, либо приводят к неожиданному результату. Одним из примеров может быть элиминирование HBr из 1,2-дибромциклобутана. Как видно из приведенной ниже схемы, попытка термического отщепления бромоводорода не увенчалась успехом — образовался 1,4-дибромбутен-2. Кипячение с хинолином привело к образованию небольших количеств бу-





тадиена-1,3. Нагревание дибромциклобутана с KOH до 150°C позволило отщепить лишь одну молекулу HBr, тогда как дальнейшее нагревание (до 210°C) бромциклобутана с KOH сопровождалось образованием ацетилена (с выходом >30%).

Предложите объяснение наблюдаемых результатов. Как вы могли догадаться, экспериментаторы хотели получить циклобутдиен-1,3. В чем причины низкой стабильности этого соединения? Было ли оно получено к настоящему времени? Если было, то как (приведите схемы реакций)?

**10.2.** Интересное производное ацетилена — его дибромид  $C_2Br_2$ . Про него известно следующее.

1. Он чрезвычайно ядовит и обладает очень неприятным запахом, в отличие от  $CH_3-C\equiv C-Br$ , который почти не ядовит и обладает легким сладковатым запахом.

2. Дибромацетилен при небольшом нагревании на воздухе окисляется с образованием тетрабромэтилена  $C_2Br_4$  и CO.

3. Присоединение к дибромацетилену HI приводит к соединению состава  $C_2Br_2HI$ , которое окисляется азотной кислотой в дибромуксусную кислоту.

Предложите объяснение описанным свойствам дибромацетилена. Как дибромацетилен можно получить из ацетилена?

**10.3.** Студент, выполняющий курсовую работу в одной из исследовательских лабораторий Института органической химии РАН, заказал 10 г некоего довольно дорогого реактива X по каталогу компании «Fluka». Когда реактив был получен (спустя два месяца после заказа), выяснилось, что этикетка на банке отсутствует, а студент, его заказавший, уже закончил свою работу и покинул лабораторию. Дабы выяснить, что же за реактив был получен, сотрудники лаборатории измерили температуру плавления (она оказалась в районе 27–30°C) и отдали его на элементный анализ. Установили, что вещество содержит 1,8±0,2% азота, 24,1±0,3% углерода и 24,2±0,2% водорода. Для того чтобы разобраться в полученных данных, исследователи сняли так же спектр ЯМР  $^1H$  (в диметилсульфоксиде), в котором основным сигналом оказался широкий синглет при 3,5–4,5 мд. Но и этот результат не помог им разгадать загадку. А вы можете предположить состав и строение X?

**10.4.** Интересным примером, ставящим под вопрос «школьную» интерпретацию теории строения химических соединений, является дифторид дикислорода  $O_2F_2$ . Длина связи O—O в этой молекуле фактически равна длине двойной связи O=O в молекуле кислорода и существенно меньше длины связи O—O в молекуле перекиси водорода (см. таблицу). Известно, что длины одинарных связей Э—Э должны быть на несколько десятых ангстрема больше, чем длины соответствующих кратных связей Э=Э. Это иллюстрируют также примеры, приведенные в таблице.

Предложите свое объяснение необычно малой длине связи O—O в молекуле  $O_2F_2$ .

Связь	Длина (Е)	Связь	Длина (Å)
O=O	1,21	$H_3C-CH_3$	1,54
FO-OF	1,22	$H_2C=CH_2$	1,35
HO—OH	1,48	$HC\equiv CH$	1,21

**10.5.** Как известно, многие неорганические и даже органические вещества образуют аддукты с молекулами воды, так называемые кристаллогидраты. Наиболее обычным примером может быть медный купорос — кристаллогидрат сульфата меди с 5 молекулами воды. А знаете ли вы кристаллогидраты, содержащие 10, 11, 12 и более молекул воды? Приведите примеры различного содержания молекул кристаллизационной воды.

## 11 класс

**11.1.** Многие любители острой пищи наверняка пробовали блюда, приправленные измельченными семенами горчицы или корнями хрена. Оказывается, основным действующим началом этих приправ является соединение I состава  $C_{10}H_{16}NO_9S_2K$ . Под действием фермента, содержащегося в семенах горчицы, I гидролитически расщепляется на вещества А, В и С. Вещество А облада-

ет сладковатым вкусом, а его растворы широко используются в медицине. Вещество В называют обыкновенным горчичным маслом. Оно обладает чрезвычайно резким запахом, слезоточивым и кожно-нарывным действием. Под действием концентрированной серной кислоты В дает амин D и ядовитый газ Е (с плотностью паров по водороду 30). Неорганическое соединение С является хорошо растворимой в воде солью, содержащей 28,68% калия.

Приведите структурные формулы веществ А—Е. Целый класс органических соединений раньше называли «горчичные масла». Что это за вещества? Как можно искусственно получить горчичное масло В? Предположите строение молекулы I, учитывая, что она содержит четыре достаточно подвижных атома водорода.

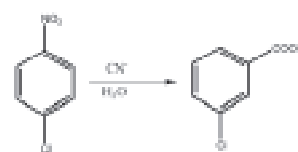
**11.2.** Элементный анализ синего вещества X показал, что оно представляет собой углеводород, в составе которого на каждые пять атомов С приходится четыре атома Н. Вещество X — родоначальник целого класса ароматических соединений, многие представители которого были выделены в середине XX века из некоторых растений и грибов. Отличительное свойство X — его способность экстрагироваться из органического слоя (смесь углеводородов) 60–70%-ным раствором серной кислоты. При этом органический слой постепенно теряет свою синюю окраску, а кислотный слой приобретает желто-оранжевый цвет. Добавление в систему значительного количества воды (пятикратный объем по отношению к объему кислотного слоя) приводит к исчезновению желтой окраски, так как углеводород X снова переходит в органический слой, восстанавливая его синий цвет.

Предложите строение X. Как оно называется? С чем связано изменение цвета X при переходе в водный раствор? Найдите в литературе синтез X из доступных (на ваш взгляд) исходных соединений. Приведите схемы реакций.

**11.3.** Вам (а тем более вашим мамам) должно быть хорошо известно, что растительные жиры практически всегда жидкие, тогда как их животные аналоги — почти всегда твердые. Что представляют собой жиры и масла с химической точки зрения (состав, строение)? С чем связано столь значительное различие в их физических свойствах? Можно ли растительные жиры превратить в животные и наоборот?

Есть похожие примеры и среди более простых органических соединений, например ароматических углеводородов. Известно, что температура плавления бензола находится вблизи 0°C, тогда как толуол, имеющий сходную молекулярную массу, плавится почти на 100 градусов ниже ( $t_{пл} = -95^\circ C$ ). Каким образом связаны различия в температурах плавления бензола и толуола с их строением?

**11.4.** После первого взгляда на приведенную ниже схему реакции начинаешь казаться, что она была составлена неким неудавшимся химиком.



Тем не менее эта реакция в действительности протекает, и вам предлагается предположить механизм трансформации *m*-нитрохлорбензола в *m*-хлорбензойную кислоту. Про эту реакцию известно также следующее:

- 1) в качестве побочного продукта образуется молекулярный азот;
- 2) в небольших количествах среди продуктов реакции был обнаружен 2-нитрозо-5-хлорбензамид;
- 3) проведение реакции в тяжелой воде  $H_2^{18}O$  приводит к *m*-хлорбензойной кислоте, содержащей лишь один атом кислорода  $^{18}O$ .

**11.5.** Многие почвы содержат азот в форме нитратов. Химический анализ нитратов требует специальных (и порой труднодоступных) реактивов. Предложите наиболее доступный и простой, на ваш взгляд, метод определения концентрации нитратного азота в почвах.





# Исполнитель

## Энгеры



Вадим Кирпичёв

ФАНТАСТИКА

С дорогами на этой планетке дела обстояли неважно, зато не было недостатка в разбойниках.

Наш автоэр стелился над ухабами в режиме «псевдоконтакт», тщательно изображая обычный автомобиль. Я глазел на скучные виды Энгеры: заброшенные поля, какие-то серые полуразрушенные постройки. Тарк, мой напарник по энгеровской аванюре, как всегда, изучал карту, будто в этом ветхом обрывке, сплошь усеянном пиктограммами и словами на забытом языке, можно было что-то разобрать.

Тарк достал тонкую сигару. Клацнула зажигалка. Еще раз, еще. Бесполезно... И только я собрался спросить, зачем он мучается с этой плазменной рухлядью, когда вся галактика давно перешла на самовозгорающееся курево, тут-то из-за леска и вылетели разбойничьи внедорожники.

Они двигались прямо по полю. Наперерез. Пришлось взяться за руль, отключить автопилот, добавить газу. Надо первыми добраться до развилки. После нее, да по прямой — только бы разбойнички нас и видели!

С внедорожников нас стали поливать из автоматов. Сверкнуло пламя — это Тарк все-таки управился с зажигалкой, после чего увеличил изображение на мониторах. Оказалось, за нами гнались не разбойники. Над машинами реяли штандарты барона Скрибера. Я думал, Тарк сейчас заухмыляется. Он этого не сделал — спокойно покуривал, предоставив мне полную возможность выкручиваться из ситуации.

Сзади громыхнуло. Потом рвануло перед автоэром. Пошли в ход гранатометы. Пришлось уйти влево и проломиться через посадку на соседнее поле. От дороги нас уже отрезали, а в режиме псевдоконтакта наш автоэр не имел большого преимущества перед быстроходными машинами барона. А взлетать нельзя! Ибо ни в коем случае нельзя было разрушить легенду «любителей древностей»: тогда за нами начали бы охоту все спецслужбы материка.

Поэтому приходилось зайцем петлять под огнем. Внедорожники надвигались клином. Похоже, барон Скрибер все-ррез собрался выполнить свое обещание и соорудить себе этакий симпатиченький, белый тент из моей кожи.

Проклятая Скрибериха! Мы так приятно гостили у ее мужа, нахваливали его винный погреб (клянусь вакуумом — не зря!), в меру эрудиции изображали из себя любителей древностей, пустившихся в путешествие в поисках таковых, и это было почти правдой: трудно придумать что-либо более древнее, чем Исполнитель... Но всю идиллию сгубила она, баронесса, пригласившая меня на свою половину полюбоваться древними гравюрами.

Когда я задрал баронессе юбку, до меня дошло: не стоило так глубоко входить в роль любителя древностей, но — ребенку известно — звездолеты заднего хода не имеют. В постели баронесса старалась вовсю, но со времен феодализма техника секса в галактике не стояла на месте, и любая, даже самая скромная, девчонка из «Пьяного метеора» могла бы баронессу научить очень многому.

Все закончилось самым пошлым образом. Распахнутая дверь. Торчащие в потолок усы барона. Блеск шпаги. Прыжок с балкона. Материализация моей молитвы и мечты: полностью готовая к отъезду машина с Тарком за рулем. Вышибленные нашим автоэром ворота. И беспорядочная стрельба вслед.

Как сейчас. Клин внедорожников почти сошелся, пули так и тинькали по стеклам. Высунувшийся из люка головной машины барон что-то яростно кричал и размахивал шпагой. Готовился клинком стереть запятнавшее его честь пятно. Меня то бишь.

Надо было взлетать. Я медлил. Ведь это — крах всей экспедиции, а к ней Тарк готовился не один год. Потерять шанс найти Исполнитель из-за какой-то подвернувшейся юбки!

Я бросил автоэр вправо, а когда люди барона поверили ложному маневру, резко ушел влево, да так, что один из внедорожников закувыркался. Карта на мониторе показала болотце, и я правил прямо на него. Вскоре мы уже стелились над трясиной, а далеко позади барахтались и надрывали моторы застрявшие в грязи машины барона.

Похвалы за лихой маневр от Тарка я не дождался. Он по-прежнему мудрил над обрывком карты. Впрочем, и в ту ночь, когда я так невежливо покинул баронессу, а затем со штанами в руке еле успел запрыгнуть в набиравший ход автоэр, Тарк тоже ничего мне не сказал.

Мы ехали куда глаза глядят. В баронских лесах, где пришлось провести в поисках последний месяц, следов Исполнителя не было. Хорошо бы Тарку выудить из древней карты новую версию. Кстати, он и пытался это сделать. Клацала зажигалка. Где-то на пятой попытке вспыхивал язычок плазмы, сигарный дымок летел в окно, а мой напарник, склонившись над тысячелетней загадкой, думал и думал.

От безделья и скучных пейзажей меня тоже потянуло на размышления, и я сразу загрустил. Когда я начинаю думать, мне почему-то всегда становится грустно.

Исполнитель Энгеры. Абсолютный исполнитель желаний. По местной легенде, Творец при помощи Исполнителя некогда создал за восемь дней и ночей всю нашу Вселенную, после чего зашвырнул этот агрегат на Энгеру. Как в чулан. Вдруг пригодится. Исправить чего в творении потребуется или там сжечь его, как черновик. Этакий аварийный выключатель Вселенной. Легенды, мифы... Как же меня угораздило вляпаться в эту аванюру! Сказка для детей, и все! Джинн из бутылки. Золотая рыбка. Чудо для дурачков. Мне-то это зачем? Вози себе богатеньких туристов к Сириусу, благо праздные дамочки на лайнере всегда найдутся...

Справа по курсу громыхнуло, и от куртины осталась только воронка. Бомбы взрывались одна за одной, и вскоре все поле закрыло темное облако. Возмущенно мычали коровы, а серебристая стрелка бомбардировщика, сверкающая в зените, уже возвращалась для повторного бомбометания.

Я повернул к лесу и загнал автоэр в чашу. Теперь следовало переждать обычную на этой планетке «бомбардировку ради торжества демократии».

Геополитическая карта Энгеры была простой. Два материка — Ардука и Маза, две политические системы: в Ардуке торжествовала демократия, а Маза навеки застряла в феодализме. Разумеется, бомбили ардуканцы. Время от времени, особенно перед выборами, на них напал зуд, и они начинали без разбору гвоздить со стратегических бомбардировщиков бедных мазайцев (как их окрестил мой «веселый черт»), требуя от них демократических стандартов.

Перевернутые конусы взрывов вновь полетели к небесам. Теперь эти «цветочки» распускались поближе к замку. Коровы в страхе галопом помчались к деревне, а серебристая стрелка в зените стала заходить на третий круг.

На башнях замка появились белые флаги. Местный феодадал согласился на ардуканские стандарты. Да ведь и требовали от него самую малость: поставь в конюшне кабинки для голосования, назначь выборы себя, а верные мазайцы, которых на этой же конюшне пороли плетью, всем сердцем за тебя и проголосуют.

Тут стрелка в небе исчезла. Тишина. Можно сделать привал.

После ужина Тарк заклацал зажигалкой и вскоре опять склонился над картой, а я решил прогуляться. Даже полстакана «мазайской с перцем» не стерли дневных впечатлений, в голову лезла совершенная чепуха. Мне представлялось, как по провинциальному мазайскому музею ведут юных экскурсантов, останавливают их перед большим полотном, а на нем в грубо натуралистической манере изображен ваш покорный слуга в позе низвергнутого с небес ангела. Ноги торчат вверх, шея неестественно вывернута, кишки выпущены. А под картиной табличка: «Он хотел найти Исполнитель. Неизвестный художник, холст, масло».

Я шел дубовой рощей, «мазайская с перцем» понемногу выветривалась, надо было решать. Ну не нанимался я в косагры! Я простой звездолетчик и не хочу, чтобы мою шкуру пускали на обивку кресла только за то, что я помял вялые груди баронессы. Я также против того, чтобы мои кишки наматывали на дерево лишь потому, что кому-то приспичило феодальной демократии. Но как сказать Тарку о моем дезертистве? Вот вопрос!

А во всем виноват «веселый черт», затаившийся в моей душе. Это из-за него я принял предложение Тарка и отправился искать Исполнитель. С виду я парень достаточно простой. Плечи — с дверной проем, лбом могу тут же дверь и вышибить, а потом добродушно, по-детски улыбнуться. Многих моя внешность ввела в заблуждение. Но в душе-то сидит «веселый черт», и уж он-то так и норовит подгадать мне приключениями.

Теперь «веселый черт» притих. Ведь придется говорить Тарку о том, что я даю отбой и улетаю с Энгеры. А каково говорить Тарку в лицо неприятные вещи? Тот, кто хоть раз смотрел в стальные глаза ветерана-косагра, знает, о чем идет речь.

Осмотревшись, я выбрал самый здоровенный дуб, подошел к нему и стал говорить так:

— Послушай, Тарк, я ведь даже не знаю, что и попросить у Исполнителя. Все, что мне надо от жизни, мне и так предоставят девчонки из «Пьяного метеора». Это тебе нужен Исполнитель. Ты — другое дело. У тебя к жизни немалый счет, мне в «Метеоре» рассказывали. Говорят, что армцы

когда-то вырезали всю твою семью вместе со всем поселением, а потом приняли Галактический Закон и встали под его защиту. Теперь злодеи расхаживают по нашим планетам, считаются нашими друзьями, и до них уже не добраться даже косагру. Политика! Говорят, ты потратил полжизни на то, чтобы первым прорваться к галактическому Центру. Был близок к этому. Но на твоём пути оказалась Зомбарская Сверхимперия. Да, ты сокрушил ее, но какой-то везунчик тем временем опередил тебя и стал первооткрывателем Центра. Тогда ты решил устроить всепланетное счастье. Странно, но ты добился своего. Кто не слышал о планете Фелиция, единственной, где не было вражды и войн. Увы, стоило тебе улететь оттуда, как эту планету тут же уничтожила Вурдская Гегемония. Тарк, ты настоящий мужик, не знаю, что ты попросишь у Исполнителя — мести, славы, счастья для всех? — но я уверен, это будет выбор настоящего мужчины. А меня отпусти. Не по мне эта ноша. Уф-ф!

Я закончил. Ждал, как дуб оценит мою генеральную репетицию. Дуб здорово вошел в роль Тарка: молчал и думал о чем-то своем.

Вдруг у меня за спиной бесцеремонно хихикнули. Я выхватил сканфер, повернулся, но увидел лишь светлое пятно, мелькнувшее в кустах. Пришлось броситься в погоню. Пятно мельтешило за стволами, и настичь его никак не удавалось. Наконец я срезал дорогу, и мы столкнулись лоб в лоб.

Я опустил сканфер. А мог бы даже запросто поднять обе руки вверх. Что делать — перед таким «оружием» я всегда беззащитен. Ноги у нее были прямыми и длинными, как у куклы. Фигура — «мисс галактика». И дерзкое обещание в глазах.

— Ты зачем убежала?

— Ты гнался.

— Но ведь ты убежала.

— А ты гнался.

— Ладно, не будем спорить. Как тебя зовут?

— Принцесса Лори. А тебя?

— Аскольд.

— Какое красивое имя! Ты звездный принц?

Я призадумался. А почему бы и не побыть звездным принцем для простушки-аборигенки? Это может помочь в некоторых моих планах.

— Да. Можно сказать, я звездный принц.

Принцесса захлопала в ладоши.

— Замечательно! Мой покойный папа всегда говорил, что я обязательно выйду замуж за звездного принца, который заберет меня с этой планеты.

— М-да... На самом деле я не очень-то и принц. Скорее просто любитель древностей. Археолог.

— Тс-с! — Она приложила изящный пальчик сначала к своим губам, а потом и к моим. — Молчи. Я знаю: ты боишься себя выдать. Ты ищешь Исполнитель. Теперь у нас есть общая тайна, и мы должны быть вместе. Я согласна, я иду с тобой. — И, тут же подхватив меня под руку, Лори устремилась через лес.

Дорогой она щебетала о том, каким замечательным человеком был ее ныне покойный папа. Внимая, я обнял ее за талию. Затем моя рука опустилась на бедро принцессы. Бедро не возражало. Но только я собрался действовать, как сзади забасил грудной бабий голос:

— Молодая девушка при первом знакомстве не должна позволять, чтобы ее оглаживали ниже пояса.

Скрипя гусеницами, нас догоняла старая роботиха.

— Ах, няня, отстань!

— Еще чего! И не подумаю.

Роботиха уже катила рядом. Пришлось убрать руку. По-здороваться. Может быть, я чудак, но при роботах я даже целоваться стесняюсь.

Роботиху звали Бана. Формами она походила на каменных баб, когда-то охранявших в степи древние курганы, вот только сделали Бану из чистого титана, но выкрасили в черный цвет. Пережиток наивного мазайского расизма. Объясняю: после того как черная раса демографически победила в Ардуке, на Мазе роботов-слуг стали делать черными. А вообще-то Бана была самой обычной доброй роботихой с набором простых эмоций и программно ограниченным интеллектом. Ума ей отмерили только на прописные истины, самую простую домашнюю работу и молитву. Зато уж молиться она могла часами.

И вот когда вся эта наша компания заявила в лагерь, я впервые увидел, как от удивления Тарк чуть не потерял нижнюю челюсть. Вот, косагр, это тебе не империи крушить!

Тарк взял себя в руки, отложил карту, подошел к моим дамам и даже сказал Лори какую-то любезность. По-моему, принцессе он понравился. Нормально: он всем нравился, всем, кроме тех парней, которые считали себя самыми крутыми на свете.

На мое счастье, ночь выдалась звездной. Мы с Лори сидели на берегу озера, я рассказывал о своих приключениях на далеких и страшных планетах. О мутантах-мозгопийцах системы Алголь, о торсианских пещерах с изумрудными змеями, о сводящих с ума ментальных миражах в фиолетовых пустынях Танталоса. Все это были пересказы путешествий и заданий Тарка, но откуда об этом могла знать моя милая простушка?

Под финал я перешел к своей «коронке» — рассказу о том, как чуть не погиб в вертикальных джунглях Рычащего Каньона. Завороженная этими фантазиями, Лори окаменела. На ее длинных ресницах сверкнули слезы.

Пора! Уложив принцессу на спину, я стал лишать ее нижней одежды. Дело привычное, в успехе я не сомневался, но вдруг роскошная острая коленка довольно резко заехала мне пониже живота. Пока я приходил в себя, принцесса спокойно поднялась, поправила юбку и заявила стальным голосом:

— Покойный папа меня учил, что молодое тело и девственность — это главный девичий капитал, проценты с которого должны обеспечивать девушку всю жизнь. Не надейся, что ты меня получишь просто так.

Она ушла, а мне пришлось немного посидеть. Глупых! У этой игры всегда один финал: провинциальная простушка со звездным младенцем на руках смотрит на далекие галактики, среди которых растворился ее герой...

**С** Исполнителем дело зашло в тупик. Тарк целые дни просиживал над картой, клал за жигалкой, но местонахождение Исполнителя вычислить не мог. Пришлось поговорить с напарником начистоту — ведь не тратить всю жизнь на поиски мифического джинна в бутылке. В итоге мы договорились: ищем Исполнителя еще месяц, а потом я свободен.

Потекло время. Иногда Тарк обсуждал с Лори мазайские дела: косаграм всегда интересны проблемы той планеты, где они находятся. Бана днем стряпала, а вечерами молилась. Ну а по ночам мы с Лори продолжали нашу игру. По грустным глазам принцессы было ясно: моя победа не за горами. Умной бедняжке хотелось доказать любовь ко мне, но одновременно страшно не хотелось оставаться на своей



## ФАНТАСТИКА

убогой планетке. Но не могу же я осчастливить простушек всех планет, на которых побывал!

В эту ночь полнолуния принцесса явилась к озеру решительно-грустной. Когда я ее целовал и раздевал, она уже не сопротивлялась, только просила поклясться, что я ее никогда не оставлю. Не проблема! Я был готов поклясться чем угодно, лишь бы добраться до этих длинных и прямых, как у куклы, сводящих с ума ног.

И вот тут, когда я добрался, не поверите, ударила голубая молния!

Мы с принцессой раскатились в разные стороны, а из приямой травы, где мы только что лежали, голубой огонь ша-рахнул с такой силой, что сочные травы в мгновение высохли и загорелись. И из-за кустов выкатилась Бана.

Я перевел дух: всего лишь! Поправляя принцессе юбку, роботиха ворчала:

— Девушка может спать с молодым человеком только после свадьбы. Только после свадьбы. Сколько раз можно повторять!

— Ах, няня, это в тебе говорит устаревшая программа.

— Какая есть.

— Современные роботы уже совсем другого мнения.

— Да, я не современная, а глупости делать — это современно? Ну вот, ты пуговицу потеряла. Где я такую достану?..

Но, как известно, двое влюбленных всегда обманут кого угодно, даже старую роботиху. За сотню золотых нам нашли священника и потом в ближайшей деревне организовали пышную свадьбу. Больше всех свадьба радовала Бану. От избытка чувств она даже что-то неуклюже сплясала на своих гусеницах. А потом всю брачную ночь, до самого утра, молилась. Бедная роботиха, она верила, что для звездолетчика, прилетевшего на Энгеру, здешние обряды что-то значат.

Медовый месяц мы провели там же, у озера. И были счастливы, потому что любили друг друга. Лишь иногда я замечал грустную задумчивость на лице принцессы.

**О** бозначенный в наших с Тарком планах месяц истекал. В последний вечер я был особенно нежен с Лори, и она все поняла. Мы сидели у озера. Вдруг принцесса сказала:

— Мой покойный папа говорил, что звездный принц возьмет меня к звездам лишь в том случае, если я помогу ему найти счастье. Что тебе нужно для счастья, Аскольд?

— Ты.

— Я серьезно спрашиваю!

Мне бы помолчать, но тут проснулся мой «веселый черт» и с удовольствием дернул меня за язык.

— Для полного счастья мне нужен Исполнитель.

— А если я за неделю найду вам Исполнитель, ты женишься на мне по-настоящему, по Галактическому закону, и возьмешь к звездам?

— Клянусь вакуумом!

Дернул же меня «веселый черт» за язык еще раз! Да, мы с чертякой играли наверняка. Нам так тогда казалось.

А Лори уже вскочила и побежала к Тарку, пошептала с ним, отобрала у него карту и будто окаменела над ней. Разогнулась она только утром, ткнула пальчиком в какой-то значок на древней коже и сказала всего лишь три слова:

— Горы. Исполнитель там.

На лице косагра было буквально написано: как же я сам не догадался! Ну а мне что печалиться? Предстояла неделя бесполезных поисков, а длинные, прямые, как у куклы, ноги принцессы еще вовсе не надоели...

Долетев до гор, мы первым делом решили нанять лучшего проводника. Местные жители в один голос назвали нам имя — Тамилион: мол, лучше него проводника не найти. Тамилион. Человек с таким именем должен был быть молодым красавцем с гордой осанкой. Но пришел однорукий тощий старик, на груди которого красовалась диковинная золотистая бляха.

Об Исполнителе Тамилион знал только легенды, и подсказать его местонахождение не мог. Тогда мы начали облет горных деревень. Горцы жили бедно. Основное их занятие, как оказалось, — охота на золотых козлов, руно которых высоко ценили в Ардуке. Увы, золотых козлов на всех не хватало, и орды горцев частенько месяцами бегали по скалам ради одной золотой скотинки. Кого-то мне эти охотники на козлов напоминали.

И все-таки шансы у нас появились. Легенды. Во всех здешних долинах нам рассказывали легенды об Исполнителе. Он мог быть где-то здесь.

Но что попросить у абсолютного Исполнителя? Иногда по ночам мы с Лори все-таки находили время, чтобы обсудить этот вопрос. Не такой уж и простой, как кажется. Лично я хотел бы увидеть особь, которая могла бы сразу на него ответить. Что? Миллиард золотых галактов? Мужскую задорную силу на всю жизнь? Должность капитана звездолета мегакласса?.. Я никак не мог определиться еще и потому, что по всем легендам получалось следующее: Исполнителя можно попросить исполнить любое желание только один раз. Только один.

Гадали мы с Лори и о желании Тарка. Что он попросит? Мечь? Славу? Вернуть планету Фелиция?.. Кто знает.

И наш автоэр летел от одной бедной горской деревни к другой. Скучно. Выручал Тимоша, как мы называли Тамилиона. Однажды он проведal о некоем мудреце, отшельнике, который якобы знает все. Отшельника звали Мудрагор, жил он высоко в горах, на грани снегов, в полном уединении. Вариантов у нас не оставалось. Отшельник — ладно, попробуем.

К Мудрагору мы отправились вдвоем с Тарком, поскольку, как нам сказал Тимоша, отшельник не желал видеть у себя женщин. За что я заочно проникся к нему громадным уважением.

Шли пешком. Так было положено. И когда мы очутились в самом узком месте горной тропы, Тарк неожиданно заговорил о Лори. Клацнул, как всегда, раз пять своей инвалидной зажималкой, прикурил и сказал:

— Бойкая твоя принцесса. Симпатичная. Она мне напоминает мою младшую.

— Девка как девка.

— Может быть. Но ты извини, я ей пообещал свернуть тебе шею, если ты ее обидишь.

— Шутишь?

— Шучу.

Я посмотрел в глаза косагру. С таким же успехом можно было попытаться что-то рассмотреть сквозь банковскую сейфовую дверь. Кто знает, о чем речь, поймет...

Мудрагор оказался седобородым стариком с телом атлета. Он медитировал, глядя на свой пупок, и знаком показал нам: не мешайте. Пупок бойко кружил по животу мудреца, довольно развязно дергался в разные стороны — в общем, вел себя, как курсант-звездолетчик на выпускной вечеринке. Наконец танец пупка закончился, и Мудрагор воздел руки к небесам:

— Великий день! Свершилось. Я сделал это! — И, заметив наше недоумение, пояснил: — Двадцать лет жизни я посвятил тому, чтобы научиться пупком описывать равносторонний пятиугольник. И вот — свершилось!

Мы тепло поздравили старика.

— Итак, вы ищете Исполнителя? — Довольный мудрец внимательно вгляделся в наши лица. — Почему?

Пришлось рассказать всю историю наших поисков.

— Зачем вам Исполнитель? Забудьте эту игрушку богов. Счастье в нас самих. Лучше станьте моими учениками, и лет через тридцать ваши пупки будут выписывать восьмерки! А? Каково!

Увидев выражение наших лиц, старик вновь упер взгляд в свой пуп и вновь стал медитировать.

Мы ждали. Не выходя из транса, Мудрагор забубнил:

— Вы не готовы к встрече с Исполнителем... Не знаете, что просить... Скала Серый Монах... От утренней звезды до вечерней... Смотреть в бездну... На дне сердца обретете истинное желание... И тогда Исполнитель сам спустится к вам с гор...

**М**ы вернулись в лагерь, и Тамилион подтвердил наши догадки. Как понять слова Мудрагора, сказанные в трансе? Чтобы узнать наши истинные желания, мне с Тарком предстояло целый день простоять на скале Серый Монах (высота километра три) и все это время глядеть в пропасть. Тогда, мол, Исполнитель и найдет нас.

Разумеется, участвовать в этой комедии мне не хотелось. Но разве на рынке идей были другие предложения? И с первой звездой мы стали над пропастью.

Долины затянуло туманом. Заалел рассвет. Потом — долгий день. Бесконечное сияние утомило, но ясность пришла с закатом. И что удивительно, Мудрагор не обманул: к вечерней звезде я уже точно знал, чего хочу.

По дороге к автоэру, у которого нас целый день дожидались Лори, Бана и Тамилион, мы с Тарком перемолвились парой слов. У косагра также все было в порядке. Он знал, что сказать Исполнителю. Оставалось его дожидаться.

Отужинали, но никто не ложился спать. Всем было любопытно, как выглядит то, что все может. Дело шло к полуночи, однако мы ждали и ждали. И вот, ровно за пять минут до наступления нового дня, у нас за спинами раздался голос:

— Я здесь!

Гордо задрал голову и зашвырнув полу накидки на плечо (не иначе как в молодые годы), перед нами стоял Тамилион.

— Так это ты — Исполнитель? — воскликнула принцесса.

Все-таки хорошо, когда рядом есть женщина. Только ты решил что-то ляпнуть, а уже опоздал.

— Не говори глупости, женщина, — поморщился гордый горец. — Я — Хранитель, жрец, и я могу отвести вас к Исполнителю Энгеры.

— Так в чем же дело?

— С достойными ли желаниями вы идете к нему? Вот вопрос. И я должен знать ответ.

— Угомонись, безумный старик. Что ты знаешь о желани-ях! Я сейчас велю своей роботихе пытаться тебя, она это умеет, и ты все нам расскажешь, как миленький. Бана!

Да, принцесса рассвирепела. Дело в том, что я успел ей рассказать о том, что буду просить у Исполнителя, и теперь Лори была готова на все.

Ловко подкатила Бана на своих гусеницах. Лори собралась скомандовать, но не успела: под накидкой, закрывавшей левое плечо Таммиона, что-то зашевелилось (похоже, наш однорукий проводник был не так уж и однорук). Затем складки накидки раздвинулись, и мы увидели культю — обрубок, свитый из жил: так могла выглядеть рука, побывавшая в пасти крокодила.

— Никакая попытка не заставит Хранителя выдать тайну! Я ничего не сказал ардуканцам, не скажу и тебе!

Мы с Тарком переглянулись. Пафос жреца и эмоциональная воинственность женщины нам поднаоели. Косагр поспешил отвести принцессу в сторону, а я поведал Таммиону в своем главном желании. Старик поморщился, но ничего не сказал. Затем настала очередь Тарка беседовать с горцем.

Они стояли над самой пропастью в свете трех местных лун. Тарк, если судить по движениям его губ, сказал буквально два слова. Жрец ответил тирадой — какой, не ясно. Потом они склонились над обрывком карты, и, пока мой напарник клал зажигалку, Таммион что-то на карте рисовал. А потом гордый горец вдруг бухнулся перед косагром на колени, поцеловал ему руку, сорвал со своей груди золотой знак жреца, швырнул его в пропасть и легкой походкой заспешил вниз, в долину.

**А**втоэр с женщинами мы оставили в снегах, в километре от места, указанного на карте. Слепило утреннее солнце. По скалам, покрытым льдом, мы с Тарком поднимались на одну из вершин Врат Ада, амфитеатра высоких гор, внутренние склоны которых обрывались в недоступное, а по легенде и бездонное, озеро. Мы шли к Исполнителю Энгеры.

Вот и вершина. Далеко внизу, в кольце гор, действительно голубело озеро. А потом, уже отдышавшись, мы увидели его.

Сделан он был из голубоватого металла с желтоватыми полосами, а формой напоминал банкомат, только громадный. Он мне сразу понравился. Солидная штукавина, абсолютный Исполнитель. И хотя все вокруг было укрыто снегом и льдом, к нему не прилипла ни одна снежинка.

Первым отправился нашептывать Исполнителю я.

Да, я не люблю быть серьезным. Серьезные личности напоминают мне выпотрошенных рыб. Но с улыбкой об этом не расскажешь... Когда я стал излагать заветное желание, мне словно рассекли грудную клетку мечом, раскрыли ее, и тогда душой я объял все мироздание до самых окраинных туманностей, дотронулся до самых конечных истин. И звездный шепот приказал мне молчать об этом вовек. Одним словом, повзрослел я за этот миг на тысячу лет.

Затем к «банкомату» шагнул Тарк. Тут я и понял, почему косагр пригласил на Энгеру именно меня. Из моих дружков по «Пьяному метеору» вряд ли бы кто устоял перед соблазном разрядить в это мгновение сканфер в затылок напарника.

А косагр не изменил себе даже перед вселенским Исполнителем. Шепнул пару слов. Все. Отошел.

Теперь предстояло выполнить обещание, которое Тарк дал Таммиону. Сканферами мы рассекли лед под Исполните-



## ФАНТАСТИКА

лем и поволокли голубчика к обрыву. Затем ухнули его в снежную бездну. Несколько выстрелов по соседним склонам — лавины, обгоняя друг друга, полетели вниз к озеру — и тысячи тонн снега похоронили Исполнителя навсегда. Тут же из голубизны бабахнула тройка молний (небеса явно возмутились), и все стихло. Мы двинули к автоэру.

По пути к нему моя обоженная Исполнителем душа стала заживать. И тут же проснулся ее «веселый черт». Он заговорил так: «Какое-то мелкое желанье у тебя получилось. Не мог получше придумать? Косагрик твой наверняка сочинил нечто грандиозное. О-го-го! Небось у него желанье! Спроси, спроси у Тарка, что нужно настоящему мужику!»

Спрашивать не хотелось, но до автоэра, с двумя женскими фигурками, стоявшими с ним рядом, оставалось всего ничего. И я спросил.

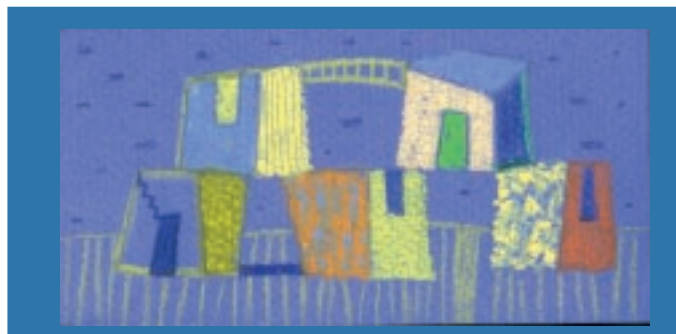
Тарк внимательно посмотрел на меня. Клацнула зажигалка. И в воздухе заструился сигарный дымок.

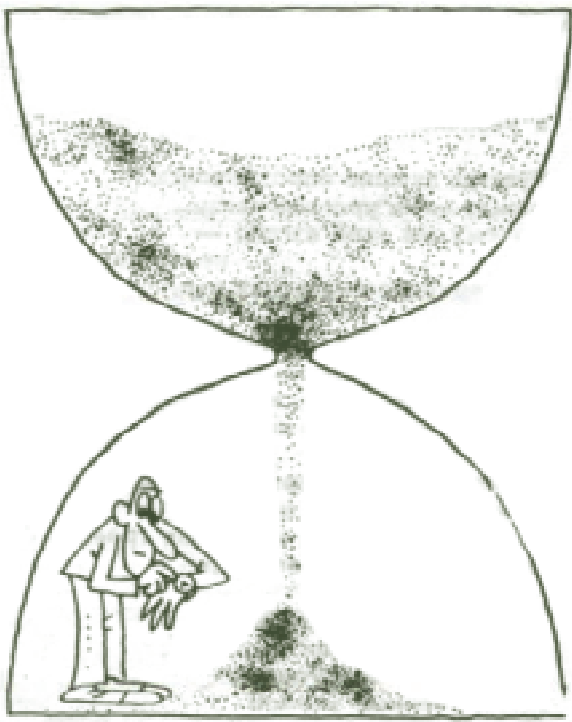
Звездолетчики, они парни наблюдательные. С первого раза эта плазменная рухлядь сработала, впервые с первого раза! Что, что попросил косагр? Абсолютную удачу?

Я повторил вопрос взглядом. В ответ Тарк усмехнулся, подбросил на ладони зажигалку и, затянувшись, выпустил тройку колец дыма. Он приглашал меня поломать голову над этой задачей, но мне уже было не до того. Когда-нибудь потом я призадумюсь над его намеками. Не сейчас. Время у меня теперь будет. Много времени. Ведь я попросил у Исполнителя долгой и счастливой жизни для нас с Лори.

И тогда я заорал в небеса, как орал только в школе, вылетая с уроков на крыльцо. И помчался вниз. Я торопился к ней, я бежал, кричал, а возле автоэра стояла, улыбаясь, и махала мне рукой моя Лори. Моя принцесса. Мое длинное счастье.

Оставалось мгновение. Миг. И, уже подбегая к принцессе, я вдруг разом и навсегда понял, чему усмехался Тарк. Он мог бы пожелать полмира, а попросил лишь то, что такому человеку, как он, необходимо и достаточно. Зажигалку, которая теперь будет безотказно работать до скончания времен.





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Зрелый подход к сортировке фисташек

Каждому любителю фисташек случалось испытать разочарование, когда в пакетике с орешками попадались экземпляры, которые так и не удалось вскрыть. Решение этой проблемы предложил американский инженер.

Недозревшие, нераскрывшиеся фисташки приносят не только огорчение потребителям, но и значительные убытки производителям. «Съедобные» орехи стоят дороже тех, которые вскрывают механически и используют при изготовлении мороженого и кексов.

Сейчас орехи сортируют в быстро вращающихся барабанах, внутренняя поверхность которых утыкана иглами. Они и подцепляют спелые экземпляры за открытый «рот». Но иногда каким-то непостижимым образом на иголку натывается «молчун» и не дает потом в полной мере насладиться содержимым пакетика с лакомством.

Сотрудник Американской сельскохозяйственной исследовательской службы Том Пирсон обратил внимание, что падающие орешки издают разные звуки в зависимости от того, раскрыты они или «держат рот на замке». Своё наблюдение он попытался применить на практике, в результате появилось новое устройство для сортировки (по сообщению агентства «New Scientist» от 20 ноября 2004 г.).

Со скоростью 25 штук в секунду фисташки подаются на стальную ленту, микрофон записывает звук удара, который анализирует специальное программное обеспечение: короткий — значит, орех еще незрелый, длинный — готов.

Устройство работает медленнее традиционного «игольчатого» барабана, но степень точности у него выше: 97% против 90%. Одна из калифорнийских компаний согласилась на проведение сравнительного анализа обеих установок. Ее представители утверждают, что «звуковая» сортировка позволит уменьшить потери от незрелых фисташек на 500 000 долларов в год, а также защитит потребителей от разочарования.

*Е. Сутоцкая*

## Пишут, что...



...в конце 2004 года астронавты на МКС ели больше, чем планировалось, так что пришлось даже присылать дополнительные контейнеры с питанием («New Scientist», 2004, т.184, № 2477, с.5)...

...на Марсе лежит как углекислотный, так и водяной снег, и распределение его по поверхности изменяется в течение года («Астрономический вестник», 2004, № 6, т.38, с.497–503)...

...первые опыты с растениями, помещенными на центрифугу в условия повышенной силы тяжести (до 10 g) были проведены в 1806 году («Авиакосмическая и экологическая медицина», 2004, № 5, с.3)...

...как показывает экстраполяция олимпийских рекордов по спринту на стометровке с 1900 года, женский рекорд на Олимпиаде-2008 составит  $10,57 \pm 0,232$  с, мужской —  $9,73 \pm 0,144$  с («Nature», 2004, т.431, № 7008, с.525)...

...более трети конфликтов у павианов анубисов в вольере завершаются церемонией примирения («Российский физиологический журнал имени И.М.Сеченова», 2004, т.90, № 10, с. 1229)...

...после пересадки печени или почек отдельные лейкоциты донора сохраняются в организме реципиента десятилетиями («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2004, т.101, приложение 2, с.14607–14614)...

...исследования коллекции из 108 почечных камней жителей Омска и области показали, что в их состав входят оксалаты (уэвеллит, уэдделлит), фосфаты (апатит, струвит, витлокит), а также кристаллы мочевой кислоты («Записки Всероссийского минералогического общества», 2004, № 5, с.94)...

...большая часть людей, которые смотрят репортажи о психотравмирующих событиях, таких, как захват заложников, не могут адекватно атрибутировать происходящее («Психологический журнал», 2004, т.25, № 6, с.73–81)...





...заражение пчелиных сотов клещом можно диагностировать методами акустики, регистрируя вибрацию с помощью специального прибора («Ветеринария», 2004, № 6, с.36)...

...в России самое перспективное направление для использования возобновляемых источников энергии (ветра, солнца и т. д.) — не конкуренция с большой энергетикой, а ее дополнение в районах, лишенных централизованного энергоснабжения («Горный журнал», 2004, спецвыпуск, с.25)...

...предложен метод полимеразной цепной реакции без предварительного выделения ДНК из крови рептилий для оперативных популяционно-генетических исследований, а также для редких и охраняемых видов («Зоологический журнал», 2004, т.83, № 10, с.1270)...

...доказано, что в конце позднего мела в Нижнем Поволжье жили летающие ящеры — птерозавры с размахом крыльев до 5 м («Палеонтологический журнал», 2004, № 6, с.78–80)...

...промышленное производство шампиньонов в России началось в середине 70-х годов XX века в двух питомниках около Москвы и Ленинграда («Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии», 2004, выпуск 3, с.154–157)...

...наиболее эффективный метод выделения целебных хинолизидиновых алкалоидов из маакии амурской — экстракция этиловым спиртом («Растительные ресурсы», 2004, т.40, выпуск 4, с.66–72)...

...создан алгоритм, позволяющий прогнозировать биологическую активность растительных препаратов известного состава («Химико-фармацевтический журнал», 2004, т.38, № 9, с.19–22)...

...в области «мнимых» концентраций (менее  $10^{-18}$  М, когда вероятность нахождения хотя бы одной молекулы близка к нулю), биологическая активность альфа-токоферола проявлялась только в полярных (водных) растворах («Доклады Академии наук», 2004, т.399, № 4, с.548–550)...



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Кто живет в соленой воде

Некоторое время назад ученые обнаружили микроорганизмы, живущие в чрезвычайно соленых водоемах. Ранее считалось, что в подобных условиях не могут существовать никакие формы жизни. Вдохновленные этим открытием специалисты решили исследовать еще более «недружественную» среду и нашли колонию микроорганизмов в насыщенных солью впадинах, расположенных глубоко в Средиземном море.

Около шести миллионов лет назад, изолированное от Атлантического океана, Средиземное море высыхло. Со временем солевые отложения в безжизненных водоемах присыпало землей. Когда связь с океаном была восстановлена, море вновь наполнилось водой, и соли снова размыло. Сейчас в таких местах концентрация хлорида магния достигает 476 граммов на литр. Ученые полагали, что в таком «рассоле» не могут существовать никакие живые организмы, поскольку плотная морская вода, которая вдвое солонее соевого соуса, высасывает молекулы воды из любых клеток (по сообщению агентства «Nature News» от 6 января 2005 г.).

Пауль ван дер Вилен, микробиолог из Нидерландов, решил проверить эту теорию. Он и его коллеги обратили внимание на четыре соленые впадины Средиземного моря, глубина которых достигает 500 метров, и отправили туда роботизированную субмарину взять пробы воды. Каково же было удивление ученых, когда они обнаружили в этих пробах фрагменты ДНК! Как удалось выяснить, ДНК принадлежала 50 неизвестным ранее видам эубактерий и 20 новым видам более примитивных архебактерий. Эти микробы могут существовать в самых жестких условиях и считаются одной из древнейших форм жизни.

Исследователи надеются добыть микроорганизмы из впадин и вырастить в лаборатории, чтобы понять, каким образом они ухитряются выжить. Ученые считают свое открытие весьма перспективным — благодаря ему можно предположить существование микроорганизмов в схожей среде на других планетах.

**М.Егорова**



КОЛЛЕКТИВУ УЧИТЕЛЕЙ из Смоленска: *Затрудняемся назвать моющее средство, которое хорошо отчищало бы с линолеума черные полосы от резиновой обуви, зато они легко оттираются ветошью, смоченной скипидаром.*

ИРИНЕ СТУЛОВОЙ, Москва: *Удалить зеленку с лица куклы Барби — задача сложная, а в запущенном случае и невыполнимая, поскольку спиртовой раствор бриллиантового зеленого быстро и глубоко проникает в мягкий пластик; попробуйте использовать неполярные растворители (спирт, диэтиловый эфир).*

Г.Л.АПАРНИКОВУ, вопрос из интернета: *Действительно, предприятие «Уфавита» прекратило выпуск пангамата кальция (он же витамин В<sub>15</sub>, кальгам, кальциевая соль эфира глюконовой кислоты и диметилглицина) и пока не планирует возобновлять его, а содержит это вещество в пивных дрожжах, цельном коричневом рисе, тыквенных и кунжутных семечках.*

А.В.ВОЛКОВОЙ, Санкт-Петербург: *«Золотая вода», которой в английских романах лечили нервные заболевания, — это водный настой цветов ландыша; название он получил из-за позолоченных флаконов, в которых его продавали.*

И.Н.ТАРАСЕНКО, Клин: *Вот один из упрощенных рецептов полировочной пасты ГОИ (Государственного оптического института): растопите в жестяной банке две части стеарина и одну часть хозяйственного мыла, затем всыпьте примерно семь частей окиси хрома и добавьте немного керосина, тщательно перемешайте и выложите в картонную коробку.*

В.В.КОВАЛЕНКО, Брест: *СПИД в технике — конечно же не синдром приобретенного иммунодефицита, а система «станок — приспособление — инструмент — деталь»; что поделать, аббревиатуры иногда совпадают.*

Неизвестным спамерам: *Вашу мантру «замотивированные продажники — стабильные продажи» мы взяли в качестве темы для медитации, и просветление явило себя в следующих словах: «Навязчивая реклама — ненависть потенциальных клиентов».*

# Мифы о том, что мы пьем и едим



Говоря о мифах «Химии и жизни», никак нельзя обойти вниманием пищу и питье. Все, что мы едим или пьем, — сразу и химия, и жизнь, и предмет каждодневного горячего интереса для любого живого организма, читающего или нечитающего, и в то же время загадка. Мало кто, прежде чем положить кусок в рот, подвергает его химическому анализу. Можно, конечно, прочесть, что написано на этикетке. Но, во-первых, написано мелко и читать лень, во-вторых, не все слова и цифры понятны, а в-третьих, этикетки есть не на всем съедобном. На пирожке, вынутом из печки, нигде не написано, что процесс образования румяной корочки сопряжен с карамелизацией углеводов, а увеличение в объеме — с выделением из теста углекислого газа, который наработан дрожжами либо получается при термическом разложении гидрокарбоната (то бишь соды или пекарского порошка).

Впрочем, выпечка — это тривиально, тут все подробно изучено и популяризовано. А вот, например, японский чайный гриб. Существо, очевидно, живое, поскольку способно наращивать свою массу за счет питательных веществ окружающей среды, в обмен обогащая эту жидкую среду другими вкусными и полезными веществами. Гриб этот любители растят у себя на кухнях, холят, лелеют и с удовольствием пьют «чайный квас», от которого, говорят, сплошная красота и здоровье. Руководство по уходу за чайным грибом и потреблению настоя обычно передается вместе с кусочком «рассады», переписанное от руки или отсканированное, как «письмо счастья». Более серьезные документы встречаются редко. Что странно, поскольку мода пить чайный квас — совсем не новая: у нас она появилась после возвращения солдат с русско-японской войны («Химия и жизнь», 1986, № 9). Кстати говоря, чайный гриб — вовсе не гриб, а культура бактерий *Vacterium xylinum*. Вдобавок он и не японский: японцы познакомились с ним через Европу. А вот про антисептические и биостимуляторные свойства — чистая правда: в настое сахар, уксусная, глюконовая, лимонная,

щавелевая и пировиноградная кислоты, ферменты, витамины В<sub>1</sub>, С, Р, кофеин, дубильные и антибиотические вещества. Пейте на здоровье и заботьтесь о подопечном, не давайте ему засохнуть или умереть с голоду.

Еще один знаменитый миф — этиловый спирт в кефире. Этот миф даже попал в «Улитку на склоне» А. и Б.Стругацких. Установить, какой такой кефир (и кефир ли вообще) пили персонажи фантазмагории, не представляется возможным. Но по поводу реально существующего продукта сомнений быть не может. Хотя некоторые справочники по диетологии и утверждают обратное, в свежем кефире этанола практически нет. Специально был поставлен дорогостоящий эксперимент, и газохроматографический анализ этанолового пика не дал («Химия и жизнь», 1987, № 7). А это означает, что спирта в кефире ну никак не больше 0,01%. Другое дело, когда тот же кефир постоит при комнатной температуре дня два, особенно подслащенный. В этом случае спирт, конечно, появится как продукт брожения. Но сотые — тысячные доли процента этанола, найденные в кефире и других кисломолочных продуктах, не делают их алкогольными напитками хотя бы потому, что эти количества сравнимы по порядку величин с естественной концентрацией этанола в крови человека. (Исключение составляет только кумыс, в котором спирта все же 1,2–1,6%, но этот напиток и был сотворен народной мыслью как слабоалкогольный.) Кстати, в виноградном соке для детского

питания содержится в среднем 0,33% спирта.

Поясняем для самых молодых читателей: история с кефиром заварилась не просто так, а на гребне печальной знаменитой антиалкогольной кампании. Были энтузиасты, которые совершенно серьезно предлагали ограничить продажу кефира, запретить его пить водителям автотранспорта и изгнать опасный напиток из детских учреждений, чтобы не травить алкоголем растущие организмы. Уверенность в своей правоте у этих граждан была колоссальная: после публикации результатов анализа в журнал стали приходить возмущенные письма, обвиняющие экспертов в подлоге и беспринципной лжи. Миф живет до сих пор. Однако газовый хроматограф не переубедить: ну нету в свежем кефире алкоголя, хоть убейте. А характерный резкий вкус обусловлен молочной кислотой.

Кстати о брожении. Спросите современного человека, можно ли квасить капусту или заготавливать грибы без соли, и почти каждый ответит: «Нет, конечно!» А между тем соль в соленьях не обязательна: главную роль играют молочнокислые бактерии, которые питаются сахарами, содержащимся в соке. Наши предки, жившие в те времена, когда соль стоила дорого, на закваску капусты ее не расходовали. Но вообще-то с солью лучше: она препятствует размножению «ненужных» бактерий, которые могут испортить продукт. А почему соль часто берут не самую чистую, «экстра», а сортом ниже — из-за того, что в менее очи-



ЮБИЛЕЙ

щенном продукте кроме NaCl содержится соли кальция и магния, которые препятствуют размягчению огурцов и капусты, внедряясь в растительную ткань («Химия и жизнь» 1995, № 7).

Наконец, вернемся к выпечке, с которой начали эти заметки. Как получается печенье с шоколадной крошкой? Почему в жаркой духовке кусочки шоколада не расплавляются и не окрашивают тесто, а остаются компактными, хотя положи на противень кусочки такого же шоколада — будет лужица? В фантастических романах Терри Пратчетта этим вопросом мучился сам Смерть (по-английски — лицо мужского пола), который в свободное от основной работы время увлекался кулинарией. Ответа, кстати, он так и не узнал. Специально для этой важной персоны повторяем правильный ответ («Химия и жизнь», 2004, № 9): шоколад расплавляется, но не растворяется в тесте. И хорошо, что не растворяется, — так вкуснее.

А. Ефимов





# ASDD MOSCOW

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 - Kiji - Valaam - St.Petersburg

#### International Organizing & Scientific Committee:

Chairman of the Symposium  
Eugene Vaisberg, CEO, ChemBridge Corporation

Chairman of the Chemistry Track  
Alex Polinsky, Ph.D., Vice-President, Pfizer

Chairman of the Biology Track  
Andrei V. Gudkov, Ph.D., Chairman, Dept. of Molecular Biology,  
The Cleveland Clinic Foundation

Chairman of the Informatics Track  
Ruben Abagyan, Ph.D., Professor, The Scripps Research Institute

#### Committee Members:

Sergey Altshfeyn, ChemBridge Corporation,  
Eugene V. Koonin, Ph.D., NIH  
Andrei Vasil'ev, Dr.ScI., Zelinsky Institute of Organic Chemistry  
Galina Selivanova, Ph.D., Karolinska Institutet



● Kiji

Valaam ●

● St.Petersburg



● Moscow



Organized by

  
[www.ChemBridge.ru](http://www.ChemBridge.ru)

[www.asdd.org](http://www.asdd.org)  
e-mail: [asdd@chembridge.ru](mailto:asdd@chembridge.ru)  
tel. 7-095-7750654 ext 1095

We would very much appreciate if in support of this unique event you will spread this information to All your Russian speaking friends and colleagues in the US and European scientific community.

