



Ж

3  
2011

ЖИЗНИ И ВШИХ







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег.№ 014823

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Б.А.Альшuler,  
Л.А.Ашкинази,  
В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич,  
С.М.Комаров,  
Н.Л.Резник,  
О.В.Рындина

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 4.3.2011

**Адрес редакции**  
105005 Москва, Лефортовский пер. 8  
**Телефон для справок:**  
8 (499) 267-54-18  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Джини Трилетт. Даже  
самый неинтересный биообъект  
расцветет удивительными красками,  
если правильно посмотреть. Читайте  
об этом в статье «Невидимая радуга  
крыльев».*

*Трагедия начнется не тогда, когда некому  
будет писать статьи в «Nature».  
Трагедия начнется тогда, когда некому  
будет читать статьи в «Nature».*

*М.С.Гельфанд*

# Содержание

**Проблемы и методы науки**

ОТПЕЧАТКИ МОЛЕКУЛ. В.В.Благутина ..... 2  
НЕВИДИМАЯ РАДУГА КРЫЛЬЕВ. Е.Клещенко ..... 8

**Гипотезы**

ПРОГРЕССОРЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ. Н.Л.Резник..... 12

**Размышления**

НАСТУПИЛ АНТРОПОЦЕН? С.М.Комаров ..... 16

**Архив**

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О НООСФЕРЕ. В.И.Вернадский..... 20

**Год химии**

НЕФТЬ, УГОЛЬ, «ГАЗОВЫЙ СВЕТ». И.А.Леенсон ..... 22

**Технологии**

ПОЛЕЗНАЯ ЗОЛА. Л.Я.Кизильштейн..... 26

**Вещи и вещества**

КУДА ДЕВАТЬ ГЛИЦЕРИН? Р.Акасов ..... 28

**Земля и ее обитатели**

САМООЧИЩЕНИЕ МАЛЫХ РЕК. Е.К.Еськов, М.А.Розенберг ..... 32

**Нанофантастика**

ЛУННАЯ ДОРОЖКА. Вячеслав Золотарев ..... 35

**Дневник наблюдений**

ИЗГНАНИЕ ИНОРОДНОГО ТЕЛА. Н.Анина..... 36

**Гипотезы**

ПОЛЕТ КЕТЦАЛЬКОАТЛЯ. А.Мотыляев ..... 38

**Расследование**

НУ ТАК НАКАПАЙТЕ! И.А.Леенсон ..... 40

**Криминальная химия**

КОЕ-ЧТО О ЦИАНИСТОМ КАЛИИ. Е.Стрельникова..... 42

**Проблемы и методы любви**

ГАРАНТИЯ ВЗАИМНОСТИ. Помпонию Квадрат ..... 50

**Что мы едим**

СОДА. Н.Ручкина. .... 54

**Фантастика**

ХУДОЖНИК ЗИБЕЛЬМАН. Ольга Леданика ..... 56

**Из писем в редакцию**

УРАНОВЫЕ СНАРЯДЫ ВЕРМАХТА. И.И.Гольдфаин..... 60

**Материалы нашего мира**

НЕ ВСЕ ТО БРИЛЛИАНТ, ЧТО БЛЕСТИТ. М.Демина ..... 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	6	КНИГИ	61
ИНФОРМАЦИЯ	11,47, 59	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	34	ПИШУТ, ЧТО...	62
ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ	48	ПЕРЕПИСКА	64



# Отпечатки молекул

Кандидат химических наук  
**В. В. Благутина**

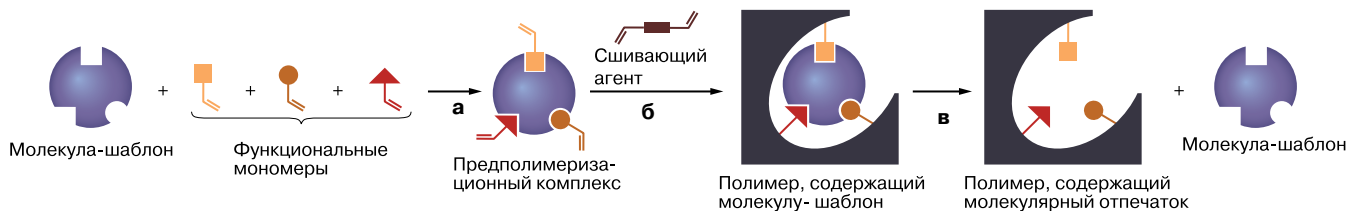
Самый умный создатель — природа. Именно она придумала наиболее совершенные механизмы и методы. Ученые же пытаются заимствовать их у природы, и это иногда им неплохо удается. Например, в живой природе широко распространен элегантный способ распознавания молекул по принципу «ключ — замок» (так ре-

цептор узнает сигнальную молекулу, а антитела — антигены). Химики создали свой метод, основанный на том же принципе, и назвали его молекулярным импринтингом (molecular imprinting polymers, MIPs), или методом молекулярных отпечатков.

Метод позволяет получать органические и неорганические материалы с особыми свойствами. В них формируются участки (так называемые отпечатки), распознающие только те молекулы, которые использовали в качестве шаблонов при синтезе этих материалов. Распознавание предполагает, что мо-

лекула-шаблон будет соответствовать своему отпечатку не только по форме и размеру, но и как-то связываться с ним.

Материалы с молекулярными отпечатками имеют давнюю историю. Еще в начале 1930-х годов наш химик М.В.Поляков сделал первые сорбенты, которые обладали повышенной специфичностью к веществу, использованному при синтезе. Он сформировал силикагель в присутствии алкилбензолов и обнаружил, что силикагель приобретает к ним повышенную (примерно на 15%) избирательность — то есть



## 1

**Синтез полимеров с молекулярными отпечатками: а — образование комплекса между полимером и шаблоном, б — образование полимерной матрицы с шаблоном внутри, в — удаление шаблона**

адсорбирует их лучше, чем другие соединения. Независимо от Полякова, эта мысль в 40-х годах прошлого века пришла Лайнусу Полингу, и он поручил ее экспериментально проверить своему ученику Ф.Х.Дикки. Дикки показал, что полученный материал действительно способен избирательно удерживать то вещество, которое он использовал в качестве молекулярного шаблона при синтезе. Кстати, Полинг благородно не вписал себя в соавторы работы, хотя идея принадлежала ему.

Природа обнаруженного явления была не очень понятна — с ней разобрались гораздо позже, когда появились более совершенные методы анализа. Поэтому считается, что полимеры с молекулярными отпечатками открыли в 1972 году. Несмотря на такую давнюю историю, сегодня интерес к ним только растет, и неудивительно. Ведь это высочайшие технологии — сделать сорбент, который уберет из смеси только один компонент, создать на основе такого материала сенсор, способный улавливать минимальные количества определенного вещества, или же искусственные антитела, которые удалят из организма вредные молекулы.

Потенциальная область применения просто огромна. Достаточно упомянуть фармацевтический рынок (где часто нужно очень тонко разделить вещества), очистку воды и переработку промышленных и бытовых отходов. Для примера, рынок хроматографических колонок только в США оценивают в более чем 500 млн. долларов, и доля полимеров с молекулярными отпечатками в нем уже сегодня составляет 1—3% от оборота.

## Как сделать

В общих чертах методика получения MIPs включает три этапа. Сначала делают смесь исходных мономеров и молекулярного шаблона (который потом должен будет распознаваться). Между ними образуется комплекс (рис. 1), причем он может формироваться за счет ковалентных связей (тогда это ковалентный молекулярный импринтинг), и за счет нековалентных межмолекулярных

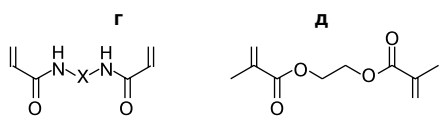
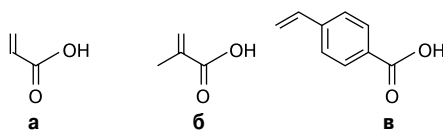
взаимодействий (соответственно этот процесс называется «нековалентный молекулярный импринтинг»).

На втором этапе мономеры полимеризуют, и получается матрица, содержащая участки с включенным шаблоном. На третьем этапе шаблон из полимера разными способами убирают, а в материале остаются полости, которые по размеру, форме и расположению функциональных групп полностью соответствуют шаблону.

Если бы эту схему можно было воспроизвести в идеальном варианте, то синтетический полимер обладал бы такой же избирательностью по отношению к молекулам, как и природные антитела к антигену. Кстати, поэтому материалы, полученные методом молекулярного импринтинга, часто называют имитаторами антител («antibody mimics»). Но достичь природной избирательности все-таки не получается.

Матрица материалов с молекулярными отпечатками может быть органической или неорганической. Начнем с первого варианта — в этом случае у ученых больше выбор, и они достигли более впечатляющих результатов.

Самый простой и универсальный способ — смешать шаблон с органическим мономером, запolyмеризовать мономер (сшить его) и удалить из полимера шаблон, ничего не выделяя на промежуточных этапах. В этом простом варианте шаблон и мономер подбирают так, чтобы они связывались друг с другом слабыми взаимодействиями, например водородными связями, непосредственно перед полимеризацией



## 2

**Мономеры (а,б,в) и сшивающие агенты (г,д), которые используют для синтеза полимеров с молекулярными отпечатками**

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

(нековалентный молекулярный импринтинг.) Методика несложная, да и шаблон легко удалить из готового материала обычным растворителем.

Как в этом случае происходит молекулярное распознавание? Сначала ученые считали, что ключевую роль здесь играет соответствие шаблона и полости по форме и размерам. Но потом оказалось, что движущая сила — соответствие между функциональными группами молекулы-шаблона и центра распознавания (для этого используют геометрический термин «комплементарность»).

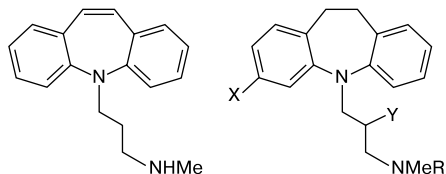
Сегодня уже подобрано множество вариантов мономеров и сшивающих агентов (рис. 2). Чаще всего используют акриловую кислоту и ее производные, поскольку она образует комплексы с очень многими соединениями: аминами (с помощью ионной связи), амидами, карбаматами и спиртами (с помощью водородной связи). Материалы, в которых шаблон и отпечаток связываются электростатическими или ионными взаимодействиями (то есть более сильными, чем водородные), избирательнее и эффективнее. Например, нековалентный импринтинг позволяет разделить D- и L-формы фенилаланина.

Существует и другой подход — ковалентный импринтинг. Комплекс между шаблоном и мономером синтезируют заранее, и они соединены прочной ковалентной связью. В этом случае удалить шаблон из полимера не так просто — для этого приходится разрушить химическую связь. Зато функциональная группа, ожидающая свою «цель», потом всегда четко и правильно расположена в полости. Конечно, такой способ гораздо более трудоемок и на этапе выбора подходящих компонентов, и при экспериментальной реализации. Поэтому естественно, что нековалентный импринтинг изучают и используют активнее.

Тем не менее есть интересные примеры и с ковалентным импринтингом. Скажем, высокоизбирательный сорбент к антидепрессанту нортриптилину и



другим трициклическим антидепрессантами (рис. 3). Разделить их очень сложно, но ковалентный импринтинг дает такую возможность. Таким же образом сделали сорбент, селективно адсорбирующий холестерин. А если холестерин в смеси с гормоном эстрадиолом разделять на сорбентах, полученных методом нековалентного импринтинга, эффективность падает.



3  
*Антидепрессанты схожего строения, которые можно разделить с помощью материалов с молекулярными отпечатками*

## Неорганические подложки

Методы синтеза органических полимеров с молекулярными отпечатками разработаны хорошо, но сами полимеры не слишком удобны в применении. Например, они набухают, могут менять свою форму, не очень хорошо проникаемы для молекул-целей, которые надо связывать. Поэтому было бы интересно модифицировать таким же образом неорганические носители. Особенно они будут полезны для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и катализа.

Есть несколько путей модификации неорганических соединений — можно модифицировать их во всем объеме или только по поверхности. Например, известно, что если на стадии приготовления силикагеля добавить шаблон, то вроде бы в нем получаются объемные поры. Ученые надеялись, что, поскольку в поры могут избирательно заходить определенные соединения (промежуточные продукты реакции), это, возможно, позволит катализировать химические реакции. Но оказалось, что очень трудно контролировать размер и количество образующихся пор и так же непросто доказать, что результаты, которые получаются с модифицированным силикагелем, зависят именно от этих пор. Гораздо легче модифицировать только поверхность неорганического носителя.

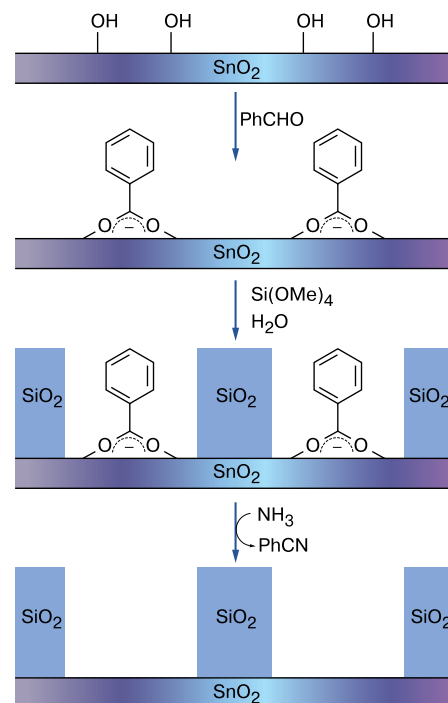
Здесь эффект будет стабильным, если отпечаток химической привязать к неорганической поверхности с помощью ковалентной связи. Для этого надо к гидроксильной поверхности минеральной подложки (например, кремнезема  $\text{SiO}_2$  или  $\text{SnO}_2$ , которые содержат до 4,5 гидроксильных групп на каждом квадратном нанометре

поверхности) привязать шаблон, изменить поверхность вокруг него, а потом шаблон убрать (рис. 4). После такой модификации на поверхности носителя остаются участки, которые по форме соответствуют шаблону, а по химическим свойствам отличаются от модифицированной поверхности. Есть еще способ: закрепить на поверхности сложные молекулы с помощью нескольких связей, чтобы распознающий фрагмент сложной молекулы оказался бы на определенном расстоянии от поверхности.

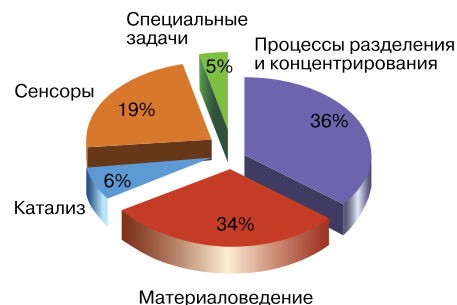
Такие модифицированные поверхности ученые сделали, используя оксид алюминия, олова, кремния. Но выбор возможных соединений-шаблонов не очень широк. Очевидно, что не всякий шаблон будет адсорбироваться на поверхности достаточно сильно, чтобы не смыться при ее дальнейшей модификации. С другой стороны, связывание должно быть обратимым — ведь потом шаблон надо удалить.

Несмотря на все эти тонкости, сегодня сформировалось целое направление — такими способами создают катализаторы с молекулярным распознаванием. Идея в том, чтобы подобрать шаблон, который был бы похож на «комплекс переходного состояния», образующийся в процессе конкретной реакции. Тогда реакция пойдет именно по этому пути. Многие исследователи доказали, что такой подход действительно работает — в частности, так можно получать стереоспецифичные катализаторы, на которых соответственно синтезируются стереоспецифичные молекулы.

Самым удачным надо признать сочетание методов: на поверхность неорганического носителя и на его



4  
*Получение молекулярных отпечатков на неорганической поверхности  $\text{SnO}_2$*



5  
*Области применения материалов с молекулярными отпечатками*

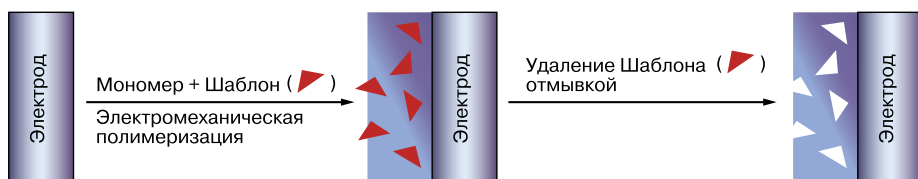
## Сети для вирусных белков

Группа исследователей из Бостонского колледжа (США) опубликовала в 2010 году в журнале «Nature Nanotechnology» статью о том, что они создали новый сенсор из углеродных нанотрубок, покрытых тонким слоем полимера, который способен распознавать белки в минимальном количестве (Nature Nanotechnology, 2010, № 5). Как считают создатели сенсора, он может стать ключевым инструментом в диагностике ряда заболеваний.

Сенсор из нанотрубок способен выявить человеческий ферритин (основной железосодержащий белок) и онкобелок E7 из папиллома-вируса человека. Дальнейшие тесты показали, что сенсор узнает и разновидности белка.

Революционность работы в том, что известные до сих пор сенсоры с молекулярными отпечатками способны были распознавать разные органические вещества, но не белки. Основа нового сенсора — набор нанотрубок в 300 раз тоньше человеческого волоса, покрытых полимером с молекулярными отпечатками, которые могут распознавать белки, в концентрациях менее пикограмма на литр. Когда молекула белка втягивается в свое зеркальное отражение и заполняет пустоту, меняется сопротивление нанотрубок.

Существенно, что результаты получаются в реальном времени, поэтому не надо ждать лабораторные анализы в течение нескольких дней или недель. Но главное, таким образом можно обнаружить папиллома-вирус человека и другие вирусы гораздо быстрее, чем позволяют существующие методы диагностики. Кроме того, новый метод идентифицирует вирус напрямую.



6

### Получение молекулярных отпечатков на поверхности электродов

поры наносят пленку из органического полимера, уже несущего в себе молекулярные отпечатки. Синтез таких полимеров отработан хорошо, поэтому если закрепить на поверхности силикагеля группы, способные потом участвовать в полимеризации, то слой полимера с уже сформированными отпечатками намертво прилипнет к неорганической поверхности или к порам. Например, подобным способом пытаются получить избирательные сорбенты для жидкостной хроматографии.

### Сенсоры, антитела и прочее

Поиск новых материалов с молекулярными отпечатками продолжается. Они нужны прежде всего как сорбенты для ВЭЖХ, материалы для мембран и сенсоров, основа для искусственных антител (рис 5). Преимущества сорбентов с молекулярными отпечатками очевидны: они избирательны по отношению к целевым молекулам, относительно недороги, стабильны, их легко адаптировать к разным практическим приложениям. Нельзя не упомянуть,

что благодаря сверхсшитой природе MIPs также устойчивы к физическим и химическим воздействиям, в том числе к нагреванию, органическим растворителям, действию кислот и оснований. Их можно хранить, можно регенерировать и повторно использовать много раз без потери «памяти», то есть молекулярного распознавания.

С помощью таких избирательных сорбентов, как уже говорилось, можно было бы очищать воду, а также перерабатывать промышленные и бытовые отходы. Возможно, они пригодятся при решении одной из самых острых проблем фармацевтической промышленности — получения и очистке рекомбинантных белков и моноклональных антител.

Отдельно надо сказать о химических сенсорах на основе полимеров с молекулярными отпечатками. Возможно, они станут альтернативой дорогим и не очень стабильным биосенсорам. Сегодня таким образом уже можно распознать гербициды, сахара, лекарства, нуклеиновые кислоты, отравляющие и многие другие вещества. Большой плюс в том, что чувствительный слой можно по-

### Полимерное антитело

В 2010 году японские ученые создали искусственное антитело на основе полимеров с молекулярными отпечатками, и оно уже заработало внутри живого организма (J. Am. Chem. Soc., 2010, № 132). Существует специальная методика получения настоящих белковых антител в клеточной культуре, однако это дорогой способ, и сами антитела нестабильны вне организма. В основном их используют при раковых и аутоиммунных заболеваниях. Поэтому искусственные антитела, созданные химическими методами, — рыбок вперед в этой области.

Сначала был выбран объект — пчелиный яд. Точнее, синтезирован его шаблон — последовательность аминокислот, повторяющих мелиттин, основной компонент пчелиного яда. Потом в присутствии этого шаблона приготовили полимер на основе метакриловой кислоты и удалили имитатор яда. А в полимере остались пустоты, которые специфически могут распознавать мелиттин и связывать его. Полимер «натаскан» на специфическое распознавание пчелиного яда и может связывать его аналогично антителам.

Полученные искусственные антитела исследовали на токсичность и таковой не обнаружили. Но как они себя поведут в организме? Подопытным мышам вводили смертельную дозу мелиттина (после этой дозы 100% животных погибало менее чем через час). Одну группу — контрольную — оставили без помощи, а другой сразу после инъекции пчелиного яда вводили искусственные антитела, избирательно настроенные на мелиттин. Еще одной группе мышей делали инъекции аналогичного препарата, но не содержащего в структуре «отпечатков» пчелиного яда. С искусственными антителами выжило более 50% животных. Впрочем, осталась в живых и очень небольшая часть мышек, которым вводили препарат без отпечатков, но их количество было много ниже уровня статистической значимости.

Это первая такая работа: до сих пор никто еще не выполнял экспериментов, которые доказывали бы эффективность искусственных антител *in vivo*. Теперь ясно, что подобная технология позволит создавать искусственные антитела, пригодные для борьбы с опасными токсинами и патогенами.



### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

лучать прямо на электродах — это очень важно для микро- и мультисенсоров (рис. 6). Так были сделаны, например, электроды, селективные к производным анилина.

Самые впечатляющие результаты получены на органических полимерах, поскольку в этом случае легко варьировать мономеры, сшивающие агенты, а также управлять структурой полимера. Конструирование минеральных матриц пока остается на втором плане. С ними удобно работать, но их трудно контролировать изменять, а главное — отпечатки, которые на них получают, зачастую соответствуют шаблону только по форме. Именно поэтому сочетание двух подходов — органические полимеры с отпечатками, нанесенные на поверхность и поры неорганического носителя, кажется наиболее перспективным.

Успехи ученых в биомиметике — подражании природе — неоспоримы, но все же это большей частью пока фундаментальные исследования. Только в редких материалах ученым удается увеличить специфичность распознающего материала более чем на 30%, тогда как биологическая эволюция создала 100%-ную специфичность во взаимодействии «антиген—антитело». Будем снисходительны — в конце концов, у природы были миллионы лет, а история органического синтеза не насчитывает и двух столетий.

*При подготовке статьи использован обзор доктора химических наук Г.В. Лисичкина и Ю.А. Крутякова «Материалы с молекулярными отпечатками: синтез, свойства, применение» («Успехи химии», 2006, № 10).*

*Автор благодарит профессора Георгия Васильевича Лисичкина за помощь в подготовке этого материала.*



**Солнце на воде**

Разместив солнечную батарею на поверхности пруда, можно добиться немалого успеха.

Elyakim Kassel, info@solaris-synergy.com

**С**олнечная электростанция занимает много места, ведь чем больше площадь батарей или зеркал, тем больше энергии они соберут. А земли мало, особенно если станцию строят не в пустыне, а в обжитом районе, где и организовать обслуживание проще, и потребитель ближе.

Возможный выход предлагают инженеры израильской компании «Солярис синерджи» и их французские коллеги. Они создали батарею, которую можно положить на поверхность водоема. В результате удастся решить сразу несколько задач: сэкономять дефицитную землю, упростить конструкцию и охладить солнечную батарею. Последнее очень важно: если батарея мало нагревается, можно использовать более эффективные материалы, которые иначе разрушились бы из-за теплового расширения. Благодаря этому, а также использованию концентраторов света удается снизить стоимость электричества. Кстати, плавучую станцию можно использовать и в качестве понтонного места, как видно на фотографии. «В феврале мы начали испытания, установив станцию на пруду в тридцати километрах от курорта Эйлат и подключив ее к сети Израильской электрической корпорации. Мы хотим не только выяснить, какова будет стоимость такого электричества, но и выявить влияние электростанции на жизнь водных существ. Мы считаем, что для размещения таких станций лучше всего подходят искусственные водоемы», — говорит руководитель работы, доктор Эльяким Кассель.



**Азот дремучего леса**

Только старые, поросшие мхом деревья способны обеспечить лес азотом.

Zoë Lindo, zoe.lindo@mail.mcgill.ca

**Б**ез азота нет жизни. Однако забирать его из воздуха и превращать в пригодный для потребления растениями вид могут лишь некоторые микроорганизмы (и человек с помощью химических технологий). Поэтому там, где их нет, растениям приходится трудно. Долгое время считалось, что основные природные изготовители удобрений — это азотфиксирующие клубеньковые бактерии, прижившиеся на корнях некоторых растений. Однако недавно было установлено, что тем же самым занимаются и синезеленые водоросли, обитающие в лесном мху.

Ученые из монреальского Университета Мак-Гилла во главе с доктором Зоэ Линдо решили сравнить симбиозы различных таежных мхов с водорослями. И обнаружили, что больше всего азота фиксируют водоросли, обитающие на верхних ветках деревьев: 0,76 кг азота на гектар в год, а те, что населяют мхи в районе корней, всего 0,26. Поскольку елка зарастает мхом до вершины не ранее, чем в столетнем возрасте, и чем старше она, тем больше на ветках мха, получается, что старые деревья очень важны для удобрения лесной почвы: с отмирающими водорослями органический азот рассеивается по всему лесу. Можно сказать, что скорость роста леса напрямую зависит от плотности расположения таежных патриархов. Отсюда мораль: при рубке леса не стоит уничтожать все старые деревья. Иначе придется тратить на выращивание нового леса слишком много удобрений.

**Лекарство для комара**

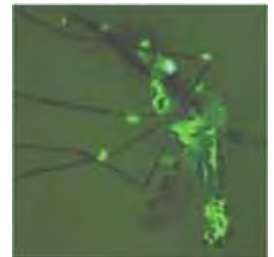
От малярии нужно лечить комаров, тогда и люди будут меньше болеть.

«Science», 2011, т. 331, № 6020.

**М**аларийный комар «не только вреден, но и полезен», как это говорил про пиво поутру Николай Фоменко. С одной стороны, комариха — разносчик заразы. А с другой — корм для лягушек, рыб и птиц. Уничтожь комара, и они будут страдать от голода. Поэтому после решительного натиска на комаров, который в первой половине XX века избавил от малярии целые страны, возникла идея мирного сосуществования с комарами в целом и прицельного изведения именно разносчика малярии. Чего только ни придумывали ученые — и выпускать бесплодных самцов, и устраивать ловушки, и прицельно сбивать малярийных комарих лазером, — ничего не помогает. Очередную попытку решили предпринять энтомологи из Мэрилендского университета во главе с профессором Раймондом Сент-Легером. Они предлагают лечить от малярийного плазмодия самих комаров.

Есть такой грибок, *Metarhizium anisopliae*. Он поражает комара и живет в его гемолимфе, но тот погибает не сразу (как после приема ДДТ), а успеваает оставить потомство. В одну линию грибка встраивали ген, кодирующий человеческие антитела к возбудителю малярии, в другую — ген применяемого для борьбы с малярией белка яда скорпиона, распыляли трансгенные споры над экспериментальным участком. Там, где распыляли трансгенный грибок, плазмодий нашли у четверти комаров, причем его концентрация составляла лишь 5% от контрольной. Там, где распыляли дикий грибок, — его нашли у 87%, а в контроле, без грибка — у 94%. Получив положенные разрешения на использование трансгенных культур, ученые собираются в ближайшее время применить свою методику для борьбы с малярией в Африке.

По мнению профессора Сент-Легера, аналогичным способом можно бороться и с другими болезнями, распространяемыми насекомыми, прежде всего с болезнью Лайма, которую переносят клещи. К сожалению, он ничего не говорит про бич сибирской тайги — энцефалит. Но может быть, кому-нибудь удастся испробовать поражающий клещей трансгенный грибок и на этой убийственной заразе. Кстати, не стоит забывать и о том, что в связи с глобальным потеплением другие страшные «комариные» болезни, вроде лихорадок Денге и Западного Нила, быстро перемещаются на север.



**Сердце залечивает рану**

Новорожденная мышь способна починить собственное сердце.

«Science», 2011, т. 331, № 6020.

**Р**ыбы заново выращивают оторванные плавники. Ящерицы — хвосты. Увы, взрослым млекопитающим такое и не снилось. А вот у новорожденных способности к регенерации тканей поистине феноменальны. В этом убеждали исследователи из Техасского университета во главе с доктором Хешамом Садеком.

Они взяли новорожденного мышонка и удалили ему 15% сердца. Операция не была смертельной — довольно скоро сердце полностью залечило свои повреждения. Ученые предполагают, что после операции некоторые кардиомиоциты перестали сокращаться и начали размножаться, пока форма органа не была восстановлена.

«Неспособность сердца восстанавливаться после повреждения — самая главная помеха для сердечно-сосудистой хирургии, — говорит доктор Садек. — Сейчас мы стремимся понять, как сердце новорожденного умудряется восстанавливаться и как оно утрачивает эту способность. Может быть, нам удастся найти способ, который поможет больному сердцу вспомнить детство».



**Алмазная планета**

*Найдена планета, на которой углерода больше, чем кислорода.*

«Nature», 2011, т. 469, с. 64, doi: 10.1038/nature09602

**Н**а Земле, да и вообще в Солнечной системе углерода гораздо меньше, чем кислорода. На Солнце отношение их концентраций равно 0,56, а на Земле еще меньше. Однако так дела обстоят не везде. Это установили астрохимики из США и Великобритании, изучавшие данные роботов-телескопов, которые в рамках проекта поиска планета SuperWASP круглосуточно сканируют звездное небо. Заинтересовавшись одной из открытых роботом планет, принадлежащей к классу горячих юпитеров и расположенной на расстоянии 1200 световых лет от нас, — они направили на нее космический телескоп «Спитцер» NASA. Тот измерил спектры поглощения света звезды атмосферой планеты, и по ним удалось определить ее химический состав. Планета оказалась не похожей ни на один известный горячий юпитер: в ее атмосфере метана было в сто раз больше, а воды в сто раз меньше, чем обычно. Так могло получиться, если основной протопланетного облака в этой системе был не водяной лед, как у нас, а куски гудрона. «Это означает, что путь формирования Солнечной системы — не единственный. Есть и другие, приводящие к совершенно иным результатам. Если вокруг этой звезды вращаются маленькие каменные планеты, то на них вместо скал, сложенных породами на основе диоксида кремния, будут графитовые утесы с алмазными булыжниками, между которыми струятся черные реки нефти, — говорит участник работы доктор Марек Кукула из Королевской Гринвичской обсерватории. — Жизни на такой планете придется довольствоваться минимумом воды».

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

**Минимальный компьютер**

*Создана частица умной пыли.*

David Blaauw, blaauw@umich.edu

**П**омимо закона Мура насчет удвоения плотности транзисторов на интегральной схеме раз в два года, есть еще закон Белла — появление нового класса компьютеров меньшего размера каждые десять лет. Созданные в 60-х годах ламповые ЭВМ сменились полупроводниковыми, затем в 80-х годах появились настольные персональные компьютеры, в 90-е годы — ноутбуки, в 2000-е — нетбуки. Теперь же на очереди еще одна принципиальная новинка — компьютеры размером в кубический миллиметр и меньше, те самые, которые фантасты уже прозвали «умной пылью».



Этот шаг совершили ученые из Мичиганского университета во главе с профессором Дэвидом Блауу. На конференции по твердотельным микросхемам 21 февраля 2011 года в Сан-Франциско они представили полноценную компьютерную систему объемом в кубический миллиметр. Она включает в себя процессор, память, датчик давления, радиопередатчик с антенной, аккумулятор и солнечную батарею. Все устройство предназначено для вживления в глаз пациента, с тем, чтобы следить за развитием глаукомы — болезни, которая приводит к слепоте. Раз в пятнадцать минут оно просыпается, меряет внутриглазное давление, записывает его значение в память, которая может хранить данные, собранные в течение недели и потребляет на всю работу 5,3 нановатта мощности. Время от времени компьютер отправляет данные в устройство, расположенное недалеко от глаза. Чтобы зарядить аккумулятор, пациенту достаточно каждый день гулять по полтора часа.

Этот прибор — в сущности, прототип бесчисленного множества аналогичных устройств будущего. «Такие устройства дешевы, их можно делать сотнями тысяч на одной кремниевой подложке, — говорит профессор Блауу. — В ближайшем будущем на каждого человека придется сотня подобных миллиметровых компьютеров. С помощью радиопередатчиков они будут объединены в сети между собой и с центральными процессорами и станут следить за нашим здоровьем, за окружающей средой, а также за состоянием зданий и прочих конструкций. Это даст полупроводниковой промышленности значительное ускорение».

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

**Карпатские древности**

*В Карпатах за полторы тысячи лет до нашей эры возникли города-государства.*

Агентство «Alpha-Galileo», 11 января 2011 года.

**К**огда герои Эллады еще только собирались совершать свои подвиги, на землях между Карпатами и Дунаем появились поселения-государства. К такому выводу фактически пришел аспирант Гетеборгского университета Клаес Юхнер, изучавший так называемые курганные поселения XVII—XIV вв. до н. э.

У всех таких поселений есть много сходных черт. Они построены по единому плану с четким расположением домов и улиц. Многие поздние поселения хорошо укреплены. В них проживало столько людей, что на радость археологам получился очень толстый культурный слой. Экономика их была весьма развита. Окрестные фермеры поставляли продукты питания, в поселениях плавил бронзу, которая уходила на экспорт в Микены. Дополнительный доход давали таможенные платежи с караванов, проходивших по контролируемой вооруженными силами территории. Поскольку на дворе стоял средний бронзовый век, этот металл представлял собой большую общечеловеческую ценность, и карпатские мастера фактически обеспечивали его мировую торговлю, деятельно участвуя в глобализации Древнего мира.

Зная историю, нетрудно предположить, что глобализация их и сгубила. Примерно в XIII веке до н. э. случилась Троянская война, которая подточила Микенское царство. После этого на шесть сотен лет Древний мир накрыли темные века. Карпатские поселения-государства были разрушены, а курганы, скрывающие следы былого величия, теперь привлекают внимание археологов и туристов.

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

**Левосторонняя жизнь и космос**

*При облучении космического льда одни оптические изомеры сохраняются лучше других.*

«Astrophysical Journal Letters», 2011, т. 727, с. L27, doi: 10.1088/2041-8205/727/2/L27

**О**дна из загадок происхождения жизни — как получилось, что живые существа использовали для построения биополимеров лишь один оптический изомер органических молекул. Так, аминокислоты в организмах представлены L-формами, а сахара, входящие в состав ДНК и РНК, — D-формами. Чтобы объяснить это явление, некоторые ученые прибегают к космической гипотезе происхождения жизни. Стараниями французских исследователей во главе с Луи д'Эндекуром из Института космических исследований ЦНРС, эта точка зрения получила весомый аргумент.

Ученые обратили внимание на то, что свет звезд бывает поляризованным. Не может ли эта поляризация сделать асимметричными молекулы аминокислот? Еще тридцать лет назад Луи д'Эндекур научился синтезировать лед в той форме, которая должна присутствовать в космосе. Такой лед содержит и органические вещества. Образцы льда подвергли мощному поляризованному ультрафиолетовому облучению на синхротронном источнике. И после его таяния оказалось, что L-аминокислот в образце больше на 1,3%, чем D-аминокислот. Эти данные соответствуют результатам измерения аминокислотного состава некоторых метеоритов. Получается, что асимметрия кирпичиков жизни связана с тем, что они попали на Землю из космоса, подвергнувшись там облучению. А значит, они же попадут на любую пригодную для жизни планету земного типа и построят там аналогичное здание. Так что Галактика вполне может быть населена существами, похожими на обитателей Земли.

# Невидимая радуга крыльев

Е. Клещенко

## Что такое WIP

Все знают, что у мух, комаров и ос крылышки прозрачные. Многие, особенно дети, замечают на крылышках радужный отлив. Ученые объясняют детям, что это явление называется «интерференция в тонких пленках». Крылышко состоит из хитина, который, будучи прозрачным, 80% света пропускает, а 20% отражает. При этом лучи, отраженные от верхней и нижней поверхности, интерферируют, то есть складываются с усилением или ослаблением амплитуды. Поскольку крылышко, очевидно, не везде имеет одинаковую толщину, в различных точках совпадают по максимуму разные длины волн — отсюда и радуга, такая же, как в бензиновой пленке на асфальте и мыльных пузырях. Вопросы есть? Вопросов нет.

Столетиями, сколько существует энтомология, цветные переливы на прозрачных крыльях никого особо не интересовали. Крылышки длиной в несколько миллиметров рассматривали под микроскопом, изучали их форму, расположение жилок, а когда увеличение позволило, то и щетинок. Конечно, занимались этим в основном специалисты по систематике двукрылых и перепончатокрылых. Поэты предпочитали чешуекрылых, то есть бабочек. Вот у них крылья — чудо природы, не то что у всякой мошкары.

Так считали все до января этого года. Мушиные и осиные крылья украсили собой обложку журнала «Proceedings of the National Academy of Sciences», а потом и научно-популярные блоги, где собрали восхищенные комментарии. Произошло это благодаря аспиранту биологического факультета Лундского университета (Швеция) Екатерине Шевцовой. (Другие авторы работы — Кристер Ханссон и Юстейн Черандсен, тоже из Лундского университета, и Дэниэл Джансен, известный энтомолог из университета Пенсильвании.) Ека-



терина закончила Институт естествознания в РГПУ им. А.И.Герцена (Санкт-Петербург) и поступила в аспирантуру Лундского университета.

Работа Шевцовой и соавторов произвела впечатление на Джерри Койна, профессора Чикагского университета, специалиста по эволюционной генетике и знаменитого борца с креационизмом и «теорией разумного творения». «Какой невероятной глупостью было не подумать об этом! — восклицает он в своем блоге (цитируя слова Томаса Гексли о дарвиновской идее естественного отбора). — Я 42 года смотрел на мух... я видел, наверное, миллион их под микроскопом». Все биологи смотрели на мух, как минимум раз в жизни, на студенческом практикуме по генетике. Но крылья обычно разглядывают на белом фоне — так лучше видно жилкование и пигментные пятнышки, у кого они имеются. А чтобы увидеть радугу, надо поместить крылышки на черную подложку, как сделала Екатерина. Именно она впервые заметила, что радужные переливы на слюдяных крылышках имеют важное отличие от нефтяных пятен и мыльных пузырей: их форма и расположение не случайны, а постоянны у представителей одного вида, и не изменяются в зависимости от угла, под которым смотришь на крыло. Эти узоры получили название WIP — wing interference patterns. По сути, они оказались такими же видоспецифичными, как «глазки» павлиньего глаза или красные полосы на крыльях адмирала.

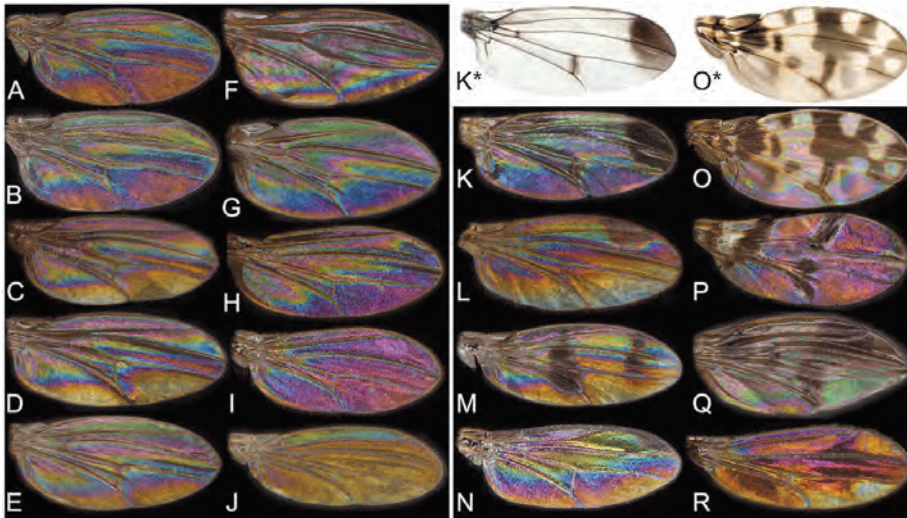
## Включите цвет

Получается, что биологи, внимательнейшим образом изучая перепончатокрылых и двукрылых (уж о *Drosophila melanogaster*, кажется, мы знали всё!), просмотрели один из самых мощных систематических признаков — как если бы систематику бабочек создавали абсолютные дальтоники. Не только обыватели, но и ученые считали, что осы, комары и мухи менее разнообразны, чем бабочки. Авторы статьи ехидно комментируют: «Это разнообразие оставалось неизвестным, отчасти из-за сложностей с различением морфологически сходных видов, также известных как “виды-близнецы” (что зачастую означает “плохо различимые для крупного дневного млекопитающего с микроскопом”)».

Замена белой подложки на черную сильно облегчает жизнь крупным млекопитающим. На фотографиях (рис. 1, 2, 3) хорошо видно, какими разными становятся крылышки дрозофил, комаров и маленьких ос, если смотреть не на жилкование, а на WIP. Представьте, например, что крылья А—J на рис. 1 даны в черно-белом варианте. Отличия, мягко говоря, будут не очень заметны, особенно для непосвященного. А между тем все эти насекомые принадлежат к разным видам (кроме двух первых пар — это соответственно самец и самка *D. melanogaster* и *D. obscura*). Паттерны интерференции позволили авторам статьи надежно различить три вида ос, ранее неизвестные. И еще немаловажная деталь: эти узоры прекрасно видны на образцах из музейных коллекций, в том числе столетней давности.

Описание методов работы в конце статьи занимает чуть больше десяти строк. Образец помещают горизонтально на черную подложку (рис. 4) и наблюдают в стереомикроскоп под прямым углом, с белой подсветкой. Крылья фотографируют по стандартным правилам, обработка изображений минимальна (главным образом удаление неизбежных пылинок с черного фона).

Конечно, прежде чем отправлять статью в «PNAS», ученые убедились, что у насекомых одного вида WIP-узоры вы-



1  
**Плодовые мушки — это не вид и даже не род, а целое семейство, включающее множество видов, красивых и разноцветных. Длина крылышек — 1,5–3,5 мм. Буквами со звездочкой обозначены те же крылья на белом фоне. Первая пара (А, В) — самец и самка лабораторной линии *Drosophila melanogaster***



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ку, скажем, как-то улучшая его аэродинамические свойства. Но в какой-то момент радужное окрашивание стало играть самостоятельную роль. Кому нужно, чтобы зажигали звезды, — с этим к астрофизикам, а специалисты по теории эволюции знают: если вспыхнул характерный узор на крыльях, значит, по всей вероятности, этот признак поддерживается естественным отбором, и чем-нибудь он да полезен.

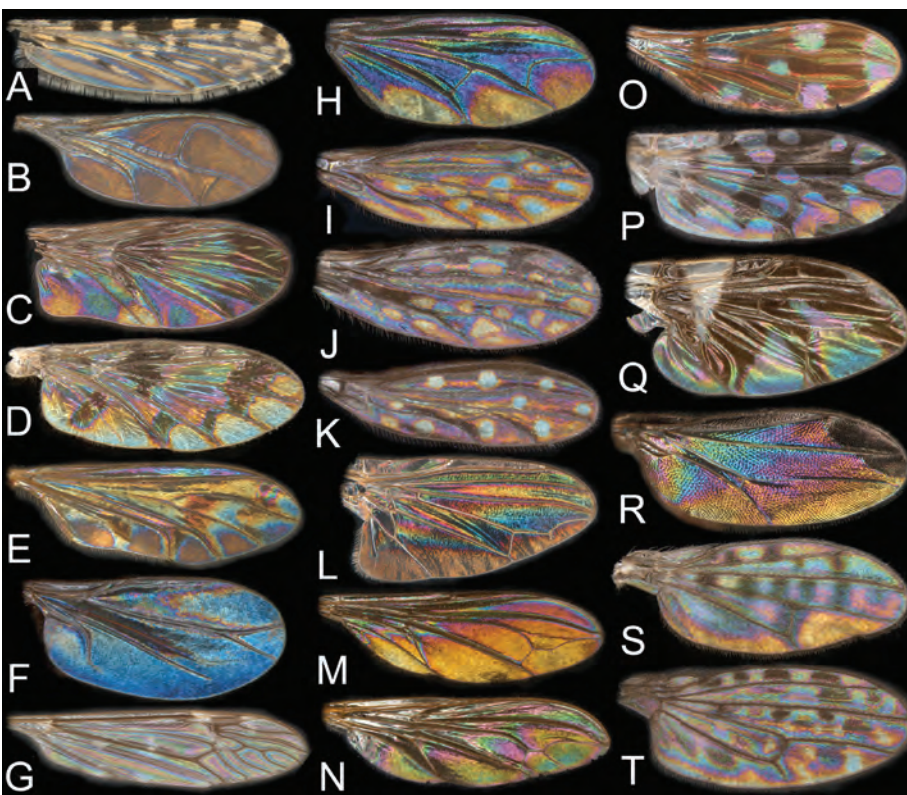
### Радуга мужская и женская

Логично предположить, что WIP-узоры помогают выбирать партнера: узнавать насекомое своего вида и отличать мальчика от девочки. Кстати, у многих видов различаются радуги самцов и самок — всё как любят морфологи и систематики. Но чтобы дальше рассуждать в этом направлении, надо уточнить, видят ли эти узоры сами насекомые.

Оказывается, отлично видят. У нас, дневных млекопитающих, имеются светочувствительные клетки глаза трех типов, они специализированы так, чтобы воспринимать соответственно красный, зеленый и синий цвет. Глаза перепончатокрылых и двукрылых тоже воспринимают три цвета, но другие — синий, зеленый и невидимый для нас ультрафиолетовый; их радуга «ниже» нашей. И в самом деле, WIP-узоры не содержат чистого красного цвета. Возможно, потому, что предназначены они не для наших глаз. (А вот глаза бабочек красный цвет различают, и ярко-алые пятна и полосы на их крыльях не редкость.)

В природе насекомые редко видят друг друга на белом фоне, чаще на зеленом. При этом интерференция хорошо заметна, как и на темном фоне брюшка, если крылья сложены — вполне подходящие условия для демонстрации и наблюдения WIP.

Джерри Коин обратил внимание на то, что на фото, опубликованном в статье Шевцовой и соавторов, крылышки самцов ос, принадлежащих к разным видам, различаются достаточно сильно,



2

**Комары и другие. Всех перечислять не будем, но некоторых назовем: подвид малярийного комара *Anopheles melas* (А), плодовой комарик детритница *Zygonеura* sp. (В), комар-долгоножка, или карамора, *Tipula confusa* (G), представители семейства толкунчиковых (I, J, K), грибная мушка *Paraplatypeza atra* (L), нестрокрылки *Actinoptera discoidea*, *Rhagoletis pomonella* (P, Q)**

глядят одинаково. С этим все в порядке: внутривидовая изменчивость оказалась меньше межвидовой, так что для отдельных видов удается определить типичные признаки.

Откуда же эти радуги берутся и в чем секрет их постоянства? Никакого секрета нет. Как и положено по законам физики, цвет радуги зависит от толщины мембраны крыла: самые красочные имеют толщину 100–600 нм. За счет мельчайших неровностей крыла создается эффект стабилизации цвета, то есть он не зависит от угла

наблюдения. Если крылышко гладкое в центре и волнистое ближе к краю, то переливы яркого цвета будут видны только по краям. Зная оптические свойства хитина крыла, по оттенку цвета и его интенсивности можно определить толщину крыла в данной точке. Жилки, щетинки и пигментные пятна также принимают участие в формировании узора.

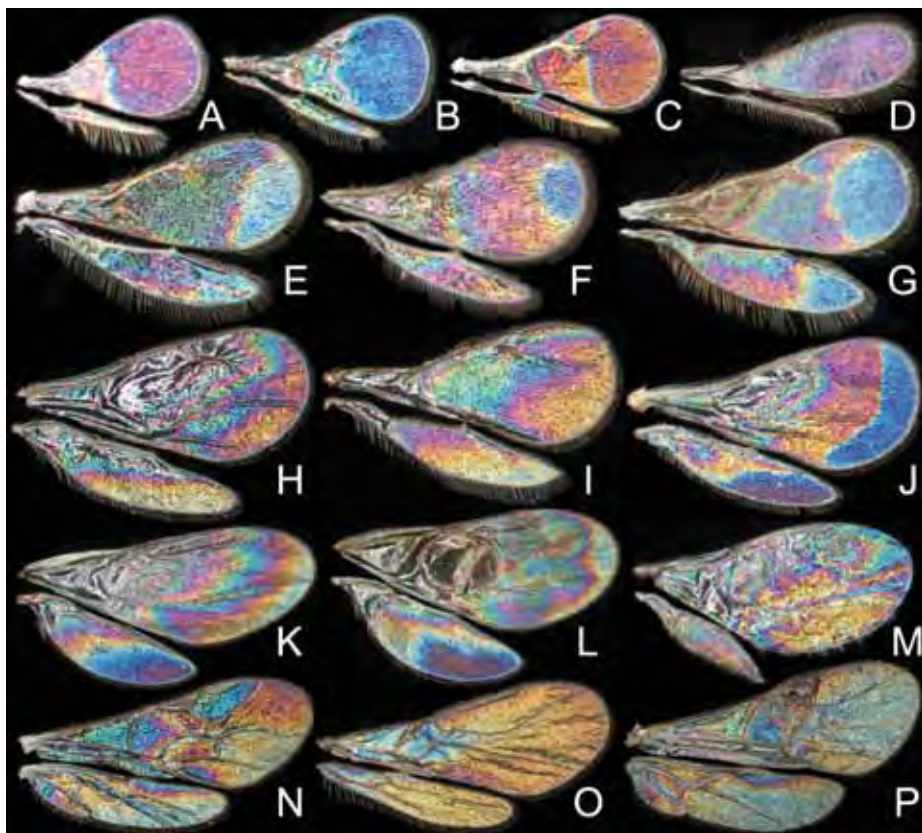
Форма же крыла, его структуры определяются, с одной стороны, генами, с другой — индивидуальной изменчивостью. При этом рельефные элементы крыла несут и функциональную нагрузку



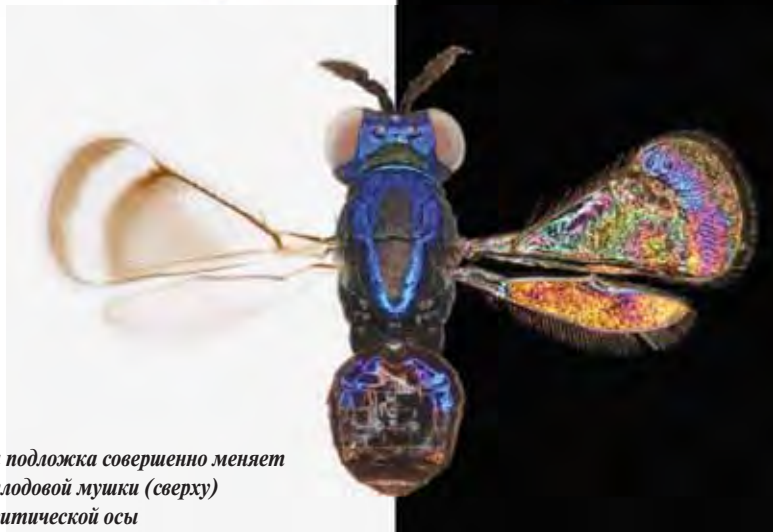
## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

а вот самки разных видов более сходны между собой. Конечно, не потому, что им выгодно запутать самцов. По мнению Койна, так действует половой отбор. Поскольку у ос, как и у многих других видов, выбор делает самка, давление отбора на самцов сильнее — самцу выгодно быть ярким, запоминающимся. Дивергенция (расхождение) видов сильнее проявляется у мужского пола, что вполне типично: вспомним хотя бы сереных самочек и нарядных самцов у птиц.

Теперь понятнее стали некоторые элементы ритуала ухаживания, тот же «показ крыльев» у самцов дрозофилы. Интересный пример приводят авторы. Самка осы, которая опыляет фиги, проникая в плод, держит крылья верти-



3 *WIP-узоры мелких перепончатокрылых (ос хальцид и наездников)*



4 *Черная подложка совершенно меняет облик плодовой мушки (сверху) и паразитической осы*

кально, «как рекламные щиты». Крылья обламываются и остаются снаружи, приклеенные специальным секретом из кончика брюшка. Осе крылья больше не понадобятся, она отложит яички и погибнет внутри инжира (и будет съедена вместе с ним). Но возможно, радужные крылья служат сигналом «занято» для других самок.

Этот способ «окрашивания» крыльев — не химический, а физический — сходен с тем, что наблюдается у некоторых бабочек, например морфид (см. «Химию и жизнь», 2010, № 11). Но двукрылые и перепончатокрылые явно опережают чешуекрылых по экономичности. За все в этом мире надо платить; если речь идет об изощренном и полезном приспособлении у животного, то ресурсами и временем на его формирование. В этом смысле радуги на прозрачных крыльях, возникающие за счет неровностей мембраны, гораздо выгоднее крыла, покрытого рядами чешуек. А что узоры плохо заметны представителям других видов, это и к лучшему: среди них есть и хищники, и ученые-коллекционеры. Главное, чтобы свои оценили.

### Дополнительные материалы

Ekaterina Shevtsova, Christer Hansson, Daniel H. Janzen, Jostein Kjrandsen. Stable structural color patterns displayed on transparent insect wings. «Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108, № 2, с. 668—673, doi: 10.1073/pnas.101739108.

# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокompозитов, катализаторов, сорбентов, и т.д.

### Характеристики

- Диапазон измерения удельной поверхности: 0,1-1000 м<sup>2</sup>/г
- Погрешность измерений: 6% во всем диапазоне
- Полная автоматизация циклов адсорбция-десорбция
- Автоматическая калибровка
- Станция подготовки образцов к измерению

### Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности одноточечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



### Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многоточечным методом БЭТ и STSA, объема микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

### Области применения

- Научные исследования
- Учебный процесс
- Химическая промышленность
- Горно-обогатительная промышленность
- Атомная промышленность
- Производство огнеупорных и строительных материалов
- Производство катализаторов и сорбентов

# Прогрессоры земледелия

Кандидат биологических наук  
**Н.Л.Резник**

Примерно 7000 лет назад значительная часть населения планеты перешла от собирательства и охоты к скотоводству, земледелию и оседлому образу жизни. Этот переход, пожалуй, наиболее значимый в социальной эволюции человека, получил название неолитической революции. О том, как она совершалась, археологи, антропологи, лингвисты спорят более ста лет, а в последнее время к дискуссии подключились генетики. В поисках ответа ученые, подобно доктору Мортимеру из повести «Собака Баскервилей», раскапывают древние могилы без согласия ближайших родственников усопшего. Но кто они, эти родственники?

## Окультуривание Европы

Около 45 тысяч лет назад в Европу из Африки пришли люди современного типа (кроманьонцы) и вытеснили неандертальцев. Жили они охотой и собирательством. Во время Великого оледенения, начавшегося 25 тысяч лет назад, европейцы откочевали к югу — на территорию нынешних Франции, Испании, Италии и на Балканы, там и переждали холода. А примерно 12 тысяч лет назад они вернулись вслед за отступающим ледником на оттаявший континент, где продолжали искать коренья и охотиться. То был мезолит — средний каменный век.

Примерно в это же время на Ближнем Востоке, в районе, который сейчас называют Плодородным полумесяцем (рис. 1), начался процесс одомашнивания растений и животных. В частности, именно там 8—10 тысяч лет назад стали сеять ячмень и пшеницу, разводить овец, коз и свиней. Около 7 тысяч лет назад весь этот набор растений и животных переместился в Европу, и там возникли земледельческие поселения. Начался неолит — новый каменный век.

Первая неолитическая культура европейского континента получила название культуры линейно-ленточной керамики (ЛЛК). В поселениях первых земледельцев находят остатки керамической посуды, изготовленной из глиняных полосок без использования гончарного круга. Культура ЛЛК возникла в задунайской области Карпатского бассейна, в современной Венгрии, и всего за 500 лет распространилась на территории площадью более 1 млн. км<sup>2</sup>: от Юго-Западной Украины и Молдавии до Парижского бассейна на западе. Ранние земледельцы селились в деревнях, расположенных по берегам рек, из грубо обработанных стволов строили прямоугольные дома, щели замазывали глиной. В домах жили люди,

там же находились рабочие помещения и держали скот: коров, овец и коз, возможно, свиней. Помимо пшеницы и ячменя земледельцы ЛЛК выращивали бобы, горох, лен и чечевицу. Большая часть этих растений введена в культуру в Плодородном полумесяце.

Естественно, возникает вопрос, как этот сельскохозяйственный набор попал с Ближнего Востока в Европу, да и не только в Европу? Самые древние из ныне известных земледельческих цивилизаций Востока, возникшие более 7 тысяч лет назад в междуречье Тигра и Евфрата и в долине Нила, тоже возделывали ближневосточные злаки. В Египте и Месопотамии дикая пшеница не росла, там нечего было одомашнивать.

Некоторые исследователи полагали, что европейские собиратели переняли новую технологию во время торговли и культурных контактов, иными словами, услышав о ней на базаре. Эти ученые не исключают также, что люди мезолита долгое время использовали одомашненных животных и культурные растения только в ритуальных целях и понадобилась чуть ли не тысяча лет, прежде чем они поняли хозяйственное значение этого открытия. Другие специалисты убеждены, что по Европе перемещались не идеи, а люди. Переход к земледелию позволил жителям Плодородного полумесяца увеличить количество доступного продовольствия почти в 100 раз и значительно разнообразить рацион. За отнюдь не последовательным демографическим взрывом последовал демографический взрыв. Людям стало тесно на старом месте, и они пошли искать новое, забрав мешки с семенами и гоня перед собой своих коз. Именно так, с переселенцами, а отнюдь не путем обмена идеями, достигли европейцев-собирателей первые домашние животные и культурные растения.

Первым идею о прогрессорском внедрении земледелия высказал в 1936 году австралийский археолог Гордон



1

**Центр древнего земледелия — плодородный полумесяц — занимал территорию Ханаана, Сирии и северной Месопотамии.**

Чайлд, которому и принадлежит термин «неолитическая революция». (А термин «прогрессор» ввели в употребление братья Стругацкие. Так они назвали представителей высокоразвитых разумных рас, которые профессионально содействуют историческому прогрессу цивилизаций, находящихся на более низком уровне общественного развития.) В этом его поддерживали и поддерживают многие ученые, в том числе выдающийся итальянский популяционный генетик Луиджи Лука Кавалли-Сфорца и американский археолог Альберт Аммерман. На их работы в обязательном порядке ссылаются сейчас все сторонники прогрессорской теории.

## Определяя возраст

Пути, время и скорость продвижения земледельческой технологии можно определять радиоуглеродным методом, который основан на измерении содержания радиоактивного изотопа углерода <sup>14</sup>C в органических материалах.

В 1970-х годах Аммерман и Кавали-Сфорца стали собирать такие данные о возрасте поселений ЛЛК. В начале XXI века Аммерман продолжил эту работу, возглавив группу ученых из Британии, Испании и Канады. Исследователи пользовались базами данных о 735 ранне-неолитических поселениях в Европе, на Ближнем Востоке и в Анатолии, из всего массива данных выбирали самые ранние датировки костей, ошибка которых не превышала 200 лет. В результате ученые насчитали 35 возможных сельскохозяйственных центров, из которых 10 первичных располагались в Северо-Восточной Сирии, Северной Месопотамии и Юго-Восточной Турции. Были еще вторичные центры, откуда земледельческая технология расходилась по Европе и Средиземноморью (рис. 2).

Вычислив возраст каждого поселения, ученые пришли к выводу, что средняя скорость неолитизации Европы составила 0,6—1,3 км/год. Именно с такой скоростью, согласно расчетам, могли расселяться земледельцы, а идеи



2

*Распространение сельского хозяйства в Европе. Кружочками отмечены возможные центры происхождения земледелия, треугольниками — неолитические поселения*

движутся быстрее людей. Например, керамика распространялась быстрее земледелия. Это и понятно: технология проста, описать ее несложно, глина есть везде. Кто-то где-то увидел, рассказал соседям, и вот уже все лепят из глиняных полосочек горшки и миски. А поля и загоны для скота расползались по Европе со скоростью перемещения опытных пастухов и земледельцев. Чтобы достигнуть северо-западной оконечности континента, им понадобилось 3000 лет (около 100 поколений). Путь по суше труден, по морю плавать легче, и на Крите неолит утвердился всего за тысячелетие.

Похожие исследования провели канадские и британские ученые под руководством археолога Марка Колларда и генетика Марка Томаса. Они задались вопросом, откуда пошло английское земледелие, и радиоуглеродным методом определили изменение плотности населения острова 8000—4000 лет назад.

Ученые датировали 1762 скелета, относящихся к мезолиту, неолиту и бронзовому веку (принадлежность к той или иной эпохе устанавливали археологи). Анализ растительных остатков показал, что злаки в Британии начали сеять около 6000 лет назад. До этого времени население острова было немногочисленным, но между 6000 и 5610 годами, как раз с появлением культурных растений, его численность резко подскочила. Население увеличивалось со скоростью 0,1—0,2% в год, существенно быстрее, чем в мезолите. Такие темпы возможны только при прогрессорском внедрении сельского хозяйства. По мнению ученых, Британия приняла три независимых земледельческих десанта. Один высадился в Уэльсе и на западном побережье Шотландии 6150—5850 лет на-

зад, другой, прибывший из Нормандии, на северо-западном побережье Англии 5950—5700 лет назад, третью высадку, имевшую место 5900—5650 лет назад, совершили фермеры, приплывшие из Нор-Па-де-Кале (района на севере Франции) и Пикардии.

## В поисках родства

Помимо радиоуглеродного анализа есть и другие способы узнать, кто, откуда и когда приходил в Европу и какой след по себе оставил. Четверть века назад биологи научились извлекать ДНК из древних костей и зубов и с тех пор активно используют этот метод. Один из самых информативных показателей — последовательности митохондриальной ДНК (мтДНК).

Митохондрии передаются из поколения в поколение по женской линии вместе с цитоплазматой яйцеклетки. Все мужчины имеют митохондрии, но передать их потомкам не могут. Кроме генов мтДНК содержит некодирующие участки, мутации в которых не влияют на работу клетки и организма в целом, поэтому ничто не мешает им накапливаться (такие последовательности, богатые мутациями, называются гипервариабельными). Как правило, речь идет о заменах одного нуклеотида на другой. А поскольку ДНК разных митохондрий не обмениваются фрагментами, то все мутации сохраняются. Сходные наборы мутаций относят к одной гаплогруппе; она показывает, к какой генеалогической ветви человечества принадлежит ее обладатель. Внутри гаплогрупп тоже есть генетическое разнообразие. Обозначают гаплогруппы буквами латинского алфавита и цифрами. Есть гаплогруппы, широко распространенные, есть более редкие, присущие определенным этническим группам. Сравнивая последовательности разных гаплогрупп, можно определить их «родственные» отношения и время возникновения.

В 2005 году ученые из Германии, Эстонии и Великобритании под руко-

водством профессора Иоахима Бургера (Университет Майнца) исследовали мтДНК из 24 скелетов, найденных в разных поселениях ЛЛК Германии, Австрии и Венгрии, и обнаружили, что жители этих поселений были пришлыми.

Четверть всех исследованных образцов содержит одну и ту же гаплогруппу N1a, которая не обнаружена у мезолитических людей, а у современных европейцев встречается в 150 раз реже, чем у древних земледельцев. Конечно, 24 образца — очень маленькая выборка, и по ней трудно судить об истинной распространенности гаплогруппы, однако эти образцы разделяют сотни километров, а значит, эти люди точно не принадлежали одному племени. Ученые пришли к выводу, что N1a была отличительной чертой пришельцев-земледельцев, но в грядущих поколениях не закрепилась. Поэтому неолитические фермеры — не потомки собирателей и не наши предки. Очевидно, фермерши неолита не пользовались головокружительным успехом у местных жителей, чего не скажешь о самой культуре земледелия и скотоводства, распространившейся по всей Европе.

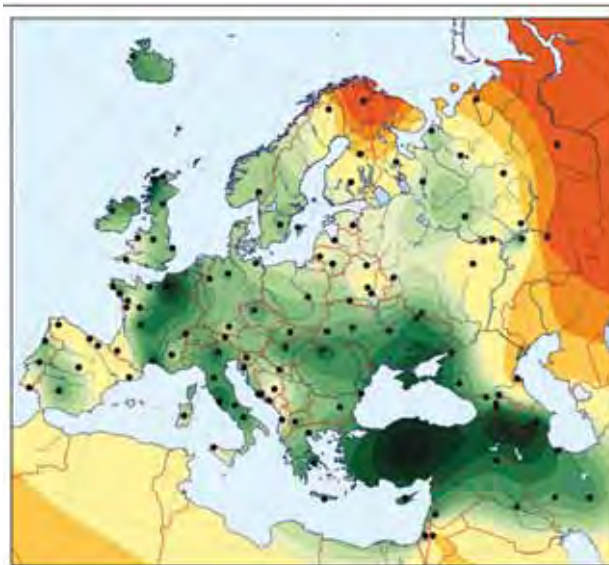
Впоследствии один из основных исполнителей этой работы, Вольфганг Хак, перешел в Австралийский центр древней ДНК и там принял участие в международном проекте под руководством директора центра, профессора Алана Купера. Кроме австралийцев, в проекте участвовали исследователи из Испании, Германии, Эстонии и России (Олег и Елена Балановские из Медико-генетического научного центра РАМН, сотрудник географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова Сергей Кошель и Валерий Запороженко из НИИ наркологии Минздрава РФ). Ученые потревожили кладбище неолитического поселения Деренбург (Саксония-Анхальт, Германия). К 22 полученным мтДНК образцам они присоединили данные, добытые ранее группой Бургера, и в результате получили 25 разных гаплогрупп, четыре из которых уникальны для неолитической популяции, в том числе N1a. Она встречается у 13,6% покойников Деренбурга и у 14,3% всех исследованных образцов (6 из 42). Это на два порядка чаще, чем у коренного и современного

населения Европы и Ближнего Востока. Без сомнения, земледелие в Центральной Европе насаждали прогрессоры. Но откуда они пришли?

Среди исследованных древних гаплогрупп десять встречаются и в наше время, но имеют ограниченное географическое распространение. Ученые сравнили их с гаплогруппами 55 современных европейских и ближневосточных популяций и одной мезолитической. (Они учитывали лишь те, частота которых превышала 1%.) Оказалось, что ближе всего к неолитическим популяциям стоят народы, населяющие современные Турцию, Иран и Ирак. Исследованные гаплогруппы также довольно часто встречаются у хорватов и словенцев, чехов и словаков, венгров и румын, то есть у населения той области, где зародилось европейское земледелие, а также у грузин, осетин и армян, земли которых располагаются как раз на пути от ближневосточного центра земледелия до карпатского (рис. 3). Очевидно, их гаплогруппы — наследие неолита. Прародина европейских земледельцев находилась несколько севернее Плодородного полумесяца, в полосе от западного побережья Малой Азии до Закавказья. Возможно, именно там древние гаплогруппы сохранились лучше всего, а в Полумесяце затерты последующими миграциями. Либо население Анатолии, научившись земледелию у генетически отличных от них южных соседей, размножилось и двинулось на север, в Европу. В любом случае земледельцы шли с Ближнего Востока через Анатолию на Балканы. Их дальнейший путь на Карпаты и плодородные лессовые равнины северо-запада Европы пролегал между Днестром и Дунаем.

## Мужчины неолита

Анализ мтДНК позволяет проследить родство популяций по женской линии. У мужчин тоже есть специфический маркер, Y-хромосома, переходящая от отца к сыну. Она имеет свои гипервариабельные последовательности и гаплогруппы, однако древние Y-хромосомы исследовать гораздо труднее, чем мтДНК, потому что митохондрии присутствуют в клетке во множестве, а Y-хромосома в единственном экземпляре. К тому же не каждый найденный скелет — мужской. Исследователям деренбургского кладбища удалось прочитать всего три последовательности, относящиеся к двум гаплогруппам. Оказалось, что обе они в современной Европе довольно редки, чаще всего встречаются на Кавказе, а вне Европы — на Ближнем Востоке. Но многое



3  
*Генетическое сходство между 55 современными популяциями и фермерами неолита. Чем зеленее цвет, тем больше сходства, чем гуще оранжевый, тем оно меньше*

можно выяснить, анализируя мужские хромосомы современных людей.

Относительный вклад неолитических фермеров и людей каменного века в генофонд современных европейцев исследовали британские, французские и итальянские ученые под руководством профессора Марка Джоблинга (кафедра генетики Лестерского университета, Великобритания).

У 110 млн. европейских мужчин есть гаплогруппа R1b1b2. Ее частота меняется от 12% в Восточной Турции до 85% в Ирландии (рис. 4а). Ученые исследовали последовательности Y-хромосом 840 представителей разных народов, носителей R1b1b2. Она имеет вариации, позволяющие судить о возрасте каждой популяции.

Родиной гаплогруппы R1b1b2 оказалась Центральная Турция. Там наблюдается наибольшее разнообразие внутри гаплогруппы, а где наибольшее разнообразие, там и центр происхождения. Гаплогруппа R1b1b2 возникла примерно 8 тысяч лет назад. Самые молодые ее варианты оказались в Корнуолле, им около 5500 лет (рис. 4б). Таким образом, R1b1b2 имеет единственный источник, она образовалась в эпоху неолита в центре развития земледелия. Древние фермеры за какие-нибудь 3 тысячи лет прошли через всю Европу до западных ее пределов. Волна переселения подхватила R1b1b2, протащила ее через Анатолию в Европу до Испании и Ирландии и там оставила. Гаплогруппа хорошо сохранилась вдали от родины, где встречается гораздо чаще, чем в Юго-Западной Азии. Зато разнообразие внутри гаплогруппы на западе Европы невелико, много меньше, чем в центре ее происхождения. Так проявляется эффект основателя: на периферии сохранился не весь возможный набор вариантов, а случайный, присутствующий

забредшей группе переселенцев (часть всегда не так разнообразна, как целое). Между прочим, такое распределение неолитических генов в современной Европе предсказывал Луиджи Кавалли-Сфорца.

Карта разнообразия гаплогруппы R1b1b2 замечательным образом совпадает с картой распространения земледелия в Европе (рис. 4в). По мнению профессора Джоблинга, Европа может служить примером того, как высокие технологии и культурные изменения связаны с распространением Y-хромосом.

И не только Европа. Специалисты римского Института судебной медицины Католического университета Святого Сердца интересовались миграцией людей, отправившихся с прогрессорской миссией со Среднего Востока вдоль южного побережья Средиземного моря (Египет, Тунис, Алжир, Марокко), и получили сходную картину. Гаплогруппа там была другая, E1b1b1b, но ее частота опять-таки максимальна на западе, а разнообразие больше всего на востоке. (Мы помним, что в Египет, впоследствии житницу всей Римской империи, злаки и искусство их выращивать завезли из Азии.) Страны Африки южнее Сахары примерно в это же время, около 6000 лет назад, переживали вторжение народов банту с гаплогруппой E1b1a. В Индии и Японии развитие земледелия также совпало с появлением новых мужских гаплогрупп.

Но вернемся в Европу. Марк Джоблинг и его коллеги полагают, что Y-хромосомы современных европейцев суть результат неолитической экспансии. До 87% мужчин имеют гаплогруппу неолитических прогрессоров R1b1b2, и только 18% — гаплогруппу палеолитического происхождения I. Даже у басков, которые мнят себя особым народом, прямыми потомками мезолитических людей, преобладают неолитические Y-хромосомы





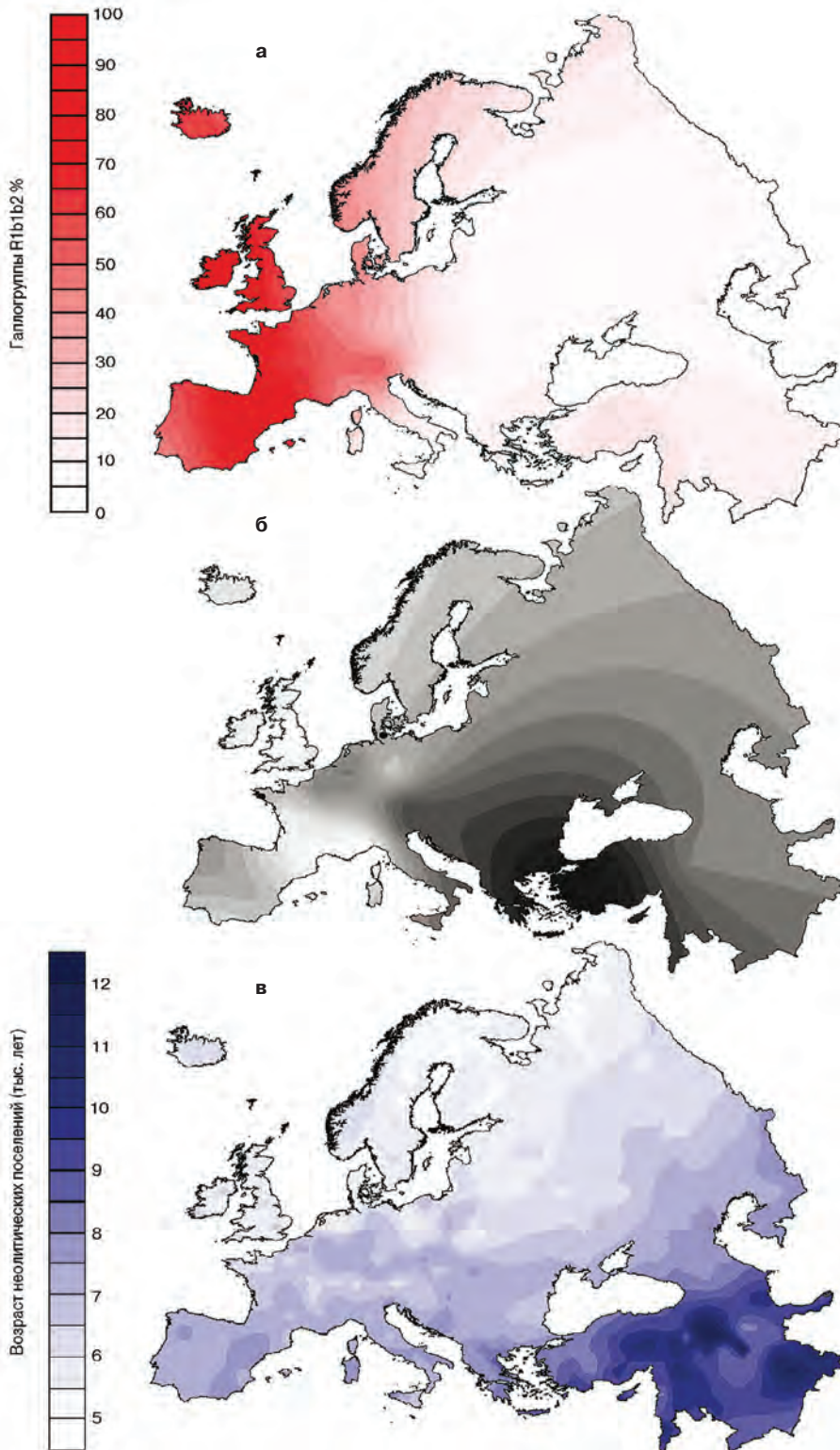
## ГИПОТЕЗЫ

Как мы помним, прогрессорские мтДНК далеко не так распространены. Это значит, что пришлые фермеры имели у женщин гораздо больший успех, чем местные охотники, а вот неолитические дамы не пользовались такой бешеной популярностью. Эта ситуация типична и для других стран, в которых сельскохозяйственные технологии не зародились, а были внедрены.

### Чьи же мы родственники

В Центральной Европе времен раннего неолита численность мигрантов постоянно возрастала. Пришлые земледельцы основывали свои поселения по соседству с коренным населением, охотниками и собирателями. (Занятно, что по-английски они пишутся через дефис: «hunter-gatherers».) Безусловно, они общались друг с другом, прогрессоры женились на местных женщинах, реже выдавали замуж своих. Неолитический вклад в мт-генофонд современной Европы выше, чем вклад людей мезолита. Об Y-хромосоме мы уже говорили. Однако, исходя из анализа мтДНК, современных европейцев нельзя назвать ни потомками древних земледельцев, ни потомками мезолитических людей, ни даже их гибридом.

Реконструировать демографическую историю, имевшую место 290 поколений назад, трудно. Если удовлетворительной модели нет, значит, мы чего-то еще не знаем. По мнению специалистов, после окончания Великого оледенения, когда Европа начала оттаивать, ее заселили европейские охотники, мезолитические люди, переживавшие холода во Франции и Испании. Затем в Европу пришли земледельцы с Ближнего Востока со своими генами. А потом в Центральной Европе произошли еще какие-то демографические события, повлиявшие на европейский генофонд. Возможно, ученые со временем выяснят какие. Во всяком случае, кости, которые они потревожили, раскапывая древние могилы, не принадлежат нашим ближайшим родственникам.



4

*Распространение высоких технологий связаны с миграцией Y-хромосом. а) Обладатели гаплогруппы R1b1b2 – чем темнее цвет, тем чаще она встречается – пронесли технологию земледелия через всю Европу. б) Судя по генетическому разнообразию гаплогруппы, родина этих переселенцев – Юго-Западная Азия (чем темнее цвет, тем больше разнообразие, а где оно больше, там и центр происхождения). На этой карте прекрасно видно, как двигались древние фермеры, оставляя на своем пути сельскохозяйственные поселения (в).*





# Наступил антропоцен?

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

## Четвертичный период и человек

Геологи делят историю планеты на эры, периоды и эпохи. Самый последний период — четвертичный. Традиционно считается, что он состоит из двух эпох: плейстоцена, длившегося 2,6 миллиона лет, и голоцена, начало которому положило окончание последнего оледенения 11,5 тысяч лет назад. Плейстоцен — это время великих оледенений, чередующихся с глобальными потеплениями, во время которых на месте современной Москвы вместо елок и берез росли буковые леса. Считается, что размах колебаний температуры в плейстоцене нарастал и последнее оледенение, вюрмское, было самым сильным. А еще плейстоцен — царство гигантских млекопи-



тающих: мамонтов и мастодонтов, шестиметровых ленивцев, пещерных львов и медведей, саблезубых тигров, гигантских оленей с размахом рогов 3,5 метра и прочих представителей мегафауны. Большинство их вымерло в конце плейстоцена — начале голоцена, причем некоторые виды благополучно существовали до этого не один миллион лет, на протяжении которых и климат, и ландшафт не раз менялись, и очень сильно. Так, во времена потеплений из-за таяния ледника уровень океана поднимался на десятки метров, как это случилось и при переходе от плейстоцена к голоцену. А еще четвертичный период называется антропогеном — потому что именно в этот геологический период на Земле появился человек разумный. В голоцене же он заселил всю сушу нашей планеты. Несмотря на то что человек научился использовать огонь и делать инструменты очень давно, более миллиона лет назад, лишь в голоцене начались и стремительный рост численности нашего вида, и развитие технологий, и резкое усиление воздействия человека на окружающую среду.

Есть мнение, что именно древний человек, освоивший новые методы изготовления оружия, повинен в гибели мегафауны, поскольку исчезновение гигантских млекопитающих в том или ином районе подозрительно совпадает со временем появления там человека. Эта гипотеза пока не получила полного признания. Одни оппоненты считают, что гигантских травоядных и соответственно всю связанную с ними экосистему уничтожило падение комет, вызвавших похолодания Бёллинга — Аллерёда (см. «Химию и жизнь», 2010, № 11). Другие указывают на особую свирепость вюрмского оледенения — из-за него в ледниках должны были накопиться невиданные запасы воды, при стремительном таянии которых случился великий потоп в средних широтах. Мелкие животные, а также обитатели плоскогорий вроде гренландских овцебыков сумели спастись, но вот сухопутные гиганты вымерли, сохранившись лишь в Африке, куда потоп не добрался.

Как бы то ни было, однако следующего глобального воздействия древнего человека на природу не отрицает никто. Уничтожение лесов вследствие развития сельского хозяйства и освобождения земли для посева культурных растений началось 7 тысяч лет назад и продолжается до настоящего времени. Собственно, во многих уголках Земли лес сохранился лишь потому, что человек, осознав разрушительность своих действий, перестал его вырубать. Аналогичная история произошла и с остатками мегафауны: сейчас крупные животные сохранились в океане, тропиках, частично — в более высоких широтах (овцебыки, зубры, амурские тигры), но все эти виды находятся под угрозой исчезновения и существуют лишь благодаря мерам охраны. А вот, скажем, гигантское морское млекопитающее стеллерова корова или гигантский голубь додо исчезли в историческое время и за считанные десятилетия только благодаря человеку.

Когда некоторые ученые осознали эти два факта, свидетельствующие о том, что по своей мощи человек приблизился к силам природы, они стали задумываться: а не начался ли в истории планеты новый геологический период?

## Мысли об антропоцене

Способность качественно менять условия жизни на планете присуща не только человечеству. В самом начале фанерозоя, то есть когда на Земле появилась хорошо заметная жизнь, загрязнение окружающей среды продуктами жизнедеятельности уже привело к тому, что биосфера вывернулась наизнанку, как это образно говорит академик Г.А. Заварзин. Речь идет о кислороде, производство которого анаэробными бактериями привело к созданию кислородной атмосферы и принципиальному изменению всех геохимических реакций. Удаление углекислого газа из атмосферы, захоронение углерода на дне океана в виде панцирей микроорганизмов и моллюсков и вызванное этим снижение парникового эффекта, которое не позволило Земле превратиться в раскаленный безводный ад, подобный Венере, — тоже заслуга живых организмов. Считается, что многие месторождения металлов в форме оксидов или сульфатов — продукт деятельности бактерий. Есть еще такие хорошо заметные геологические образования, как месторождения нефти и угля, образовавшиеся из растительных остатков. Растения активно вмещиваются в процессы формирования рельефа, разрушая горные породы своими корнями либо, наоборот, сдерживая процессы эрозии почвы; кроме того, они напрямую участвуют в создании плодородного слоя на поверхности суши. Но в деятельности человека есть своя специфика, которая и заставляет думать, что с определенного момента именно этот вид определяет ход событий на Земле.

Считается, что первыми такие мысли высказали в середине XIX века Джордж Перкинс Марш в труде «Человек и природа» (1864) и Антонио Стоппани в своем «Курсе геологии» (1871—1873). В 1896 году Сванте Аррениус публикует статью, в которой предсказывает потепление климата из-за сжигания ископаемого топлива, эту мысль в 1897 году подхватывает Томас Чемберлен. По большому счету, на их рассуждениях зиждется вся современная концепция антропогенного глобального потепления, критическое отношение к которой ныне многие западные ученые и политики считают дурным тоном.

В начале двадцатого века, а именно после Первой мировой войны, мысль об особой роли человека в современном мире оформилась стараниями академика В.И. Вернадского и Пьера Тейяра де Шардена в концепцию ноосферы. Согласно этой концепции, человеческое общество должно постичь законы природы и в соответствии с ними разумно управлять событиями на планете. На западе о ноосфере забыли вскоре после смерти де Шардена в 1955 году, а в СССР управление природой осуществлялось согласно известному тезису И.В. Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача». Реализация этой концепции привела к существенному переформированию ландшафтов на территории нашей страны — осушению болот, орошению пустынь, строительству искусственных морей, наступлению на степи с помощью лесозащитных полос, управлению погодой, идее поворота рек вспять, акклиматизации южных

видов в северных широтах. В каком-то смысле создание трансгенных растений, приспособленных для жизни в тяжелых условиях, служит продолжением линии на разумное управление силами природы в интересах человека. В чем-то эти мероприятия были ошибочными, где-то принесли пользу, так или иначе, масштаб их был поистине планетным.

Однако после Второй мировой войны случилось то, что раньше называли научно-технической революцией, а теперь некоторые ученые называют «великим ускорением», и это обстоятельство заставило задуматься о старых идеях. Правда, речи о разумном управлении силами природы теперь не модны, а вот мысли о том, что человек стал реальной геологической силой, оказались востребованы. В 2002 году Пауль Крутцен, получивший Нобелевскую премию по химии за теорию антропогенного происхождения озоновых дыр над полюсами, выдвинул гипотезу, что мы живем в новой геологической эпохе — антропоцене. Главными основаниями были два считающихся установленными глобальных антропогенных эффекта — озоновые дыры и потепление климата. Журнал британского Королевского общества «Philosophical Transactions A» посвятил антропоцену целый номер в январе 2011 года. Рассмотрим аргументацию сторонников этой идеи.

## Ископаемое топливо

Основа развития человеческого общества — это наличие прибавочного продукта, то есть излишка пищи, энергии, денег по сравнению с тем их количеством, которое необходимо для выживания. Неолитическая революция, то есть переход к сельскому хозяйству, резко увеличила объем производства продуктов питания, иными словами, количество энергии в распоряжении человека. Естественный результат — рост численности населения в десятки раз и появление сложных видов деятельности, не связанных с ежедневной добычей пищи. Однако это еще не начало антропоцена. Человек лишь модифицировал природные экологические ниши — например, создавая на месте леса поле. Но он использовал при этом исключительно те источники энергии, которые зависят от Солнца, — химическую энергию, запасенную вследствие фотосинтеза (в виде пищи или топлива), силу текущей воды и ветра — на мельницах, лесопилках и т. д.

Перемены начались примерно тысячу лет назад, когда люди стали добывать уголь. Считается, что в промышленных масштабах разработку угольных копей начали китайцы при правлении династии Сун (X—XIII век) и достигли немалых успехов — годовой объем порой составлял столько же, сколько уже в XVII веке ежегодно добывали вся Европа и Россия, вместе взятые. Впоследствии, впрочем, добыча угля в Китае существенно упала, зато началось его использование в Англии. Уже в XVI веке уголь для отопления извлекали из шахт в промышленных масштабах, так, в Лондоне в 1600 году сожгли 360 тысяч тонн. Однако и это еще не начало антропоцена — по эту сторону Ла-Манша и за пределами Среднего государства люди продолжали обогреваться дровами, древесным углем и кизяками. Поэтому использование ископаемой энергии оставалось сравнительно небольшим.

Перелом, по мнению авторов основополагающей статьи об антропоцене в январском «Philosophical Transactions A» — Уилла Стеффена из Австралийского национального университета, Жака Гриневальда из Женевского университета, Пауля Крутцена из Химического института Макса Планка и Джона Мак-Нейла из Джорджтаунского университета, — случился в самом начале XVIII века. Именно тогда в Англии началась промышленная революция и сельское хозяйство стало терять статус основного занятия человека. Заметим, что эта революция случилась не сама по себе, а была следствием английских буржуазных революций второй половины XVII века, положивших начало смене феодализма более про-

грессивным строем — капитализмом, который дал мощный экономический стимул развитию промышленности.

Знаковым событием для антропоцена стало изобретение паровой машины (в 1863 году И.И.Ползуновым в России и в 1874—1884 годах Джеймсом Уаттом в Англии) и использование ископаемого топлива для получения пара. Вот с того самого дня, когда пар стал выполнять работу, и следует отсчитывать время нового геологического периода, поскольку потребность человечества в энергии больше не ограничивал поток солнечного излучения. А сколько энергии находится в распоряжении общества, столько людей в конечном счете оно способно прокормить и обеспечить всем необходимым для жизни. Поэтому дальнейшая история человечества связана с ускоряющимся потреблением ископаемых энергоресурсов и пропорциональным ростом численности населения. По оценкам, промышленное общество потребляет в пять раз больше энергии на душу населения, чем аграрное, а оно, в свою очередь, — в пять раз больше, чем сообщество охотников и собирателей.

Получив в свои руки фактически неограниченный энергетический ресурс, человечество сумело освоить новые виды деятельности, в том числе такие важные, как фиксация азота в процессе Габера — Боша (см. «Химию и жизнь», 2009, № 11) и производство синтетических удобрений, которые обеспечили многократное увеличение урожайности. В результате всего за 200 лет, с 1880 по 2000 год человечество выросло в шесть раз, потребление энергии в 40 раз, а объем промышленного производства — в 50 раз.

## Великое ускорение

Интересным явлением антропоцена стало великое ускорение, которое началось вскоре после Второй мировой войны. Суть его в том, что примерно в 1950 году начался взрывной рост многих показателей жизни людей. Так, валовый продукт, рассчитанный в долларах 1990 года, вырос с 7,5 триллиона в 1950-м до 37,5 триллиона в 2000-м; объем иностранных инвестиций — почти с нуля до 400 миллиардов долларов, потребление бумаги — с 50 до 250 миллионов тонн, потребление удобрений — с 50 до 300 миллионов тонн, количество плотин на реках — с 4 до 24 тысяч штук, число автомобилей с нескольких миллионов до 700 миллионов штук. Авторы статьи приводят и курьезные показатели: например, число ресторанов «Макдональдс» выросло с 0 до 30 тысяч, число туристов, отправляющихся за границу, почти с нуля до 600 миллионов человек в год. При этом сама численность вида *Homo sapiens* всего за полвека, то есть за два поколения, удвоилась: с 3 до 6 миллиардов особей.

Уилл Стеффен с коллегами считают, что причиной великого ускорения стало окончательное уничтожение преиндустриальных общественных систем. В Европе они были сметены Второй мировой войной, после чего весь мир опутали торгово-промышленные связи, основанные на принципах свободы торговли и движения капитала. Немало этому поспособствовало резкое увеличение подвижности людей благодаря развитию авиации и автомобилизма, а также взрывное развитие информационных технологий и средств связи. При этом в послевоенный период именно рост производства и потребления стал главным требованием к политикам и критерием эффективности управления.

Есть мнение, что, возможно, не будь двух мировых войн, человечество быстрее вступило бы в великое ускорение: свидетельства о его подготовке можно найти уже в период между 1870 и 1914 годами. Чтобы изобрести читателя от необходимости листать справочники, напомним, что в 1870 году во Франции пала Вторая империя, в 1871 году случилась и была подавлена первая пролетарская революция — Парижская коммуна, а вскоре и Германия объединилась под главенством

Пруссии. Неудивительно, что промышленная революция стремительно распространилась по Европе и докатилась к началу XX века до России с Японией. Нельзя не обратить внимание на то, что примерно на это время приходится и отмеченный В.И.Лениным переход капитализма в его высшую стадию — империализм, характерной чертой которого стало формирование транснациональных корпораций со всеми присущими им достоинствами и недостатками. Они-то и выступили главными действующими лицами того процесса, что сегодня называют глобализацией.

На проблемы окружающей среды в пору Великого ускорения внимания обращали мало. Загрязнения рек, городского воздуха, выпадение кислотных дождей не воспринимались как системные явления. Однако резкое повышение концентрации углекислого газа (на 19% за 50 лет) в конце концов привлекло внимание общества. Сразу было найдено множество показателей, свидетельствующих о том, что человек своей деятельностью вывел планету на новый уровень. Вот лишь некоторые из них. Все быстрее изменяются концентрации в атмосфере углекислого газа, метана и диоксида азота, причем эти изменения уже вышли за пределы присущих голоцену колебаний. Резко, в четыре раза за 50 лет, возрос сток азота в море. С ускорением растет температура поверхности Земли, падает концентрация озона, увеличивается частота наводнений. Очень быстро идет замещение природного ландшафта искусственным. Так, площадь, занятая городами, стремительно растет, равно как и число их обитателей: сейчас в городе живет каждый второй человек. Другой вид антропогенного ландшафта — земли, введенные в хозяйственный оборот, — занял уже треть площади суши. Началось шестое великое вымирание видов — ускоренная потеря биоразнообразия: за те же 50 лет скорость утраты видов увеличилась с 5 тыс. до 20 тысяч в год. Показательно положение дел в рыболовстве, единственном способе добычи еды, где человек использует главным образом природные ресурсы: запасы рыбы, пригодной для промышленного лова, исчерпаны на 80%. Таким образом, планета сама по себе, без использования интенсивных технологий, уже не в состоянии прокормить человечество.

## Тенденция XXI века

Первое десятилетие XXI века показало, что наметившиеся в 1950 году тенденции ускоренного изменения параметров, характеризующих социум в частности и планету в целом, не собираются меняться. Более того, процесс ускорения становится более демократичным. Если в XX веке его благами, то есть высоким уровнем потребления и связанного с ним комфорта, пользовались только промышленно развитые страны, население которых составляет лишь пятую часть от общего числа людей, то теперь к такому же уровню потребления стремится и остальное человечество. Уже ясно, что на пройденную Европой траекторию развития встали такие густонаселенные страны, как Индия, Китай, а также Бразилия и ЮАР. Последствия не замедлили сказаться. Если до 2000 года выделение углекислого газа экономикой развивающихся стран составляло всего 20% от общего количества CO<sub>2</sub>, в котором «повинно» человечество, то в 2004 году их доля выросла до 40%, и скорость роста не уменьшается, а возрастает. Сейчас главный производитель этого газа — КНР, потом идет Индия, а наша страна с ее холодным климатом оказывается на третьем месте.

Будет ли это ускорение неограниченным? Нет, есть вполне просчитываемые ресурсные ограничения. Одно из — них пик нефтедобычи. Очевидно, что, после того как он будет пройден, последует сокращение всего, что связано с потреблением и производством нефти. Это должно случиться между 2009—2031 годами и с большой вероятностью придется на



2020 год. Другое, менее известное ограничение — недостаток фосфора. Фосфор необходим для производства минеральных удобрений, а значит, для обеспечения растущего человечества продуктами питания. Предполагается, что пик добычи фосфора придется на 2030 год, а потребность в нем продолжит расти. Если наладить производство биотоплива, чтобы справиться с оскудением источников нефти, это ухудшит ситуацию с фосфором, ведь для получения больших урожаев, будь то растения съедобные или «энергетические», без удобрений не обойтись.

Не исключено, впрочем, что на ускорение будут наложены этические ограничения. Есть мнение, что человечество уже вошло в третью стадию антропоцена. Его характерная черта — осознание масштабов воздействия человека на природу и начало попыток управления этим процессом. Пока такие попытки предпринимаются на уровне правительств, которые подписывают всевозможные документы, направленные на противодействие изменениям климата, сохранение биоразнообразия и экологической ниши человечества в целом. Увы, несмотря на большой информационный шум, эти попытки пока нельзя признать успешными: температура планеты и концентрация парниковых газов в атмосфере продолжают расти все быстрее, а биоразнообразие — падать. Видимо, такая беспомощность властных структур не случайна.

Уилл Стеффен и его коллеги отмечают, что общество вряд ли легко воспримет концепцию антропоцена. Причина в том, что она наносит прямой удар по той системе верований и догматов, которая обеспечила великое ускорение и лежит в основе всей экономики, сформировавшейся после Второй мировой войны. В этой ситуации возникает так называемый когнитивный диссонанс, когда человек начинает свято верить в приятную для него концепцию, отказываясь воспринимать какие-либо аргументы, свидетельствующие о ее неверности. Так случилось в свое время с теорией Чарльза Дарвина, которая посягала на основу многих религий, состоящую в идее о божественном творении человека. О том, что аналогичное неприятие встретит столь же радикальная концепция антропоцена, свидетельствует «климатический скептицизм», когда люди, несмотря на очевидные повседневные наблюдения и научные данные, отрицают сам факт глобального потепления. А ведь потепление — лишь одно из всех антропоценовых изменений на планете. Необходимость пересмотра экономических основ современного общества — гораздо более болезненная процедура, чем признание происхождения человечества от обезьяны. С той разницей, что неприятие концепции антропоцена может поставить под угрозу существование самой человеческой цивилизации.

## Управление планетой?

Попробуем понять, что приводит Уилла Стеффена и его коллег к столь мрачному выводу. Современный человек сформировался в эпоху голоцена. Если у нас новая геологическая эпоха, значит, нужно меняться и человеку, поскольку его



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

экологическая ниша в этой эпохе в лучшем случае сильно изменится, а в худшем — вовсе исчезнет. Изменять себя неприятно. Поэтому, не принимая концепцию антропоцена и предполагая, что мы живем в голоцене, от такого процесса можно отказаться, сославшись на то, что мы видим вполне естественные колебания. Пройдет немного лет, и потепление сменится похолоданием, а биоразнообразие начнет восстанавливаться за счет приспособления животного мира к переменам и массовой миграции видов, которую обеспечивает глобализация.

Признание же концепции антропоцена требует больших усилий и, самое главное, ограничений по крайней мере на экономический рост и потребление ресурсов, а то и более жестких мер. Фактически, в этом случае перед человечеством открываются два пути.

Первый, консервативный, предложен в 2009 году Йоханом Рокстрёмом из стокгольмского центра «Resilience» и его коллегами (см. «Химию и жизнь», 2009, № 11, 12). Они предлагают вернуться в голоцен и поддерживать это состояние за счет ограничения человеческой деятельности некоторыми рамками, обозначенными как набор критических точек. Это предельные концентрации парниковых газов, предельные объемы использования земель и воды, предельная мощность потоков азота и фосфора, предельное оскудение биоразнообразия и некоторые другие. Поскольку по концентрации парниковых газов, сбросу азота в воду и падению биоразнообразия планета уже вышла далеко за установленные пределы, возврат в безопасную область связан с существенными ограничениями на экономическую деятельность. Скорее всего, при этом пострадает основа современной экономики — свободный рынок. Это видно из уже предпринятых попыток возврата планеты в голоцен. Так, Монреальский протокол запретил производство галогенсодержащих фреонов, и это привело, как следует из опубликованных в конце 2009 года

данных Европейского космического агентства, к стабилизации озоновой дыры, а рыночный механизм торговли квотами по Киотскому протоколу нисколько не уменьшил концентрацию углекислого газа в атмосфере.

Другой, прогрессивный, путь связан с концепцией ноосферы в том виде, как ее предлагал В.И.Вернадский. Следовать по нему, видимо, придется, если консервативный путь не приведет к возврату в голоцен. Тогда человечеству ничего другого не останется, кроме как еще больше усилить вмешательство в естественный ход событий и фактически взять на себя формирование искусственной среды обитания, не единожды описанной фантастами. Это и управление погодой, в частности распыление аэрозолей в тропосфере для охлаждения планеты, и создание полностью искусственных ландшафтов вроде многоуровневых городов с комфортным микроклиматом, и передача управления планетой мощным компьютерам, и всеобщая роботизация, и освоение планет с выведением туда избыточного населения, и даже получение искусственных форм жизни. Очевидно, что такая программа потребует совершенно иного уровня координации деятельности людей, иного мироустройства, в котором невидимая рука рынка, составляющая все на свои места, совершенно невозможна.

Дискуссия об антропоцене уже началась. Пока геологи и геохимики думают, как бы получше обосновать переход в новую геологическую эпоху с формальной точки зрения, общество активно обсуждает одну из сторон антропоцена — изменение климата. Видимо, не за горами и осознание других аспектов. А осознание — это и есть основа для последующих разумных действий.



## АРХИВ

# Несколько слов о ноосфере

**В.И.Вернадский**

Впервые опубликовано в журнале «Успехи современной биологии», 1944, т. 18, № 2, с. 113.

<...>

9. Исходя из геологической роли человека, А.П. Павлов (1854—1929) в последние годы своей жизни говорил об антропогенной эре, нами теперь переживаемой. Он не учитывал возможности тех разрушений духовных и материальных ценностей, которые мы сейчас переживаем вследствие варварского нашествия немцев и их союзников, через десять с небольшим лет после его смерти, но он правильно подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей.

Эта геологическая сила сложилась геологически длительно, для человека совершенно незаметно. С этим совпа-

ло изменение (материальное прежде всего) положения человека на нашей планете.

В XX веке, впервые в истории Земли, человек узнал и охватил всю биосферу, закончил географическую карту планеты Земля и расселился по всей ее поверхности. Человечество стало единым целым. Нет ни одного клочка Земли, где бы человек не мог прожить, если бы это было ему нужно. Наше пребывание в 1937—1938 годы на плавучих льдах Северного полюса это ярко доказало. И одновременно с этим, благодаря мощной технике и успехам научного мышления, благодаря радио и телевидению, человек может мгновенно говорить в любой точке нашей планеты

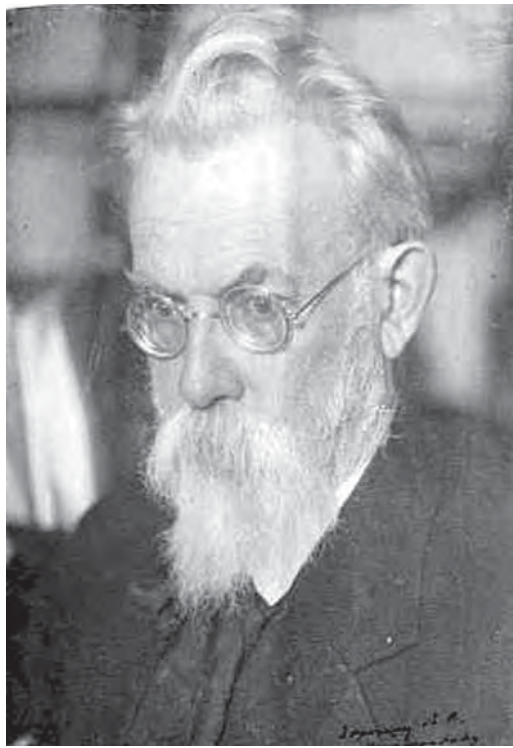


Фото: Музей А.П.Виноградова при ГЕОХИ

с кем угодно. Перелеты и перевозки достигли скорости нескольких сот километров в час, и на этом они еще не остановились.<...>

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

10. Геологический эволюционный процесс отвечает биологическому единству и равенству всех людей — Homo sapiens и его геологических предков Sinanthropus и др., потомство которых для белых, красных, желтых и черных рас — любым образом среди них всех — развивается безостановочно в бесчисленных поколениях. Это — закон природы. Все расы между собой скрещиваются и дают плодovitое потомство.

В историческом состязании, например в войне такого масштаба, как нынешняя, в конце концов побеждает тот, кто этому закону следует. Нельзя безнаказанно идти против принципа единства всех людей как закона природы. Я употребляю здесь понятие «закон природы», как это теперь все больше входит в жизнь в области физико-химических наук, как точно установленное эмпирическое обобщение.

Исторический процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс — всех и каждого — и свободной мысли личности определяют жизнь человечества, являются мерилем его представлений о справедливости.

Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого.

Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера». <...>

12. Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету.

Здесь перед нами встала новая загадка. Мысль не есть форма энергии. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен. Его поставил впервые, сколько я знаю, американский ученый, родившийся во Львове, математик и биофизик Альфред Лотка. Но решить его он не мог.

Как правильно сказал некогда Гете (1749—1832) — не только великий поэт, но и великий ученый, — в науке мы можем знать только, как произошло что-нибудь, а не почему и для чего.

Эмпирические результаты такого «непонятного» процесса мы видим кругом нас на каждом шагу.

Минералогическая редкость — самородное железо — вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в любых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных культурных минералов). Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Все стратегическое сырье относится сюда.

Лик планеты — биосфера — химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды.

В результате роста человеческой культуры в XX веке все более резко стали меняться (химически и биологически) прибрежные моря и части океана. Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства.



АРХИВ

Сверх того человеком создаются новые виды и расы животных и растений.

В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти за пределы своей планеты в космическое пространство. И вероятно, выйдет.

В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере.

13. Ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нами выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах.

Приведу несколько примеров. Пятьсот миллионов лет тому назад, в кембрийской геологической эре, впервые в биосфере появились богатые кальцием скелетные образования животных, а растений больше двух миллиардов лет тому назад. Это — кальциевая функция живого вещества, ныне мощно развитая, — была одна из важнейших эволюционных стадий геологического изменения биосферы.

Не менее важное изменение биосферы произошло 70—110 миллионов лет тому назад, во время меловой системы и особенно третичной. В эту эпоху впервые создались в биосфере наши зеленые леса, всем нам родные и близкие. Это — другая большая эволюционная стадия аналогичная ноосфере. Вероятно, в этих лесах эволюционным путем появился человек около 15—20 миллионов лет тому назад.

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу.

Мы вступаем в нее — в новый стихийный геологический процесс — в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны.

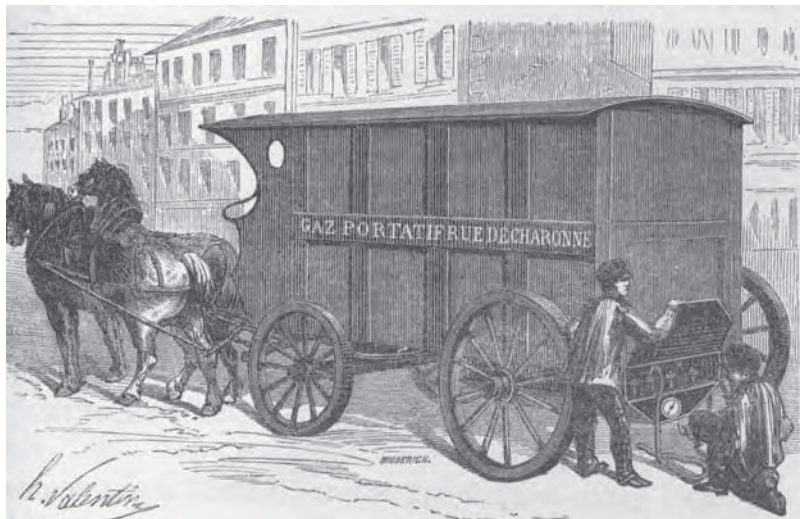
Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере.

Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим.



# Нефть, уголь, «газовый свет»

И.А.Леенсон



## Как возникла нефть?

Нефть — это в основном смесь углеводородов. Когда-то много копий было сломано в дискуссиях о происхождении нефти. Потом в нефти были найдены порфирины, образовавшиеся при распаде хлорофиллов, и углеводороды, возникшие в результате распада стероидов, и ныне считают, что источник нефти — это остатки органического вещества водорослей, бактерий, планктона и высших растений.

Значительная часть углеводородов нефти должна вести свое происхождение от жирных кислот, входивших в состав живых организмов. В живой природе встречаются, за редкими исключениями, жирные кислоты с четным числом атомов углерода. Анализы, позволяющие количественно определять индивидуальные углеводороды в сложных смесях, химики стали проводить сравнительно недавно, когда появились точные хроматографические методы. И прежде всего выяснилось, что так называемый коэффициент нечетности  $K_{\text{неч}}$ , то есть отношение содержания углеводородов с нечетным количеством атомов углерода к содержанию углеводородов с четным их количеством, очень сильно зависит от того, где именно найдены углеводороды. Например, для углеводородов, выделенных из торфа, который содержит большое количество не полностью разложившихся органических остатков, значение  $K_{\text{неч}}$  может достигать 12, то есть нечетные углеводороды в торфе действительно преобладают — их более 92%. Однако дальнейшая деструкция органических остатков приводит к появлению как четных, так и нечетных углеводородов примерно в равных количествах, поэтому величина  $K_{\text{неч}}$  снижается. Так, в углеводородах молодых осадочных пород все еще преобладают нечетные — их там от 75 до 90% ( $K_{\text{неч}} = 3-8$ ); в бурых углях их уже меньше — от 62 до 77% ( $K_{\text{неч}} = 1,6-3,4$ ), а в каменных углях обычно наблюдается примерно равное соотношение ( $K_{\text{неч}} \approx 1$ ).

В «молодых» нефтях также преобладают нечетные углеводороды: для них  $K_{\text{неч}} = 3,8$ , то есть нечетных углеводородов 80%, и это один из важных доводов в пользу биологического происхождения нефти. В более древних отложениях, возраст которых исчисляется многими миллионами лет, в результате различных химических превращений происходит «созревание» нефти и постепенно выравниваются количества нечетных и четных углеводородов. При этом  $K_{\text{неч}}$  в разных типах нефти колеблется от 0,9 до 1,1, что соответствует содержанию нечетных углеводородов от 47,5 до 52,5%.

## Из истории нефтедобычи

Добыча и переработка нефти — одно из важнейших направлений современной промышленности. Нефть может залегать и на малых глубинах, поэтому она известна человеку с древнейших времен. В местах близкого залегания нефтеносных пластов она изредка может сама выливаться на поверхность. В Торе (Ветхом Завете) упоминается добыча нефти из колодцев. В Древнем Китае нефть использовали в основном для освещения, ее наливали в плоские сосуды с фитилем. В Древней Греции и Византии нефть в смеси с серой и селитрой использовали в военном деле — в знаменитом «греческом огне» (есть, впрочем, и версии о «греческом огне» без нефти), применяли ее и как лекарственное средство. На территории современной России нефть собирали в середине XVIII века на реке Ухте, притоке Печоры, а на территории Азербайджана — за тысячу лет до этого.

До середины XIX века единственным способом добычи нефти в больших масштабах было рытье колодцев, в середине века начали бурить скважины. В 1882 году Д.И.Менделеев сконструировал и установил на Кусковском нефтеперегонном заводе под Москвой первый куб для непрерывной перегонки нефти. Через год (оцените темпы внедрения!) на заводе Нобеля в Баку вводится в действие первая кубовая батарея, состоявшая из ряда кубов непрерывного действия, которые работали по принципу куба Менделеева.

Добыча нефти быстро начала расти: к концу XIX века все окрестности Баку были покрыты буровыми вышками. В 1865 году в России было добыто около 1 млн. пудов нефти, в 1880 году — 31 млн., в 1895 году — более 350 млн. пудов (5,6 млн. тонн). Примерно так же росла добыча нефти в Северо-Американских Штатах, которые вместе с Россией были в те времена главным поставщиком нефтяных товаров во всем мире. И половина российской нефти вывозилась в переработанном виде, то есть сейчас Россия — по крайней мере, по этому признаку — менее индустриализованная страна, нежели тогда.

## Первые шаги нефтепереработки

В XIX веке, до массового распространения двигателей внутреннего сгорания, наиболее важными продуктами переработки нефти были осветительный керосин для ламп и смазочные масла. Впервые керосин хорошего качества получили из нефти фармацевт Львовской аптеки Игнаций Лукаевич и лаборант Ян Зег в 1852 году. Тогда же была разработана удачная конструкция керосиновой лампы, в ней горели фракции, кипящие при температуре от 200 до 250°C. В отличие от бензина, холодный керосин нельзя поджечь спичкой. Чтобы керосин горел, его надо либо предварительно нагреть, либо смочить им тряпку или какое-либо пористое вещество. Это свойство и было использовано в керосиновой лампе. В ней



Слева — перевозка газа во Франции, XIX век. Справа — польская монета в 50 злотых (1983 год) с изображением Лукасевича



ГОД ХИМИИ

керосин смачивает матерчатый фитиль, который поджигают. Масляные осветительные лампы начали переделывать под новое более дешевое горючее — керосин. И ночью 31 июля 1853 году в больнице города Львова хирург Загорский сделал первую в мире срочную операцию по удалению аппендикса при свете керосиновой лампы.

Во второй половине XIX века керосиновое освещение покорило весь мир, города и поселки. С керосиновой лампой ездили в поездах и спускались в шахты, ею освещали улицы и дома. Керосин широко использовали для нагрева пищевых продуктов. Пожилые люди еще помнят, как всего полвека назад на кухнях готовили еду на «керосинках» и «керогазах», а в каждом населенном пункте, в том числе и в Москве, были керосиновые лавки. Керосина требовалось все больше и больше, для его получения нужна была нефть, развивалась нефтяная промышленность, строились нефтяные вышки и заводы по переработке нефти.

Кубовая батарея конструкции Менделеева, которая среди других продуктов давала керосин, получила широкое распространение не только в России, но и во всем мире. К 1900 году кубы непрерывного действия заняли господствующее положение в нефтепереработке, вытеснив кубы периодического действия. При нагревании нефти вначале отгоняются легкие бензиновые фракции, затем постепенно все более тяжелые: лигроин, керосин, газойль, мазут. Последний тоже начали использовать в качестве топлива: его распыляли сжатым воздухом и вводили в топку. В 1879 году под Ярославлем при участии Д.И.Менделеева был построен завод, где из нефти вырабатывали уже несколько продуктов, в числе которых были керосин и смазочные масла. Менделееву принадлежит знаменитое «нефть — не топливо, топить можно и ассигнациями».

Расширение добычи и переработки нефти привело к проблеме: куда девать легкую фракцию, бензин. Использовать для освещения нельзя: он летуч и легко воспламенится, применение для чистки тканей ничтожно, оставалось одно — сжигать.

## Эпоха бензина

В XX веке для бензина нашелся потребитель — автомобиль, и к 1910 году бензин стал наиболее важным продуктом переработки нефти. С тех пор несколько поколений химиков трудятся над тем, чтобы выжать из нефти как можно больше именно легких бензиновых фракций. В 1913 году американский химик Уильям Бёртон получил патент на разработанный им промышленный метод крекинга нефти. Слово «крекинг» происходит от английского глагола *crack* — расщеплять, раскалывать. В этом процессе большие молекулы углеводородов нефти при высокой температуре без доступа воздуха расщепляются на молекулы меньшего размера, из которых и состоит бензин. Сначала Бёртон подвергал крекингу пары нефти при атмосферном давлении, но при этом получалось мало бензина, и он был плохого качества. Дело несколько поправилось, когда крекинг нефтяных паров стали вести в присутствии катализаторов. Однако разработать приемлемый для промышленности процесс все равно не удалось. Пришлось изменить тактику и заняться крекингом жидкой нефти. Для этого потребовалось нагревать нефть до высоких температур (350—450°C) под

давлением около пяти атмосфер. В 1914 году Бёртон получил второй патент на усовершенствование процесса крекинга. Из некоторых сортов нефти стало возможным получать до 60% бензина — вдвое больше, чем кому-либо удавалось раньше.

В 1922 году Верховный суд США разбирал тяжбу между двумя американскими компаниями. Они оспаривали друг у друга приоритет, касающийся разработки установки для перегонки нефти под давлением при высоких температурах. Но суд отказал обеим компаниям: американские юристы выяснили, что еще в 1891 году на этот процесс получили патент русские инженеры В.Г.Шухов и С.П.Гаврилов. Однако в то время еще не было спроса на продукты, которые могли быть получены с помощью нового способа переработки нефти, и идея Шухова не получила развития. В СССР первая промышленная установка крекинга нефти была запущена в 1929 году в Баку.

Сейчас о патенте Шухова знают лишь специалисты. А широкую известность Владимиру Григорьевичу Шухову, почетному члену Академии наук СССР, Герою Труда принесла другая его работа — башня в Москве на улице Шаболовке высотой 148,3 м; она была сооружена в 1921 году и использовалась для трансляции радиопередач. С 1938 года эта башня стала телевизионной, и до 1973 года миллионы жителей нашей страны смотрели телепередачи «с Шаболовки». Были у инженера Шухова и другие известные проекты, среди которых — стеклянная крыша Государственного универсального магазина в Москве (ГУМа) и мосты.

## Нефть в современном мире

Нефть остается основой современной энергетики. Несколько десятилетий назад говорили, что запасов нефти хватит только до конца XX века, но опасаться нечего, так как к тому времени человек покорит термоядерные процессы. Оба прогноза не сбылись. Сейчас запасы нефти оцениваются в несколько сотен миллиардов тонн, основные месторождения находятся на Ближнем Востоке. Однако нефть нефти рознь, «сливки», если можно так выразиться, сняты, то есть самая высококачественная нефть в основном уже выработана. Наметилась четкая тенденция к ухудшению качества добываемой нефти. Увеличивается доля тяжелых фракций, в том числе мазута, количество которого может достигать 50% от массы исходной нефти.

Поэтому актуальна задача переработки тяжелого углеводородного сырья. Оно включает высоковязкие нефти и природные битумы — твердые или смолоподобные продукты, мировые запасы которых превышают запасы легких нефтей. Значительные количества битумов образуются и в ходе традиционной переработки нефти. Чтобы получить из битума более ценные продукты, необходимо расщепить большие углеводородные молекулы на более короткие фрагменты, а также превратить углеводороды одних классов в другие. Обычно это делается с помощью катализаторов, известны и некаталитические процессы переработки тяжелого углеводородного сырья.

Помимо углеводородов, нефть содержит значительные количества соединений азота, кислорода, серы, металлов (в основном ванадия и никеля). Эти компоненты, если их заранее

не удалить, создают множество проблем. В ходе переработки нефтяного сырья они приводят к отравлению катализаторов, соединения серы в составе топлива при сжигании превращаются в сернистый газ. А контактируя со стальными стенками котла, он частично превращается в серный ангидрид — исключительно агрессивное соединение.

Отечественные ученые детально исследовали структуру тяжелых нефтей, и это был первый шаг на пути к новым принципам их переработки. Среди прочих разрабатываются два принципиально новых процесса переработки углеводородного сырья — озонлиз и радиоллиз. Обработка озоном нефтяных фракций инициирует множество различных химических процессов. Наиболее перспективно избирательное присоединение озона к атомам серы, азота, к тяжелым ароматическим молекулам. Озон атакует и металлоорганические соединения, разрушая их и облегчая последующую дemetаллизацию. Другой путь — обработка нефти частицами высокой энергии. В отличие от нагревания, такое воздействие идет при невысоких температурах, атмосферном давлении и сопровождается заметным увеличением наиболее ценных светлых фракций нефти.

## «Всё. Прилетел. Асфальт»

В тех местах, где нефть самопроизвольно изливается на поверхность, после испарения из нее легких фракций и окисления тяжелых остатков в течение многих тысячелетий образуется легкоплавкая черная масса, содержащая в основном углерод (80–85%) и водород (10–12%). Это — природный асфальт, от греческого *asphaltos* — горная смола. Известны месторождения природного асфальта — асфальтовые озера, например Ла-Бреа в Калифорнии (США). Недавно группа ученых из разных стран обследовала озеро Пич-Лейк на юго-западе острова Тринидад в Карибском море, глубина которого достигает 75 метров. Это не обычное озеро — вместо воды в нем горячий и потому полужидкий асфальт, из которого периодически поднимаются и лопаются пузыри газов. Самое необычное, что в этом вареве были обнаружены микроорганизмы нескольких видов. Множество «углеводородных озер» космонавты нашли бы на спутнике Сатурна Титане. Только температура там очень низкая, поэтому вместо воды в этих «озерах» плещется жидкий метан.

Шоссе и тротуары покрыты искусственным асфальтом — смесью нефтяных битумов с тонкоизмельченными минеральными наполнителями, в основном с известняком. В смеси с песком, гравием, щебнем искусственный асфальт широко используется в дорожном строительстве. Если взять светлые битумы и ввести в смесь пигменты, получится цветной асфальт.

## Как образуется уголь

Уголь образовался из остатков древних растений в результате сложных химических превращений, которые продолжались в течение очень долгого времени. Сотни миллионов лет назад климат на Земле был влажным и жарким. Ее поверхность была покрыта буйной растительностью. Когда растения отмирали, они часто оказывались в воде. Это происходило в заболоченных низинах, на побережье морей, многочисленных заливов, озер, рек. Со временем затопленная растительная масса подвергалась различным превращениям. Вначале отмершие растения под действием микроорганизмов и при ограниченном доступе воздуха превращались в торф. Со временем слой торфа становился все толще и толще. Образование торфа идет и в наши дни. Торф сохраняет структуру тех растительных волокон (чаще всего мхов), из которых он образовался.

В истории Земли были периоды (их называют эпохами углеобразования), когда земная кора совершала очень медленные колебательные движения. Большие участки, в которых нако-

пилось много торфа, опустились вниз. Сверху они оказались засыпанными песком, глиной и другими горными породами. Под их тяжестью в отсутствие воздуха торф уплотнялся и постепенно превращался в бурый уголь. Он содержит заметные количества сложных органических соединений, в состав которых входят кроме углерода азот, водород, сера и ряд других элементов. В течение миллионов лет большие массы бурого угля продолжали опускаться в глубь земной коры. Под действием все усиливающегося давления и повышенной (до 350 градусов) температуры бурый уголь превращался в черный каменный уголь, а каменный в антрацит, который отличается металлическим блеском. Антрацит — самый древний уголь, в нем уже не видно каких-либо следов растений. При переходе молодых углей в старые содержание углерода в них повышается. Больше всего углерода в антраците — до 97%; меньше всего в буром угле — примерно 65%. Поэтому антрацит — наиболее ценное топливо: при сгорании он дает почти вдвое больше тепла, чем бурый уголь.

Каменный уголь известен человеку с древнейших времен. В Древнем Китае уголь использовали для обогрева, для обжига фарфоровых изделий, для выпаривания соли из морской воды. В Древнем Риме углем отапливали дома и термы — общественные бани. Но массовая добыча угля началась только в XVII веке, в ходе промышленной революции в Англии, богатой залежами высококачественного угля. Этому способствовало подробное описание угленосных пластов в юго-западной части Англии, которое сделал английский геолог Джон Стречи в 1725 году. Начиная со второй половины XVIII века уголь в больших количествах стали использовать для выплавки чугуна. С начала XIX века, когда появились железные дороги, уголь стали сжигать в топках паровозов. Сейчас ежегодная мировая добыча каменного и бурого угля исчисляется миллиардами тонн. По запасам угля Россия занимает одно из первых мест в мире, каждый год его добывают более 300 миллионов тонн.

В XVIII веке уголь начали использовать не только как топливо. Было обнаружено, что при сильном нагреве (пиролизе) угля до 800—1100°C без доступа воздуха получается твердый пористый продукт — кокс, который с тех пор применяют в огромных количествах для выплавки чугуна. В этом качестве кокс когда-то заменил древесный уголь, чем спас от вырубания огромные лесные массивы. Кокс горит без пламени, давая даже больше тепла, чем антрацит. При выплавке чугуна кокс одновременно служит и топливом, и восстановителем: при высокой температуре он отнимает от железной руды кислород, превращая ее в железо.

## Газ из угля

Химики установили, что при пиролизе угля помимо кокса образуется множество разнообразных жидких и газообразных при обычных условиях веществ. В 1888 году Д.И. Менделеев выдвинул идею подземной газификации угля, без его добычи и поднятия на поверхность. «Настанет, вероятно, со временем даже такая эпоха, — писал он, — что угля из земли вынимать не будут, а там, в земле, его сумеют превращать в горючие газы, и их по трубам будут распределять на дальние расстояния». В свое время на территории бывшего СССР работало несколько промышленных предприятий, воплотивших идею Менделеева. Так, в Кузбассе с 1955 году эксплуатировалась Южно-Абинская станция «Подземгаз», снабжавшая горючим газом котельные в городах Киселевске и Прокопьевске. Промышленные станции подземной газификации работают во многих странах. Сначала с поверхности земли бурят скважины до угольного пласта. Затем в нем создают управляемый очаг горения, в результате чего уголь непосредственно в недрах превращается в горючий газ, который по скважинам поступает на поверхность. Таким образом, отпадает необходимость тяжелого и опасного подземного труда шахтеров. В случае

воздушного дутья основные горючие компоненты газа — водород (12—16%), оксид углерода (10—14%) и метан (2—4%). При использовании парокислородного дутья доля водорода доходит до 50%, CO — до 35%, углеводородов — до 9%. При наличии больших количеств угарного газа делает этот газ сильно ядовитым.

В XIX веке до воплощения этой идеи было далеко. Однако процесс пиролиза угля получил массовое распространение на газовых заводах, с использованием уже добытого угля. При нагревании без доступа воздуха тонны хорошего каменного угля получается до 700 кг кокса и свыше 200 кг (300 м<sup>3</sup>) газообразных продуктов пиролиза. Горячие газы охлаждают, а затем пропускают через воду, при этом получается примерно 30 кг каменноугольной смолы и 40 кг аммиачной воды. Оставшийся газ состоит в основном из горючих веществ — водорода (45%), метана (35%), и монооксида углерода (8%). Этот газ раньше называли светильным, потому что его использовали для освещения в газовых фонарях.

Впервые процесс пиролиза угля без доступа воздуха разработал французский инженер Филипп Лебон, который в 1799 году взял патент на газовую лампу. Но до практического воплощения своей идеи Лебон не дожил: он был убит неизвестным на неосвещенной улице Парижа в 1804 году.

Первые газовые фонари зажглись в 10-е годы XIX века в Лондоне. А молодой Пушкин мог наблюдать в Петербурге осенью 1819 года первый в России уличный газовый фонарь. В Москве же газовое освещение появилось намного позже, в 50-х годах XIX века. В 1863 году был построен небольшой газовый заводик для освещения Большого и Малого Императорских театров. Он находился во дворе Малого театра. Так что к фонарям на улицах крупных городов мира в течение целого столетия тянулись не провода или электрические кабели, а трубы с газом. Специальные работники должны были ежедневно зажигать и тушить газовые фонари. Неудивительно, что производство светильного газа когда-то было мощной отраслью промышленности. И только в 20-х годах XX века электрическое освещение окончательно вытеснило газовое.

Сам по себе горячий газ дает мало света. И здесь большую роль сыграл австрийский химик Карл Ауэр фон Вельсбах (1858—1929). Он сделал много открытий, в частности доказал, что химический элемент дидим на самом деле является смесью двух элементов, которых он назвал неодимом и празеодимом. В 1900 году Ауэр предложил использовать в лампах накаливания вместо угольной нити нить из тугоплавкого металла осмия. Этот металл оказался слишком дорогим, но идея Ауэра оправдала себя, когда осмий заменили вольфрамом. Зато другое изобретение Ауэра нашло очень широкое применение. Он заметил, что если тугоплавкие оксиды редкоземельных элементов нагреть в пламени горелки, то они начинают очень ярко светиться. Ауэр пропитывал ткань раствором разных солей редких земель, а затем нагревал ее до полного выгорания органического вещества. При этом соли металлов разлагались, а на их месте оставался хрупкий каркас их оксидов. Перепробовав множество солей, Ауэр в 1885 году взял свой первый патент на способ изготовления калильных сеток из оксидов лантана и циркония с добавкой оксида иттрия, позже он использовал и торий. Хлопчатобумажную ткань пропитывали раствором солей, сушили, резали на полоски и заплетали их в косички. Из них с помощью тонких платиновых проволочек, которые служили каркасом, изготовляли колпачки. В пламени ткань в колпачках быстро выгорала и оставалась сетка из оксидов, которая сохраняла форму исходного колпачка. Изделие было очень хрупким, но в горячем пламени светильного газа такие колпачки испускали ослепительно яркий белый свет.

Благодаря публичным демонстрациям новой горелки изобретение вызвало интерес во многих странах. В 1887 году Ауэр основал недалеко от Вены фабрику, на которой готовили рас-



творы для пропитки тканей. Самые лучшие сетки получались из оксида тория, содержащего немного оксида церия. Эти элементы получали переработкой монацитового песка, который добывали на Атлантическом побережье Бразилии. Чтобы уменьшиться расходы, Ауэр пошел на хитрость. Он уговорил одну из компаний, торгующих с Латинской Америкой, брать в обратный путь в качестве балласта тяжелый монацитовый песок вместо обычного. Однако вскоре правительство Бразилии спохватилось, что ценное сырье буквально уплывает из рук, после чего Ауэру пришлось за песок платить, и немало.

В конце 1891 года настоящую сенсацию вызвали газовые горелки, которыми Ауэр осветил оперный театр в Вене. На новые горелки начался ажиотажный спрос. Предприятия по производству сеток появились и в других странах — Германии, Англии, Франции, США. Только в 1892 году было продано 90 тысяч ауэровских газокалильных горелок. Ручную работу вскоре заменили станки, дающие до 50 тысяч сеток в день. И в течение многих лет эти горелки успешно конкурировали с электрическим освещением. Так, в конце XIX века стоимость освещения одного километра улицы в Ливерпуле электричеством составляла 330 фунтов в год, а газом — меньше 80.

Знаменитые ауэровские сетки продолжали выпускать в течение всей жизни изобретателя; к моменту его смерти в 1929 году их было изготовлено около 5 миллиардов! Однако со временем все очевиднее становились преимущества электрического освещения. Если в начале XX века улицы Лондона освещались примерно поровну газом и электричеством, то в послевоенное время электричество полностью вытеснило газ. Сейчас газовое освещение практически повсеместно забыто, а ауэровские горелки можно увидеть лишь в музеях да в китайских деревнях, где для их накаливания служат специальные лампы с подачей керосина под давлением.

Но процесс пиролиза угля не только не прекратился, а значительно расширился. Каменноугольная смола — сырье для химической промышленности, в ее состав входят тысячи различных соединений. Важнейшие из них — бензол, толуол, нафталин, фенолы, пиридин и другие. Еще в 1834 году немецкий химик Фридрих Фердинанд Рунге в продуктах перегонки каменноугольной смолы открыл неизвестные ранее органические соединения — карболовую кислоту (фенол), пиррол, хинолин и анилин. Многие из них нашли широкое применение. Так, хинолин — основа для синтеза антибактериального препарата энтросептола и других лекарств, а также красителей. В настоящее время ежегодно в мире получают около 20 миллионов тонн каменноугольной смолы, продукты переработки которой используют для синтеза лекарств, взрывчатых и душистых веществ и многого другого. Вообще, углехимия — большая современная отрасль науки и производства. Так, под давлением водорода при высоких температурах происходит превращение угля в ценные жидкие и газообразные продукты (это процесс называется гидрогенизацией угля). В результате из угля можно получать бензин, дизельное топливо, смазочные масла, парафин и другие вещества, используемые в химической промышленности.



# Полезная зола

Доктор  
геолого-минералогических наук  
**Л. Я. Кизильштейн**



Каждый год из недр земли извлекают более 5 миллиардов тонн угля. Только небольшую часть этой огромной массы перерабатывают в кокс, жидкие и газообразные продукты (сырье металлургии и химической промышленности), остальное сжигают. В Российской Федерации в год добывают 275 миллионов тонн угля и примерно 200 миллионов сгорает в печах на крупных тепловых электростанциях (ТЭС).

После сжигания этих огромных количеств образуется зола (поскольку уголь состоит из органического вещества и минеральных компонентов). Если считать, что зольность углей (отношение массы золы к массе сожженного угля) в среднем 20%, то получается, что каждый год образуется 40 миллионов тонн золы. А во времена СССР угля добывали 700 миллионов тонн, что по приблизительным расчетам давало около 140 миллионов тонн золы в год. Все это время ее складировали в так называемых золоотвалах, и там накопилось примерно 2—3 миллиарда тонн мельчайших минеральных частиц.

Однако этим отходом, создающим технические и экологические проблемы, можно было бы распорядиться по-хозяйски. Ведь он вполне годится вместо природного минерального сырья: песка, глины, извести и цемента. Более того, в золе угольных ТЭС есть компоненты с ценными технологическими свойствами, поэтому их можно применять для производства разных материалов. Об одном из подобных компонентов золы — как их принято называть в литературе алюмосиликатных полых микросферах (АСПМ) — и пойдет речь.

## Как сжигают уголь

Чаще всего применяют пылеугольную систему сжигания: перед тем как сжечь, уголь из шахт или карьеров превращают на мельницах в пыль с диаметром частиц 50—100 мкм. Ведь чем мельче частицы, тем полнее сгорание. Но измельчать его выгодно только до определенного предела, иначе будет дорого.

Угольную пыль вместе с воздухом вдувают в топку через горелки, и там она сгорает во взвешенном состоянии при температуре 1300—1500°C и выше. В этих условиях сульфиды и карбонаты диссоциируют с образованием газообразных ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) и твердых оксидов ( $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ). Остальные минералы (кварц, полевые шпаты, слюды) плавятся и образуют вторичные минералы — муллит, силлиманит и силикатную аморфную массу (стекло, близкое по составу и свойствам к вулканическому). Напомню, что углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и оксид серы ( $\text{SO}_2$ ) вместе с твердыми частицами золы загрязняют атмосферный воздух, и это сильно испортило «имидж» угольной энергетики (см. «Химию и жизнь», 2005, № 12).

## Образование полых микросфер

Расплавленная масса минералов дробится в токе раскаленных газов и образует мельчайшие капельки — этот процесс нас и интересует. В большинстве из них оказываются и пузырьки газа (они получаются при разложении органической и минеральной составляющих угля). При нагревании давление газа в пузырьках увеличивается и капельки раздуваются.

Расплавленные минеральные частицы имеют разный размер, содержат разное количество газа или не содержат его вовсе. Иными словами, существует бесконечное разнообразие динамических ситуаций, поскольку газ расширяется внутри капелек, а материал расплава им сопротивляется. В некоторых случаях силы расширения уравновешивают механическое сопротивление оболочки, и образуется сферический пузырек (как мыльный) с минеральной оболочкой. Это и есть полые микросферы.

Из чего же состоит расплав (а значит, и оболочки микросфер)? При температуре котлов ТЭС (1300—1500°C и выше) в расплавленное состояние могут переходить глины (каолинит —  $\text{Al}[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ ), гидрослюда —  $\text{K}_{1-x}\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{19}](\text{OH})_{2-x}(\text{H}_2\text{O})_2$ , кварц,

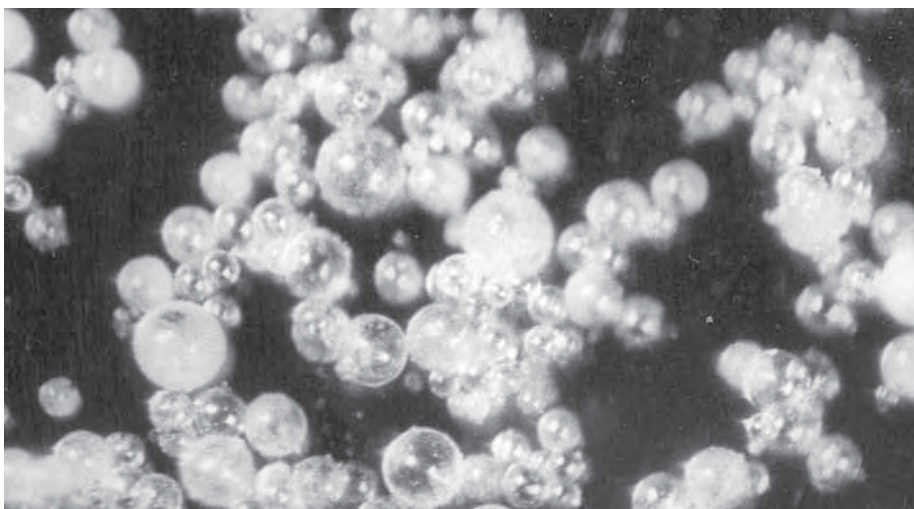
*Микросферы легко собрать, поскольку они всплывают на поверхности воды*

полевые шпаты и монтмориллонит —  $\text{Na}_{0,n}\{(\text{Al}_{2-0,n}\text{Mg}_{0,n})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Образуется сложный расплав, который можно назвать «алюмосиликатным». Потом, после остывания капелек, формируются и другие минералы: силлиманит ( $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ ), муллит  $\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_{2-x}\text{O}_{5.5-0.5x}]$  и аморфное стекло  $\text{SiO}_2$ . Все эти компоненты в разных соотношениях и присутствуют в алюмосиликатных полых микросферах.

Под микроскопом видно, что они почти правильной сферической формы (см. фото), у них гладкая блестящая поверхность и диаметр от 20 до 200 мкм. Впрочем, при больших увеличениях становятся заметны неровности поверхности и множество мелких — доли микрометра — налипших силикатных, магнетитовых ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и угольных частичек. Стенки у них также разной толщины, и причина этого (равно как разнообразия диаметров) — разный минералогический состав. Ведь именно от него зависят прочность и растяжение. Конечно, влияет также и температура сжигания угольной пыли.

Изучение золы многих ТЭС показало, что АСПМ образуются довольно редко. В зависимости от того откуда уголь, микросфер может быть от десятых процента до одного, что не так уж и мало: только в 1 млн. тонн золы содержится примерно 12 тыс. тонн микросфер. Остальное — просто сферы или пористые сферы. В том и другом случае вещество расплавилось в печи, но сила раздува оказалась недостаточной для образования тонкой оболочки с газом внутри. Если же сила раздува превышает механическую прочность оболочки, то микросферы разрываются (схлопываются) и образуются осколки. Содержание в золе таких плотных, пористых или разорванных микросфер — примерно 80—90%.

Отделить алюмосиликатные полые микросферы от других компонентов золы довольно легко — они всплывают



*Алюмосиликатные микросферы*

в воде. Это самый экономичный производственный способ получения АСПМ в промышленных объемах.

## Какая польза от микросфер?

За рубежом этот компонент золы извещен, и его используют в промышленных целях. Но у нас он, к сожалению, мало кому интересен. Хотя в свое время Лаборатория геологии угля Ростовского университета (в настоящее время Южный федеральный университет) провела детальное научное исследование по заказу бывшего Министерства энергетики СССР, и автор руководил этой работой.

Ценность АСПМ в том, что это идеальный наполнитель для композитных материалов. Ведь многие промышленные материалы — смесь (композиция), состоящая из наполнителя и связующего вещества. Наполнитель может и должен быть инертным дешевым веществом, одно из назначений которого — улучшить технологические свойства материала, дела его более прочным, или легким, или тепло- и электроизолирующим.

Подобные свойства композитам могут придавать и микросферы, особенно если вводить их в состав полимеров (в этом случае материал называют сферопластиком). Интересно, что промышленность даже специально производит полые микросферы. Их используют для изготовления материалов с низкой плотностью, повышенной стойкостью к деформациям, улучшенными электро-, тепло- и звукоизоляционными свойствами. В литературе есть даже упоминание о том, что подобные микросферы входят в состав теплоизоляционных плиток космических кораблей. Почему бы не заменить то, что специально производит промышленность, на то, что без пользы лежит в отвалах? Экономия может получиться ощутимая.

Существует множество потенциальных способов применения АСПМ. Так, если ввести микросферы в эпоксидные смолы, то получится материал для изготовления легких и прочных корпусов лодок, буюв, поплавков — любых плавучих непотопляемых изделий. Из формальдегидных смол, наполненных АСПМ, можно сделать теплоизоляционные материалы для теплотрасс. Поскольку добавление микросфер в полимеры снижает плотность, а следовательно, и массу изделий, то их можно использовать для производства облегченных сборных панелей для нежилых помещений.

Особая область использования угольных микросфер — керамика. Благодаря высокой температуре плавления (1400—1500°C) АСПМ можно вводить в керамические смеси, которые после этого получают теплоизоляционными. Разработана рецептура теплоизоляционной «радиопрозрачной» керамики, предназначенной для тепловой защиты радиоаппаратуры, например антенн радаров. На кирпичных заводах простым спеканием АСПМ сделали легкие и прочные блоки, которые могут работать при температуре свыше тысячи градусов. А еще при бурении геологоразведочных и эксплуатационных скважин (например, нефтяных и газовых) микросферы из угольной золы можно вводить в буровые растворы, что увеличивает эффективность.

Было обнаружено, что микросферы собирают нефть, разлитую в воде, в плотные сгустки, которые потом легко удалить с поверхности. Если сжечь эту массу, пропитанную нефтью, то на поверхности микросфер образуется тонкая пленка, состоящая из сажи, и полученный новый материал уже хорошо связывается с резиной, делая ее более легкой и теплоизолирующей. Не пригодится ли такой материал для туристических палаток?

Все это — далеко не полный перечень возможных направлений и способов использования алюмосиликатных полых микросфер, выделенных из угольной



## ТЕХНОЛОГИИ

золы, что подтверждено двадцатью авторскими свидетельствами об изобретениях.

Есть довольно много предложений по промышленному использованию АСПМ в нашей стране, но применяют их главным образом за рубежом. Это сырье там пользуется спросом. Известно, что специализированные зарубежные фирмы хотели бы закупать АСПМ на угольных ТЭС России, Украины и Казахстана, где их ресурсы очень велики. Осложняет дело требования зарубежных потребителей к очистке материала от загрязнений и калибровке микросфер по размерам.

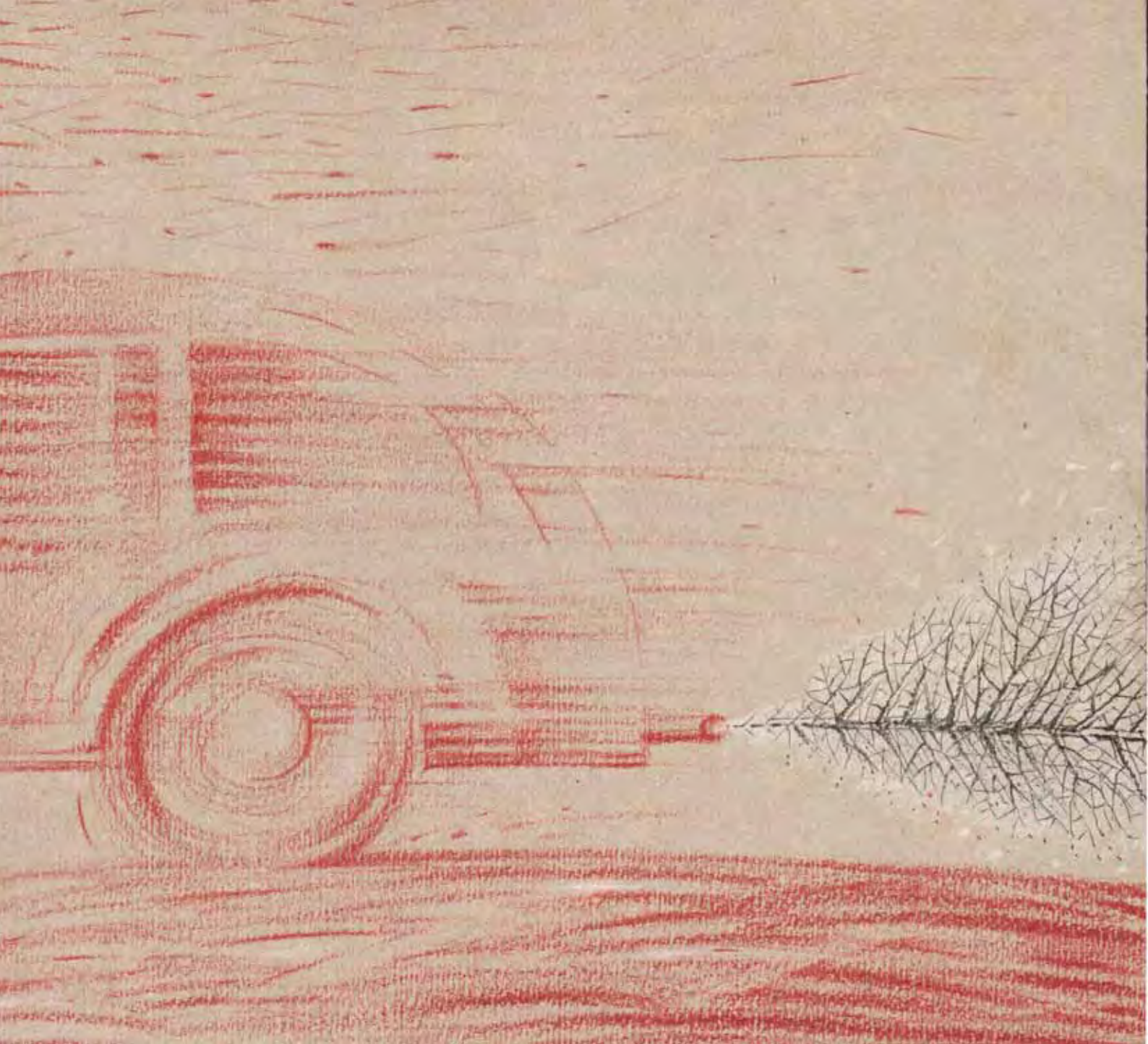
## О ресурсах

На современных крупных ТЭС золу после сжигания угля улавливают электрофильтрами, затем смывают водой и в виде пульпы сбрасывают в золоотвал. На поверхности золоотвала устраивают пруд-отстойник площадью в тысячи квадратных метров. Избыток воды из него стекает в канал оборотного водоснабжения, где она очищается и вновь используется для транспортировки золы. В отстойнике и канале микросферы всплывают и образуют слой толщиной иногда в десятки сантиметров. Их остается только собрать (см. фото).

Это наиболее простой и экономически выгодный способ. Оценить ресурс микросфер довольно просто: зная объем пульпы (а это всегда известно) и учитывая неизбежные потери, легко определить, что ресурс микросфер по крупнейшим ТЭС СНГ — несколько десятков тысяч тонн в год. Этого более чем достаточно для нужд промышленности, выпускающей композитные материалы. По опубликованным в литературе данным, мировой экспорт микросфер в 1998 году составил более 2500 тысяч тонн в год при средней цене 4 тысячи долларов за тонну. Россия в эту статистику не входит.

Мириады изящных прозрачных шариков — совершенно «бесплатный» продукт угольной энергетики — мог бы при хозяйском отношении приносить немалый доход, по существу, тем самым снизить стоимость электроэнергии.





# Куда девать глицерин?

Р.Акасов

Во времена позднего Советского Союза для повышения продаж придумали следующий нехитрый способ: человек, совершая покупку, автоматически был вынужден приобрести и еще что-либо — обычно какой-нибудь недорогой залежалый товар. Как говорили тогда, «в нагрузку». И что делать с этим товаром, не совсем бросовым, но и не слишком нужным, — становилось головной болью потребителя, а не продавца. Такой способ торговли оказался весьма живучим и кое-где дожил до конца 90-х годов.

Современные торговые сети придумали множество куда более изящных способов повышения прибылей, но метод «нагрузки» неожиданно всплыл совсем в другой области человеческой деятельности. И претензии в данном случае предъявить некому. Производство популярного сегодня биодизеля имеет побочным продуктом глицерин — неочищенный, зато много. Даже, пожалуй, слишком много. Что делать с лишним глицерином и можно ли за его счет сделать экономику биодизеля более экономной?

## Горшочек, вари!

Технология производства биодизеля подкупает своей простотой — по крайней мере, в Интернете вы найдете немало фирм, предлагающих установку мини-заводов по производству собственного топлива буквально на заднем дворе приусадебного участка. Более того, подобную конструкцию можно даже собрать самому — если, конечно, вы не боитесь слов «переэтерификация» или «реактор». Правда, как и любое химическое производство, оно несет в себе определенный набор опасностей, но сама по себе возможность, безусловно, привлекает энтузиастов. Интерес крупных компаний к биодизелю тем более понятен, особенно если подобные инициативы экономически или законодательно поддерживает государство.

Сырьем для такого производства может служить любой растительный или животный жир. То есть рубить джунгли и сажать там огромные плантации рапса совсем не обязательно, достаточно воспользоваться отслужившими свое маслами из многочисленных фритюрниц или даже извлекать масло из кофейной гущи. Поставщиком всего этого добра могут быть многочисленные сети быстрого питания или предприятия пищевой промышленности. Главное, что нам нужно от сырья, — чтобы там были триглицериды, то есть соединения жирных кислот и глицерина. Подействовав на них метанолом и щелочью в качестве катализатора, получаем метиловые эфиры жирных кислот (тот самый биодизель, ради которого весь сыр-бор) и глицерин, точнее, его раствор в концентрации примерно 80%.

Биодизель отделяют и очищают от остатков метанола, воды и гидроксидов, после чего его можно заливать в бак и ехать. А вот с глицерином все гораздо сложнее. Его, конечно, тоже можно очистить, благо приложений у глицерина немало. Это и фармацевтика, и моющие средства, и пластмассы, и пищевая промышленность, и еще много других производств. Так в чем же проблема?

## Горшочек, не вари!

Проблема в том, что количество производимого глицерина непрерывно растет. Масштаб процесса оценить несложно: на каждую тонну биодизеля приходится больше 100 кг сырого глицерина. Сегодня в мире получают около 15 млн. тонн биодизеля, а потребность в глицерине оценивают от 1 до 1,5 млн. тонн в год. То есть уже сейчас мировое производство глицерина только на биодизельных заводах примерно соответствует потребности в этом веществе. А в самом недалеком будущем, за счет

новых предприятий в Америке и Азии, предложение превысит спрос. Но ведь есть еще и заводы, для которых глицерин — целевой продукт.

Все это приводит к тому, что цена на глицерин на мировом рынке быстро падает, поэтому позволить себе его очищать могут лишь самые крупные компании. Сырой глицерин надо отмыть от остатков спиртов и щелочей, а затем дистиллировать — под вакуумом при температуре 180—200°C. Это, кстати, первый метод, с помощью которого люди научились получать чистый глицерин еще в 1856 году. Современные технологии, конечно, значительно усовершенствовали процесс, однако в целом он до сих пор остается достаточно энергоемким и поэтому дорогим.

Учитывая, что само производство биодизеля сегодня колеблется на тонкой грани «выгодно-невыгодно», проблема глицерина приобретает вполне глобальный масштаб. Если глицерину удастся найти экономически выгодное применение, он сможет упрочить положение биодизельных заводов. Если нет, то он станет обузой и будет ограничивать распространение «зеленого» топлива.

## Ложечка за биотех

Глицерин получил свое название за вкус — *glyk s* в переводе с греческого означает «сладкий». Открыл это вещество знаменитый шведский химик Карл Шееле в 1779 году, выделив его из оливкового масла. Он же был и первым человеком, который попробовал глицерин. На счастье великого ученого, глицерин оказался не только сладким, но и нетоксичным.

Сегодня ученые в Соединенных Штатах пытаются пытаться вводить глицерин в рацион домашних животных, например коров и кур. Выгода от такого применения может быть просто потрясающей, ведь уже сейчас сырой глицерин в два раза дешевле кормового зерна, причем его цена, как мы уже говорили, падает с каждым годом. Правда, еще необходимо выяснить, не скажется ли такая диета на свойствах мяса и насколько животные вообще приспособятся к переходу с твердой пищи на жидкий глицерин. Кроме того, придется позаботиться и об относительной чистоте вещества — остатки метанола и щелочей малополезны даже для стойких желудков домашнего скота. Впрочем, пока доклады с ферм самые оптимистические.

Но как бы ни была заманчива возможность решить проблему глицерина, всего лишь найди ему нового потребителя, ученые и инженеры продолжают поиск более технологичных путей его утилизации. Идея первая — применить



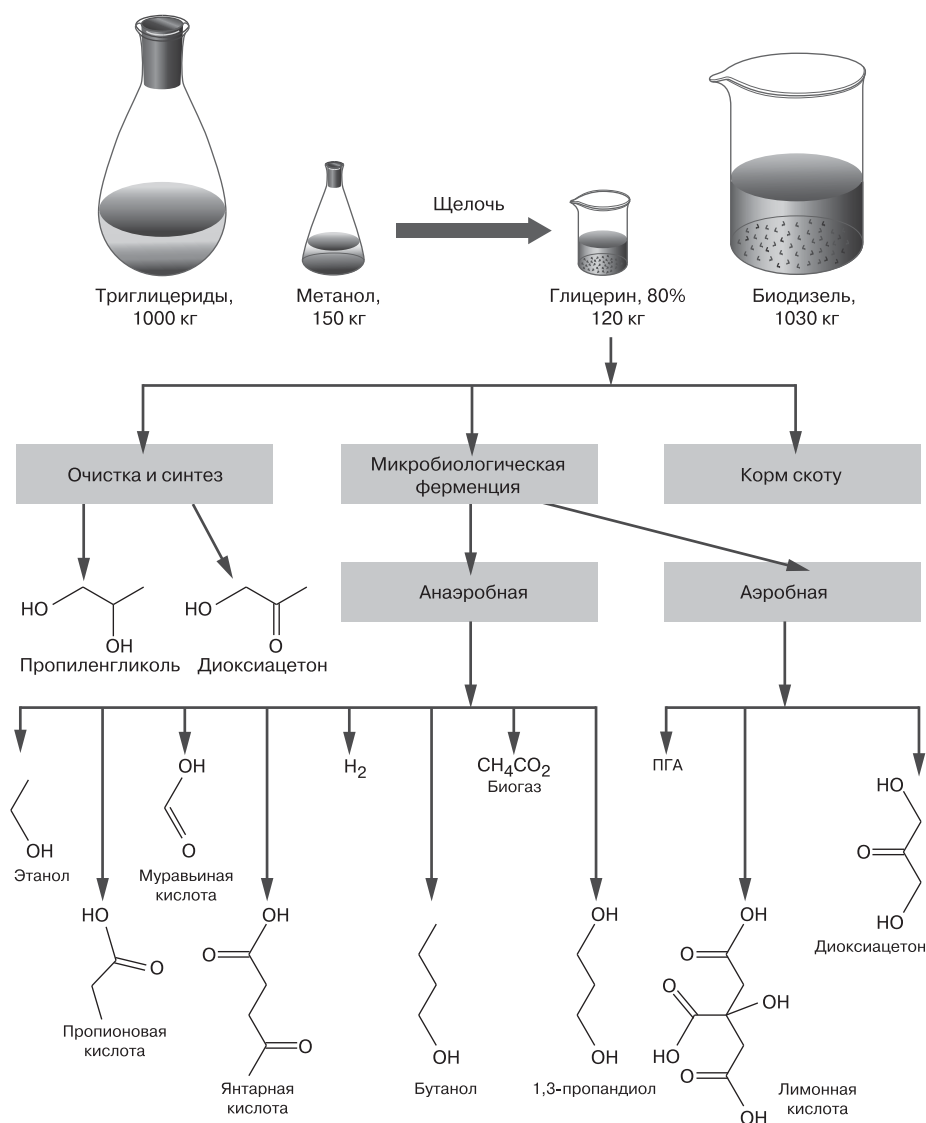
## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

методы классической химии для получения других полезных веществ. Идея вторая — сделать глицерин сырьем для биотехнологий. Вторая идея особенно привлекательна тем, что микроорганизмы куда как менее требовательны к качеству предоставленной им пищи, чем коровы. К тому же они отлично размножаются, быстро растут и обладают выдающимися способностями в области органического синтеза. Речь в первую очередь идет о бактериях. Это настоящие короли биохимии, с той только разницей, что короли обычно восседают на тронах, а бактерии обитают везде, где только можно. Рассмотрим обе идеи чуть подробнее.

## Трудности катализа

Большому кораблю — большое плавание: чтобы найти применение большому количеству глицерина, необходимо превращать его в крупнотоннажный продукт. Например, в пропиленгликоль, который активно применяют для нужд бытовой химии. Он входит в состав антифриза, тормозной жидкости, красок, стиральных порошков, корма для животных, табака, косметики, зубных паст, шампуня и многих других средств. Кроме того, пропиленгликоль используют для производства ненасыщенных полиэфирных смол, необходимых в строительстве, судостроении и транспортно-индустрии.

Сегодня существует несколько технологий получения пропиленгликоля, в частности хлоргидриновый процесс или перокисление. Однако дешевый глицерин вполне может вытеснить традиционные способы. Несколько лет назад в университете Миссури (штат Колумбия) разработали технологию восстановления глицерина на металлических катализаторах. Лучшее всего себя проявил катализатор на основе хромита меди, опередив по селективности даже именитые никель, платину и палладий. Процесс особенно выгоден тем, что не требует очень высоких температур и давления — достаточно примерно 200°C и 14 атмосфер, что значительно ниже показателей для других похожих процессов. При этом глицерин сначала



### Схема возможного применения глицерина

теряет воду (дегидратируется), образуя оксиацетон (еще один возможный продукт), а затем присоединяет водород (гидрируется) с получением пропиленгликоля. Завод по производству пропиленгликоля из глицерина и сорбита должен был открыться в штате Иллинойс в США в конце 2010 года. Производительность предприятия – 100 000 тонн в год. Уже на подходе аналогичные заводы в Китае.

Серьезное препятствие для таких технологий — примеси, остающиеся в глицерине после получения биодизеля. Неприятнее всего неорганические соли, образующиеся из остатков гидроксидов натрия или калия: они отравляют металлические катализаторы. Гидроксиды добавляют для ускорения переэтерификации, а после его завершения их обычно нейтрализуют соляной или серной кислотой. Дистилляция глицерина, то есть его очистка, — дорогое удовольствие, поэтому в том же

университете Миссури придумали способ удаления солей с помощью извести и фосфорной кислоты. Взаимодействуя друг с другом и с гидроксильной группой щелочей, они образуют нерастворимые гидроксиапатиты, выпадающие в осадок. Вполне возможно, что развитие этой технологии придаст новый импульс стараниям химиков.

### Косметические изменения

Если химикам-синтетикам приходится искать катализаторы и в поте лица подбирать условия для проведения реакции, то биотехнологам куда проще, по крайней мере, на первый взгляд. Сумел найти продуктивный штамм микроорганизмов — считай, дело практически в шляпе. Впрочем, очень часто успех поиска зависит не только от штамма, но и от технологии процесса.

Так, несколько лет назад в Московском государственном университете инженерной экологии совместно с Калининградским госуниверситетом

разработали процесс превращения глицерина в диоксиацетон. Эти два вещества очень похожи, разница между ними лишь в том, что у диоксиацетона при втором атоме углерода находится кетонная группа вместо гидроксильной. В биотехнологии процесс, при котором продукт незначительно отличается от субстрата, называют биотрансформацией. Сложность технологии в том, что клетки бактерий не только превращают глицерин в диоксиацетон, но и активно потребляют его для собственного роста. Чем больше они употребят глицерина для себя, тем меньше останется для нас. Но если ограничивать рост клеток, то их будет мало и превращать глицерин в диоксиацетон станет некому. Поэтому исследователи стали проводить процесс в два этапа: сначала бактерии активно размножаются и быстро растут на питательной среде с витаминами и ростовыми факторами. А на втором этапе им подают бедную среду, рост и деление клеток замедляются. Зато ферментные системы, отвечающие за окисление глицерина, продолжают работать и синтезируют диоксиацетон.

Это вещество применяют в производстве смол и полимеров, в качестве красителя, а иногда и в медицине — как лекарство и консервант крови. Но, пожалуй, самый простой путь найти диоксиацетон — купить тюбик автозагара. Именно это вещество — главное действующее лицо в препаратах подобного рода. Взаимодействуя с кожей, диоксиацетон придает ей устойчивый коричневый оттенок, похожий на настоящий загар.

Еще одна отечественная разработка, сделанная в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов в Пущино, — получение лимонной кислоты из глицерина с помощью мутантного штамма дрожжей *Yarrowia lipolytica*. Объем мирового производства лимонной кислоты — около полутора млн. тонн, и получают ее, как правило, с помощью культур гриба *Aspergillus niger*. Новая технология позволяет накапливать высокие концентрации целевого продукта (более 100 г кислоты на литр культуральной жидкости) и значительно упрощает процесс.

### «Зеленое» применение глицерина

Впрочем, совсем не обязательно что-то получать из глицерина. Иногда вполне достаточно просто подкармливать им бактерий. Правда, здесь важно знать, кого именно и когда подкармливать. Так, сточные воды перед сбросом должны быть очищены от тяжелых металлов. Наиболее простой способ очистки



— осаждение металлов в виде нерастворимых сульфидов. Осаждающим реагентом служит обычный сероводород. Его можно вводить в среду извне, а можно поступить хитрее. Сточные воды, как правило, содержат органику и сульфаты. Это значит, что есть все условия для выращивания сульфатовосстанавливающих бактерий, которые сами будут выделять сероводород. Глицерин при такой схеме служит дополнительным питанием: он легко усваивается, и процесс восстановления сульфатов идет довольно быстро. Подобную схему разрабатывают в Уфимском государственном нефтяном техническом университете.

Дешевый глицерин может дать стимул к развитию еще одного направления экобиотехнологии, а именно — производству биоразлагаемых пластиков. Главная проблема, ограничивающая применение таких материалов, — их сравнительная дороговизна по сравнению с продуктами нефтехимии. Обычно ее решают двумя способами: снижают себестоимость за счет увеличения объемов производства и используют более дешевое сырье.

Совместные исследования ученых из Португалии и Бельгии позволили найти штамм бактерии *Cupriavidus necator*, который способен накапливать поли-3-гидроксibuтираты, служащие основой для производства полигидроксиалканоатов (ПГА). Эти полимеры можно использовать как для упаковки, так и для биомедицинских целей, причем в природе ПГА разлагаются без следа меньше чем за год. Поли-3-гидроксibuтираты (около 150 их вариантов) накапливаются внутри клеток некоторых растений и бактерий как запасное питательное вещество. Это значит, что можно получать пластики с разными свойствами, варьируя их состав.

Один из главных недостатков технологии заключается в том, что растущие бактерии требуют большого количества кислорода. Активная аэрация увеличивает расход энергии. Более того, исследователям приходилось обогащать пропускаемый воздух чистым кислородом. Разумеется, в масштабах промышленного производства подобные особенности будут влетать в копеечку. Кроме того, рост бактерий подавляли остатки солей в глицерине. Тем не менее авторы исследования уверены, что подобная технология выгоднее уже существующих и вполне может побороться за рынок.

## Дышите — не дышите

Но, пожалуй, самые перспективные пути применения глицерина связаны с анаэробным культивированием.

Особенность этой технологии в том, что микроорганизмы растут в среде без доступа кислорода. Это серьезно удешевляет процесс, а главное, позволяет получать самые разные продукты. Правда, без недостатков не обходится и тут: анаэробные процессы обычно идут медленнее, чем аэробные. Наиболее активные исследования в этом направлении ведут в университете Райс в Хьюстоне.

К росту на глицерине в отсутствие кислорода способна весьма небольшая группа организмов: некоторые виды энтеробактерий, клостридий, бацилл и лактобацилл. Долгое время считалось, что существует единственный метаболический путь, при котором бактерии сбраживают глицерин до 1,3-пропандиола. Поэтому усилия биотехнологов были направлены главным образом на достижение максимальных выходов этого вещества. Причем излюбленные объекты биологических исследований — кишечная палочка и дрожжи *Saccharomyces* — не способны к такому варианту брожения. Однако исследование Рамона Гонсалеса, сотрудника университета Райса, позволили обнаружить новый метаболический путь, при котором глицерин превращается уже в 1,2-пропандиол. И этот путь нашелся в самой обычной кишечной палочке, хотя для его активации пришлось очень долго подбирать условия.

На первый взгляд разница между 1,3- и 1,2-пропандиолом незначительна, но последствия открытия оказались вполне ощутимыми. Используя новый метаболический путь, команда Гонсалеса вывела новый штамм кишечной палочки, способный к сверхсинтезу янтарной кислоты (примерно в 100 раз больше по сравнению с «обычной» бактерией). Аналогичным образом удалось получить штаммы, накапливающие муравьиную и молочную кислоты. Исследователи хотят не просто разработать технологию получения того или иного продукта, но создать на основе глицерина платформу для производства целого спектра веществ.

Кроме того, другие авторы сообщают, например, о синтезе бутанола бактериями *Clostridium pasteurianum*. Правда, накапливается его пока не очень много, около 17 г на литр: дело тут, очевидно, в токсичности продукта. Клетки бактерий *Propionibacteria acidipropionici* и *Propionibacteria freudenreichii*, иммобилизованные с помощью альгината кальция, способны синтезировать пропионовую кислоту — до 42 г на литр. Есть сообщения о технологии получения пар продуктов, например этанол — водород или этанол — муравьиная кислота.

На получении этилового спирта, по-



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

жалуй, стоит остановиться подробнее. По расчетам того же Гонсалеса, производство этанола из глицерина обойдется на 40% дешевле по сравнению с зерновым спиртом. А самое главное, этиловый спирт можно использовать вместо метанола при производстве биодизеля. Причем подобный шаг делает производство не только более безопасным (метанол, напомним, очень ядовит), но и более логичным. Ведь метанол сегодня получают из природного газа, а тратить на возобновляемое топливо невозобновляемое сырье несколько странно.

Ну и чтобы окончательно замкнуть круг, упомянем, что и сам глицерин можно превратить в топливо — водород или биогаз (смесь метана и углекислого газа). Обычно подобные процессы выглядят так: в огромные железные бочки помещают питательную среду (в данном случае глицерин) и комплекс продуцентов, образующих в анаэробных условиях метан или водород. Микроорганизмы растут, а инженеры добавляют субстрат и отбирают накапливающийся газ. Впрочем, технологи часто недолюбливают такие производства, ведь в холодное время года реакторы необходимо обогревать, и если завод не расположен в стране с мягким климатом, расходы газа на поддержание температуры могут превысить объем полученного топлива. Кроме того, такое производство взрывоопасно, а целевой продукт годится в основном лишь на обогрев — остальным способам применения мешают разнообразные примеси.

Возможности использования глицерина наверняка не ограничиваются перечисленными технологиями. Исследования продолжаются во многих лабораториях мира — что может быть интереснее, чем решение конкретной практической задачи, важной для общества? И можно не сомневаться, что уже в ближайшее время появятся новые продуктивные идеи. Будем следить за развитием событий.





# Самоочищение малых рек

Доктор биологических наук

**Е.К.Еськов,**

**М.А.Розенберг,**

Российский государственный аграрный заочный университет

Все знают, что наши внутренние водоемы, особенно те, что расположены вблизи крупных городов, промышленных центров и автомагистралей, страдают от загрязнений. Около 80% загрязнителей (поллютантов), смываемых дождями и талой водой, попадают в реки, пруды, озера или водохранилища. Остальные 20% накапливаются в наземных объектах.

Менее известный факт — реки могут сами очищать себя, не избавляясь от опасных загрязнителей полностью, но существенно снижая их концентрацию. Здесь имеет значение кратность поверхностного водообмена (то есть ко-

личество объемов воды, протекающее через русло за сутки). У многих подмосковных рек она достаточно высока: среднегодовое значение — около 4,6.

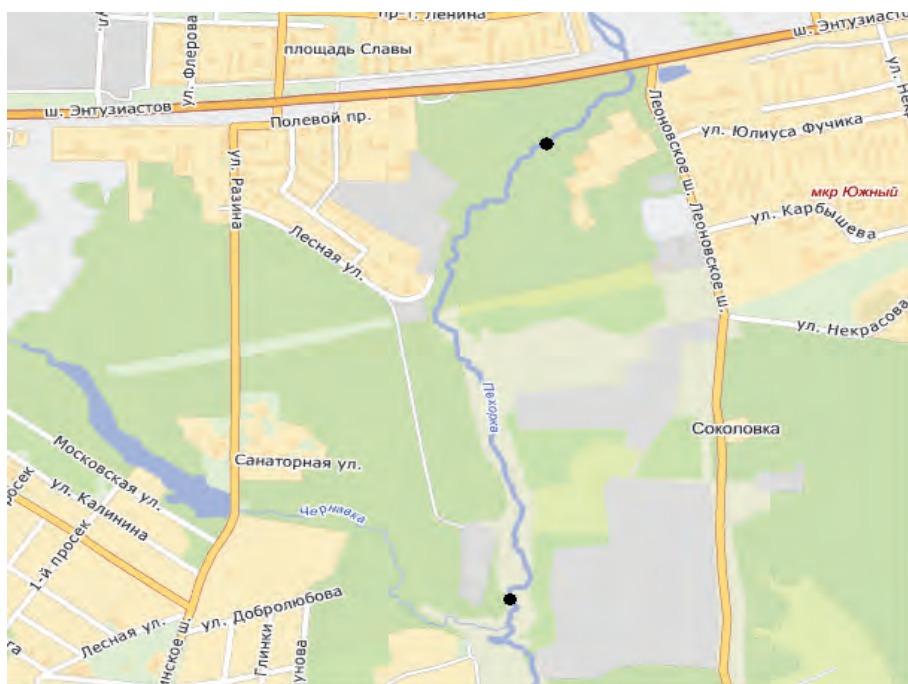
В ближнем Подмосковье, по территории Балашихинского района, протекает речка Пехорка — весьма подходящий объект для изучения техногенного загрязнения. Мы выбрали два участка реки. Первый — неподалеку от моста на автотрассе Москва — Нижний Новгород. Стоки с моста, естественно, попадают в речную воду. Второй, не подвергавшийся сильному загрязнению, находился ниже по течению.

Пойма реки занята деревьями и кустарниками, преимущественно ивовыми. Ближе к воде растут осоки, хвощ

Таблица 1.

**Содержание свинца и кадмия в элодее канадской, отобранной в разных участках русла реки**

Части водоросли	У шоссе		Ниже по течению	
	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг
<b>Листья</b>	3,07±0,32	141±13,7	3,06±0,28	140±9,21
<b>Корень</b>	5,65±0,239	217±16,1	3,64±0,47	179±42,1



Слева показаны заросли в прибрежной зоне реки Пехорки, а на карте сверху черными кружками отмечены места, где брали пробы



Элодея канадская — доминирующая водоросль в русле реки: справа — общий вид, а слева изображена часть побега с женским цветком

и рогоз, а в русле реки — растения, погруженные в воду: элодея канадская и роголистник, которые занимают 30—50% речного дна. В заводях растут рдест речной и тростник обыкновенный. В целом картина идиллическая — если бы не данные анализа.

Содержание свинца и кадмия определяли в аналитической лаборатории экологического мониторинга нашего университета методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Растительные и животные пробы высушивали до



Карась серебристый неприхотлив, его разводят там, где не может жить карп

Таблица 2.

Концентрация свинца и кадмия у серебристого карася (ПДК для субпродуктов по свинцу — 0,6 мг/кг, по кадмию — 0,3 мг/кг, СанПиН 2.3.2.1078-01)

Ткань, орган	У шоссе		Ниже по течению	
	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мкг/кг
Чешуя	1,693±0,206	16,9±1,31	0,632±0,053	6,81±0,82
Грудной плавник	2,383±0,304	35,4±4,75	1,707±0,155	32,6±5,83
Жабры	1,43±0,056	33,5±2,52	1,11±0,142	19,6±2,71
Печень	36,42±1,47	1271±87,2	2,771±0,066	54,6±3,27

## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

постоянной массы, полную минерализацию проводили в автоклаве смесью азотной кислоты и пероксида водорода, затем минерализаты доводили до требуемого объема деионизированной водой.

Мы контролировали содержание свинца и кадмия в речной воде, а также в бентосе, рыбе, листьях и корнях элодеи. В пункте Б по сравнению с пунктом А концентрация свинца в воде уменьшилась втрое (в среднем от 0,71 до 0,24 мкг/л), а кадмия — в 1,6 раза (от 0,134 до 0,083 мкг/л). Еще сильнее понизилось их содержание в бентосе: свинца — в 7,7 раза (от 4,87 до 0,66 мкг/кг), кадмия — в 3,4 раза (от 231 до 67,4 мкг/кг). В листьях элодеи концентрации поллютантов не снизились, зато в корнях они уменьшились в полтора раза (табл. 1).

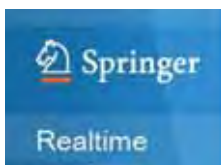
У карасей, как и ожидалось, сильнее всего была загрязнена печень. Но поскольку питаются караси планктоном, бентосом и водной растительностью, снижение концентраций обоих тяжелых металлов в воде и корме отразилось и на них (табл. 1—2). В печени карасей концентрация свинца уменьшалась в среднем в 13 раз, а кадмия — в 23 раза. Если субпродукты карася, обитавшего в загрязненной части реки, согласно нормам СанПиН были непригодны в пищу по содержанию свинца и кадмия, то через два километра вниз по течению содержание кадмия в печени стало ниже ПДК (табл. 2). Однако в чешуе, жабрах и грудных плавниках концентрации понижались не столь впечатляюще.

Понятно, что свинец и кадмий не исчезают в никуда. Они осаждаются, их поглощают водоросли, и в итоге они накапливаются в донных отложениях. Но вода малой реки, заросшей водной растительностью, становится тем чище, чем дальше от шоссе.



# Полезные ссылки

## Springer Realtime



<http://realtime.springer.com/>

«Специальная служба, которая позволяет узнать, что читает научное сообщество в данный момент». Имеется в виду, конечно, продукция издательства «Springer» — журнальные статьи и главы из книг, но это немалая часть научной литературы. Облако ссылок на ключевые слова обновляется каждое десять секунд. Можно посмотреть, в каких городах мира люди скачивают шпрингеровский контент в данный момент и что именно скачивают. Вроде бы имеется возможность посмотреть отчетность за месяц и три месяца (очевидно, данные там будут более объективными, чем за секунды), но, признаемся честно, мы не сумели переключиться в этот режим. Через SpringerImages и SpringerProtocols загружают отдельные иллюстрации и экспериментальные протоколы, опубликованные в статьях. Служба, естественно, не бесплатная, чтобы получить материал, нужно его купить или подписаться.

## ABC. Все о лекарствах. Все о болезнях. Все о здоровье



<http://www.abc-gid.ru/>

Главный редактор этого очень качественного медицинского сайта — врач-терапевт Алексей Водовозов, в ЖЖ uncle-doc, победитель конкурса «Медицина в Рунете» в номинации «Лучший блог» 2010 года. Статьи, размещенные на сайте, посвящены самым актуальным медицинским и околомедицинским проблемам — от требований к психическому состоянию призывников до ненасыщенных жирных кислот и их пользы для здоровья. Кроме статей и научных новостей, здесь есть видеоролики и отличная инфографика — например, схема наиболее распространенных перевязок (забинтовали палец, повязка сползла, снова забинтовали, снова сползла — знакомая история?) или порядок действий при вынимании клеща (уж сколько раз твердили миру, что не надо хватать за туловище и поливать маслом...). Можно задать вопрос врачу-эксперту, самому попытаться узнать, что означает тот или иной симптом, или прочитать побольше о болезни. Интернет-консультация не заменяет реального визита к врачу, но помогает рассеять «тьму египетскую» медицинской безграмотности.

## Физика.ru



<http://www.fizika.ru/>

Сайт для преподавателей физики, учащихся и их родителей. Онлайн-учебники с тренировочными и контрольными вопросами, медиалекции (диктор читает текст, компьютер показывает анимированные иллюстрации). Есть описания элементарных лабораторных работ, вроде обнаружения погрешности обычной школьной линейки, есть задачи и контрольные работы. Незарегистрированным пользователям, однако, доступна только малая часть контента. «Предложите своему учителю вступить в клуб «Физика.ru» и попросите у него пароль». Для учителей доступ бесплатный, но требуется

ответить на три вопроса, знание ответов на которые подтвердит, что вы именно учитель, а также, очевидно, поучаствовать в наполнении сайта. Альтернатива — платный доступ, 30 рублей в месяц через платежную систему WebMoney. Для учителей и методистов работает форум.

## Дневник

<http://dnevnik.ru/>



Школьная образовательная сеть, существует с 2007 года. Неплохой вариант для образовательных учреждений, которые мечтают приобщиться к интернет-культуре, но боятся интернет-бескультуры и технических сложностей. Любая школа может создать здесь свою страничку с изменяемым расписанием уроков для всех классов (помните, как в доинтернетовскую эру ходили на каникулах к школе, списывать новое расписание, вывешенное на дверях?), электронные журналы с оценками, страницы отдельных уроков, раздел для общешкольных новостей. Естественно, конфиденциальная информация о том, что Иванов получил пару по алгебре, не будет доступна посторонним — доступ в такие разделы системы осуществляется по специальному коду, который выдают в школе. Но самому Иванову и его родителям эта информация может оказаться полезной, дабы тройка в четверти не стала сюрпризом. Имеются также электронная библиотека, медиатека, словари и переводчик, хранилище файлов — например, фотографий из похода или видеозаписей школьных спектаклей. Пользователи могут заводить личные странички. Подключение к сети для школ бесплатно, абонентской платы тоже нет, но необходимо назначить компьютерно грамотного администратора, который будет подключать новых пользователей в родной школе.

## Библиотекарь.ру

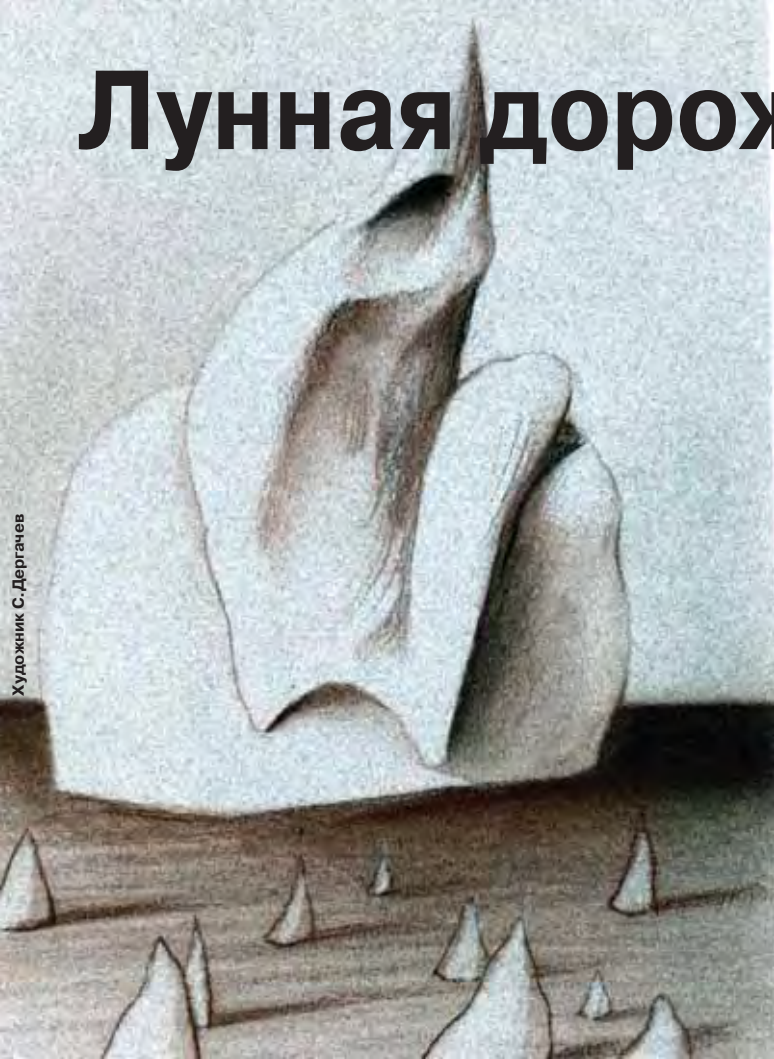


<http://bibliotekar.ru/>

«Электронная библиотека нехудожественной литературы по русской и мировой истории, искусству, культуре, прикладным наукам. Книги, периодика, графика, справочная и техническая литература для учащихся средних и высших учебных заведений». Все в свободном доступе. Слева тематическое меню: «Древнерусская литература» (хотите почитать знаменитую «Голубиную книгу»?), Татищев, Карамзин, Ключевский, Соловьев, Иловайский, энциклопедии искусств и репродукции картин, книги по этнографии... Справа новинки (где, правда, попадаются и чисто рекламные ссылки, к книгам отношения не имеющие). Литература по гуманитарным наукам дана очень хорошо, чего нельзя сказать о точных и естественных науках: нам встретился учебник астрономии без выходных данных, иллюстраций и формул в тексте.

# Лунная дорожка

Художник С. Дерганев



Шаг. Еще один. И еще...

Четкие, с ровными краями следы на серой пыли. Глубокая, контрастная тень, протянувшаяся от скал к горизонту. Чужое, как дно океана, небо и всполохи ярких звезд.

Одинокая фигура в скафандре среди однотонной плоской равнины. Цепочка следов от лунохода у лунной трассы. Отблеск солнечного света на полусфере шлема.

Тишина...

Солнце ярко горело над горизонтом. Вода слегка горчила, но в ней растворялся свет звезд, и пить ее было приятно. Скалы, как и всегда, безмолвно скучали. Холод, как и всегда, растекался по переливам лунных равнин.

Сабуро прислонился к небольшому камню и закрыл глаза. Световое перо, как охотничья собака, замерло на указательном пальце перчатки скафандра, будто прислушиваясь к отголоскам мыслей. Рамкой света перед внутренним взглядом вспыхнули очертания будущей картины. Рука медленно поднялась и закружилась в танце со звездами, скалами и солнечным светом. Глаз он так и не открывал.

На озере, по темной воде, затаившейся под призрачными лучами, бежала лунная дорожка. Все небо и кроны деревьев были наполнены серебристым светом, звезды слегка померкли, и даже воздух казался легче и наполнял неземной свежестью.

Таня аккуратно откинула клапан палатки и, не торопясь, наслаждаясь красотой ночи, спустилась к озеру. Вода еще не остыла, и теплые волны нежно ласкали кончики пальцев, коснувшиеся озерной глади. К самому берегу, к подмосткам причала, как изысканный ковер, тянулся бликами лунный свет.

Тихо, стараясь не нарушить очарование ночи, она спу-

Вячеслав Золотарев



НАНОФАНТАСТИКА

стилась в нежные объятия теплого, шепчущего камышами озера и плавно поплыла вдоль лунного следа. Свет как будто касался ее тела, легкими, осторожными движениями оставляя контуры и блики на воде. Звезды смотрели с вышины на проплывающий под ними гибкий, сияющий на темной поверхности силуэт.

Сабуро казалось, что перо касается водной глади, он чувствовал влагу на волосах и кончике языка, сквозь закрытые веки как будто проникал лунный свет. Рука летела вдоль штрихов и линий, изгибов и всплесков, очерчивала контуры и подбирала цвет, меняла освещение. Хвойный запах витал вокруг.

Он открыл глаза и посмотрел сквозь вязь светящихся линий на горизонт. Тени снова потянулись от скал, и холод начал проникать в мысли. Аккуратно, с легким щелчком световое перо исчезло в футляре. Автоматически проверив уровень кислорода и пробежав взглядом по показателям системы жизнеобеспечения, Сабуро вызвал соединение со спутником системы связи и отправил содержимое внешней памяти в свой блог.

Девушка, словно светясь в ликующем свете луны, выходила из амальгамы ночного озера, слегка придерживая поблескивающие, спадающие водопадом волосы. К берегу наклонились старые сосны, и она горела белой вспышкой, звездным силуэтом среди их темных стволов.

**@polotany** Такое чувство, что вы стояли на берегу и видели эту ночь, Сабуро. А я надеялась, что никто не видел мое ночное безумство

**@space\_guest\_saburo** Для сердца нет преград и расстояний, Таня-сан! Всего лишь несколько шагов — от души к душе...

Звезды сквозь купол Четвертой лунной станции напоследок подмигнули Сабуро, когда он с нарочитой аккуратностью закрыл последний шлюзовый отсек и провел браслетом с чипом доступа по входной рамке. Медленно, смакуя уходящее настроение, он пошел по коридору станции, мимо спешащих рабочих космопорта и внешнего кольца оранжерей...

...В рамке голограммы светящимися искрами возникла фигура директора внешних оранжерей. Сабуро показалось, что его лицо мгновенно окаменело, а остатки звездного света покинули его мысли.

— Капитан Андреев, требую устранить семь замечаний по внешней поверхности кольца немедленно. — Щелчок системы передачи подчеркнул резкость тона. — Три замечания по системам внешней защиты также переданы в вашу рабочую консоль, прошу устранить до окончания лунной вахты.

— Принял, приступаю к исполнению, инспектор Такада. Разрешите закончить связь?

— Разрешаю.

Голограмма исчезла, и Сабуро вновь склонился над своей консолью. Его ассистентка в который раз вздрогнула от холодного и спокойного тона начальника.



Коралловопалая квакша *Litoria caerulea*

# Изгнание инородного тела

Австралия — страна натуралистов. Если вы встретите в научном журнале статью, посвященную проблемам интересным, но не имеющим практического значения, как то: обучение пчел, ядовитость комодских варанов, физиология древесных змей или ориентация пингвинов на местности, то среди ее авторов наверняка будут австралийцы. По-моему, это правильный подход. Биологи должны наблюдать и испытывать природу, и она вознаградит их. Так недавно рутинные исследования специалистов Школы экологии и наук о жизни (Университет Чарльза Дарвина) привели к открытию нового феномена.

Эту работу сделали молодые ученые: постдоки и сотрудники без степени. Светил среди них пока нет, а первым автором числится доктор Кристофер Трейси. Биологи наблюдали за местными лягушками, для чего вводили им в брюшную полость радиопередатчики (под наркозом, конечно). Так они пометили представителей трех видов: коралловопалую квакшу *Litoria caerulea*, равнинную квакшу *Litoria dahlii* и гигантскую лягушку *Cyclorana australis*. Затем пришло время передатчики собирать. Ловить лягушек начали спустя 25 дней, закончили через 193 дня.

Каково же было удивление исследователей, когда три четверти передатчиков оказались не в брюшной полости, а в мочевом пузыре. Еще три устройства ученые обнаружили прямо на земле без каких-либо признаков гибели их носителей: ни следов хищных птиц рядом, ни лягушачьих останков. По-видимому, судьбу приборчиков решил размер животных. Устройства были довольно большими, 22,9x14,4x8,5 мм или 20,2x11,1x 7,4 мм, и застревали в мочевом пузыре, но у крупных лягушек могли выйти наружу через соответствующее отверстие. Исследователи предположили, что амфибии обладают уникальной способностью удалять инородные тела из брюшной полости через мочевой пузырь, и занялись проверкой этой гипотезы.

Эксперимент поставили на пяти коралловопалых квакшах и пяти тростниковых жабах *Rhinella marina*, которым вшили в полость тела стерильные пластиковые бусины. Именно эти виды выбрали не случайно: самки квакш вырастают до 13 см в длину, жабы — до 25 см. А бусины взяли относительно маленькие, 7,8x4 мм, в мочевом пузыре крупных лягушек они не застрянут.

Инородные тела вшивали в левый бок, между задней и передней лапками. Когда прооперированные амфибии очнулись от наркоза, их рассадили по одной в специальные контейнеры, кормили сверчками и мучными червями и ждали появления бусин. Квакши избавились от них за 15—23 дня. Что касается жаб, то лишь одна из них рассталась со своим сокровищем, это произошло на 15-й день. Остальных четырех, так и не дождавшись результатов, вскрыли на 45-е сутки. Бусины плавали у амфибий в мочевом пузыре. Тогда исследователи вшили пластиковые пилюльки еще 31 тростниковой жабе, а затем вскрывали их со второго по 51-й день и проследили весь путь инородного тела в организме.

Наверное, сейчас многие пожалели жаб. Не стоит. Это животное совершенно несовместимо с австралийской природой, как и большинство чужеземных видов. Однако австралийцы не учатся на своих ошибках, время от времени завозят кого-нибудь, а потом не знают, как избавиться от гостя. Вот и тростниковую жабу, она же ага, она же морская жаба, в 1935 году завезли в Северный Квинсленд, чтобы она контролировала численность жуков, опустошавших плантации сахарного тростника (тоже не местное растение). Жуки агам не понравились, но местных амфибий, ящериц и даже мелких сумчатых они трескали с удовольствием. Аппетит у этого создания отменный, к тому же оно невероятно плодовито, благодаря чему в

скором времени существенно потеснило местную фауну. К сожалению, тростниковая жаба ядовита, так что врагов у нее почти нет. Головастики поедают нимфы стрекоз, некоторые черепахи, змеи, водные жуки, а со взрослыми амфибиями сладит разве что крокодил или цапля, нечувствительные к жабьему яду. Мне кажется, раз уж ага тростниковые плантации не бережет, пусть хоть науке посильную пользу приносит. Иначе придется для борьбы с ней крокодилов разводить, а потом кого?

Но вернемся к инородным объектам. Многие из них перемещались в брюшной полости, однако на последующие события эти перемещения не влияли. Всего через два дня после имплантации бусины в полости тела жаб начинали обрастать тонким слоем ткани, которую образует мочевой пузырь. (Хотя несколько бусинок свободно болтались в брюшной полости даже на седьмой день.) Тоненькая пленка как бы притягивает пластиковую пилюльку к внешней стенке пузыря. Постепенно слой ткани становится толще, его пронизывают кровеносные сосуды. Это обрастание эпителиальными клетками, неотличимыми от ткани стенок пузыря, происходит до тех пор, пока бусина не скроется под ними полностью. Затем она пропихивается внутрь органа и свободно плавает в урине. Если во время мочеиспускания бусина оказывается вблизи отверстия, открывающегося в клоаку, она выходит наружу. Мочевой пузырь лягушки очень объемный и никогда не опустошается до конца, поэтому бусина может болтаться внутри долгое время, даже после нескольких мочеиспусканий.

Обычно импланты делают из инертных материалов и вживляют с таким

*Гигантская лягушка Cyclorana australis*



*Тростниковая жаба Rhinella marina*

расчетом, чтобы объект остался в теле на неопределенный срок. Тем не менее практика показывает, что многие животные умеют избавляться от непрошенных вставок. Рыбы, змеи и ящерицы иногда выделяют через кишечник вшитые радиопередатчики, а люди — хирургические губки, забытые у них в теле при операции. Перед тем как отослать инородное тело в кишечник, организм обволакивает его соединительной тканью, не имеющей к кишечнику отношения. Амфибии же используют принципиально иной путь. У них и ткань не соединительная, а эпителиальная, и орган выделения другой.

Разумеется, земноводные выработали такое приспособление не для того, чтобы ненавязчиво избавляться от слезки. Инородные тела в их организме частые гости. Прыгающая лягушка часто приземляется не на лапы, а на пузико и легко может напороться на колючку или сучок. Кроме того, охотясь, они глотают насекомых целиком. Крупный и живучий жук может напоследок прогрызть лягушке пищеварительный тракт

и оказаться в брюшной полости, или же стенку кишечника проткнет жесткая хитиновая часть насекомого. Американский биолог Уэйд Шербрук (Юго-Западная исследовательская станция Американского музея естественной истории, Портланд, Аризона) даже описал случаи гибели жабовидной круглохвостой ящерицы *Phrynosoma modestum* от проглоченного живьем жука.

Так или иначе, шанс получить в организм посторонний предмет у амфибий велик. От предмета надо избавляться, и логичнее всего вывести его не через кожу, а через полый внутренний орган. Но через какой? Большую часть брюшной полости земноводных занимает мочевой пузырь — его масса у некоторых видов превышает массу самой лягушки. Он заполнен уриной, следовательно, растянут, поэтому инородное тело, скорее всего, соприкоснется с его стенкой. Так что мочевой пузырь — наилучший путь наружу. У большинства позвоночных дело обстоит иначе, их брюшная полость заполнена кишечником, поэтому выведение посторонних предметов происходит этим путем.

Авторы исследования подчеркивают, что феномен изоляции инородного тела в мочевой пузырь, а то и полного его выведения из организма они наблюдали у четырех разных видов амфибий, принадлежащих к разным родам. Очевидно, это явление распространено среди земноводных достаточно широко.

И еще. Зоологи часто используют радиопередатчики, но найти их потом могут не всегда. В этих случаях они полагают, что помеченное животное погибло от каких-то внешних причин, например пало жертвой хищника. А оно могло умереть от внутренних повреждений, вызванных передатчиком, и об этом нужно помнить.

**Н.Анина**



**ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ**

# Полет кетцалькоатля

**Д**искуссия о том, как летали древние крылатые ящеры, длится не одно десятилетие, но ученые не могут прийти к единому мнению. Дело в том, что эти существа с размахом крыльев, как у хорошего самолета, — за десять метров, и весом в несколько центнеров никак не укладываются в те рамки, что отведены аэродинамикой для полета объекта тяжелее воздуха. Такие гиганты могли подняться в воздух только при удивительном стечении обстоятельств: на старте необходимы сильный встречный ветер и высокий обрыв. Опустившись же на землю, они, подобно стрижам, были обречены оставаться на ней, ожидая летной погоды. Причина — в размахе крыльев.

Казалось бы, чем он больше, тем проще существу летать. Однако, поскольку этими крыльями надо еще и махать, преодолевая сопротивление воздуха, требуется увеличить объем мышц и прочность костей. И всю эту махину надо поднимать в воздух. В результате возникает зависимость предельного веса от размаха крыльев. Для летающих птиц с размахом крыльев шесть метров критический вес оказывается около двадцати — сорока килограммов. Примерно такие параметры были у вымерших пернатых гигантов, живших сравнительно недавно — за пять миллионов лет до нашей эры: гигантского грифа аргентависа (размах 8 метров, вес под 100 килограммов) и зубастого гуся пелагорниса (размах 6 метров, рост — по плечо взрослого человека). Хорошо сохранившийся скелет последнего нашли осенью 2010 года в Чили, и благодаря этому удалось понять, что махать крыльями пелагорнис не мог — устройство плечевого сустава не позволяло ему совершать такие движения. Получается, что при взлете он расправлял крылья и ловил поток воздуха. Кстати, примерно так поступают и нынешние пернатые гиганты — странствующие альбатросы (размах крыльев 3,5 м), которые либо разбегаются по воде, либо ловят ветер у себя в гнезде; благо что селятся они на островах, а там обычно ветрено.

Птеранодоны со своим семиметровым размахом и весом по некоторым оценкам от 30 до 70 килограммов еще

как-то могут встать в один ряд с такими птицами. А вот представители семейства *Quetzalcoatlus* (названы в честь ацтекского пернатого бога-змея) весом до полутонны летать никак не могли.

Чтобы все-таки поднять этих ящеров в воздух, палеонтологи, по аналогии с современными птицами, вынуждены или изобретать мощные постоянно дующие ветры мезозоя, или селить их на высоких скалах. Есть еще идеи, что сто миллионов лет тому назад атмосфера была плотнее, а сила тяжести меньше («Химия и жизнь», 2000, №11—12).

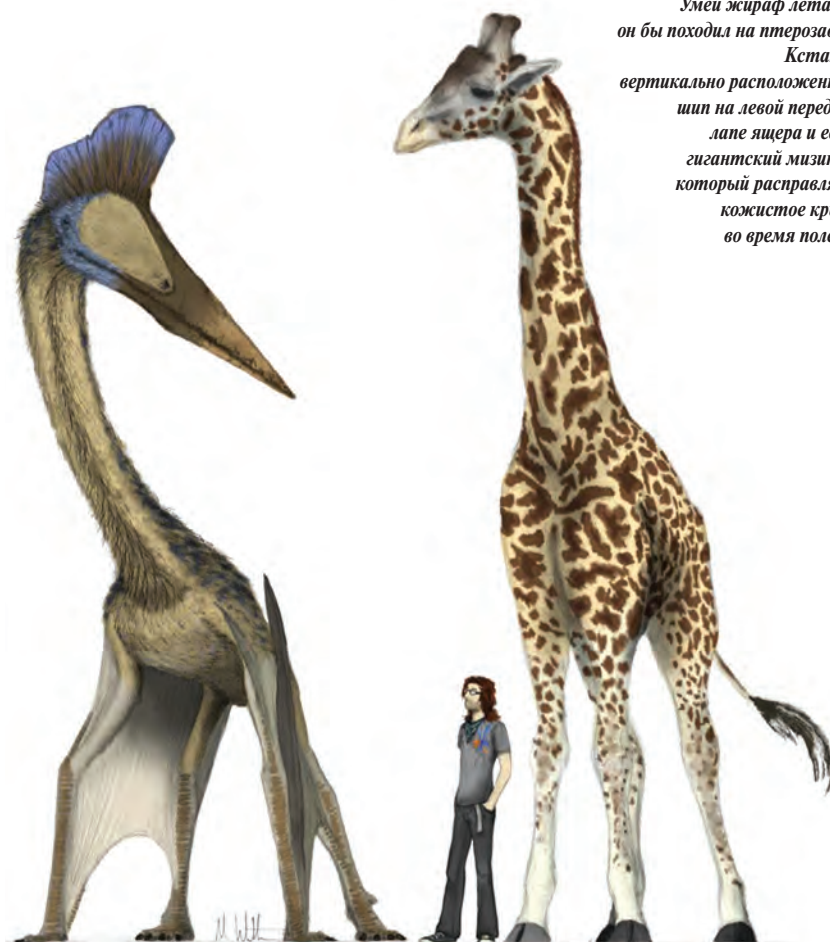
Гипотеза насчет более плотной атмосферы при всей ее привлекательности (в планету врезался метеорит, взрыв унес часть атмосферы, ее плотность снизилась, летучие гиганты упали на землю, где и вымерли) опровергается наблюдением за морскими гигантами: для «полета» в более плотной среде



Художник Др. Марк Уилсон

Не исключено, что именно так птеранодон выглядел в момент взлета

им нужны не гигантские крылья, а маленькие плавники и огромные тела. Расследование колебаний силы тяжести на поверхности планеты — дело интересное, но пока что выходящее за рамки общепринятой физики. А предположение о сильных ветрах среди высоких скал опровергают палеонтологические данные: останки кетцалькоатлей находят повсеместно и на большом удалении от моря. Значит, они жили



Умей жираф летать, он бы походил на птерозавра. Кстати, вертикально расположенный шип на левой передней лапе ящера и есть гигантский мизинец, который расправляет кожистое крыло во время полета





Чилийский пелагорнис в полете

## ГИПОТЕЗЫ

на лесистой равнине, а откуда там постоянные сильные ветры? Подобные соображения заставляют выдвинуть идею, что кетцалькоатли и птеранодоны вовсе не летали, а ходили или даже плавали (останки птеранодонов находят за сотни километров, в открытом море, естественно, древнем), летали же они от случая к случаю или только в раннем возрасте, когда еще не набирали критического веса и размера.

В решительную борьбу со всеми этими гипотезами вступили Марк Уиттон из британского Портсмутского университета и Майкл Хабиб из Университета Чатема в Пенсильвании («PLoS ONE», ноябрь 2010, doi:10.1371/journal.pone.0013982). По их мнению, во-первых, не надо всех летающих ящеров выстраивать в одну линию друг с другом и с птицами. Было множество видов летающих ящеров и каждый вид мог летать по-своему. А во-вторых, не следует применять для анализа поведения вымерших животных модели, построенные на наблюдениях за современными летающими объектами, будь то птицы или самолеты. Те, вымершие, существа могли использовать иной способ освоения этой экологической ниши. Да и птицы бывают разные. Обычно, рассуждая о полете птеранодона, ученые ссылаются на уже упомянутого альбатроса. Но при этом забывают об индюке — весьма тяжелой птице, легко стартующей с места без особого разбега и взлетающей на крышу двухэтажного дома.

Чтобы выдвинуть новую гипотезу о полете гигантов, ученые внимательно рассмотрели их кости и отметили, что те чрезвычайно прочны. Так, самая длинная кость крыла кетцалькоатля в три с лишним раза прочнее, чем кость альбатроса, если взять ее в расчете на единицу веса. В среднем в два раза оказалась выше и удельная прочность других костей летающих ящеров. Судя по их форме, к костям крепились весьма мощные мышцы, то есть вся механика, обеспечивающая полет, была отлично развита. Этим птеранодон и кетцалькоатль разительно отличаются от нелетающих птиц, у которых ставшие

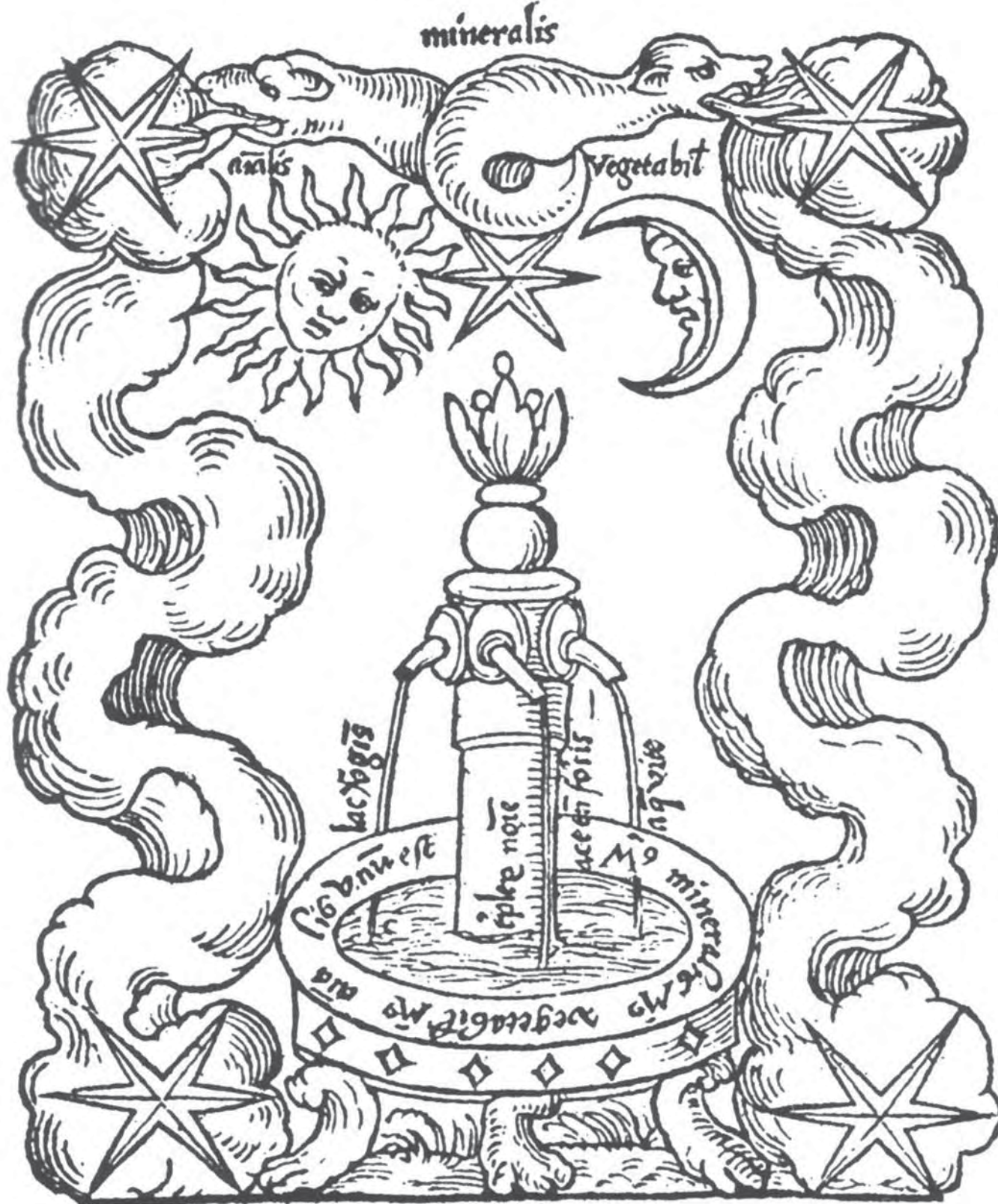
ненужными крылья весьма слабы. С другой стороны, у птеранодона практически отсутствуют приспособления для передвижения по суше: задние лапки короткие, передние непропорционально длинные, а голова (кстати, с огромной полостью для снижения веса) в пару раз длиннее туловища. Ходить на двух лапах такому существу трудно, прыгать, не имея хвоста, еще хуже. Остается ходьба на четырех конечностях, с опорой на крылья. Действительно, у кетцалькоатля на передних конечностях хорошо развиты стопы с пяткой и с одним пальцем. Однако это свидетельствует лишь о том, что он мог неплохо передвигаться по суше, но не бегать. Птеранодон же чувствовал себя на земле крайне неуклюжим. Есть мнение, что он умел плавать, но из-за отсутствия свойственных водоплавающим особенностей тела вряд ли мог проплыть большое расстояние.

Поскольку эволюция не терпит ненужных приспособлений, получается, что и птеранодон, и кетцалькоатль были созданы в первую очередь для полета. При этом мы и присмотримся внимательнее к строению гигантских летающих ящеров. По мнению Уиттона и Хабиба, опираясь, как на ходули, на длинные передние конечности, они возвышались над землей на добрых три метра и прекрасно могли взлетать с места без всякого разбега — достаточно было оттолкнуться как следует лапами. В отличие от гигантского орла, им тогда не надо было делать мелкие частые движения крыльями, чтобы те не задевали за поверхность. По мере набора высоты гигантский мизинец отходил от тела, полностью расправляя прикрепленную к нему перепонку и крыло обретало всю свою подъемную силу. Огромные крылья давали возможность кетцалькоатлю за минуту набрать большую скорость — 30—50 м/с и пролететь, взмахивая крыльями, пару километров — на этом расстоянии обязательно должен был встретиться восходящий воздушный поток. Ну а в нем утомительный взлет заканчивался и можно было парить, не затрачивая особых усилий на набор и поддержание высоты, как ныне это делают парапланеристы.

Дальше идут частности. Морскому охотнику птеранодону было легче найти обрыв, поэтому он чем-то напоминает гигантскую птицу с длинными узкими крыльями: они больше использовали возможности ветров и воздушных течений для многокилометровых полетов над океаном. Маленькие птеродактили летали подобно птицам, а то и перепрыгивали с дерева на дерево вроде белок-летяг. Сухопутные гиганты кетцалькоатли летали над лесистой равниной на сравнительно небольшие расстояния, поэтому их крылья шире и короче, чем у птеранодона, но лучше приспособлены для стремительного взлета с места.

К чему бы весь этот рассказ? А к тому, что человек всегда мечтал о полете и пробовал разные способы подняться над земной твердью. Надежды на птичьи крылья себя не оправдали: машущий полет не позволит нам взлететь. Пришлось садиться на воздушные шары, планеры или самолеты, которые весьма сложны и в содержании, и в управлении. В XX веке благодаря новым, сверхлегким материалам появились сначала дельтапланы, а потом и парапланы — невесомые летающие крылья индивидуального использования. Для того чтобы управиться с ними, не требуется ни топливо, ни сложное техническое обслуживание. Однако нужно забраться повыше, желательнее в горы. Там, упав с обрыва и поймав восходящий поток, удается взмыть в высоту. Если же гипотеза Уиттона и Хабиба, которую они пропагандируют с 2008 года, верна, то, создав крылья кетцалькоатля — что-то вроде телескопических ходулей с перепонками и гидравлическим приводом, — человек сможет стартовать в небо без всяких гор, а только с ровной площадки достаточно большого размера. Между прочим, согласно оценкам тех же авторов, кетцалькоатль весом в два центнера мог развивать скорость планирующего полета от 40 до 180 км/ч. Неплохо для индивидуального транспортного средства!

**А. Мотыляев**



# Ну так накапайте!

**В** курсах аналитической химии (объемный анализ) для определения точности титрования рекомендуют определять объем капли для данной бюретки и даже для данного раствора. С этой целью выпускают из наполненной бюретки 100 капель

раствора и ждут полминуты, чтобы по стенкам бюретки стекла жидкость, оставшаяся выше ее нового уровня. После этого выполняют отсчет объема жидкости (по разности уровней) и делят его на 100. Затем берут среднее из нескольких подобных определений. В

некоторых пособиях указано, что «объем капли в обычных бюретках на 50 мл изменяется от 0,01 до 0,05 мл». Разница пятикратная, то есть огромная.

Объем капли важен не только для определения точности титрования. Каплями нередко рекомендуют измерять количество жидких лекарственных форм (недаром существует термин «аптечная пипетка»), средств для ароматерапии, для стимулирования роста растений и др. Так, в книге Бориса

Таблица 1.

**Разные растворители. Стеклянная пипетка с оттянутым кончиком; диаметр канала около 1 мм, температура 20 °С.**

Жидкость	Плотность, г/мл	Поверхностное натяжение, дин/см	Вязкость, спуз	Количество капель	Объем, мл	Вес, г
Вода	1,00	73	1,00	28	0,036	0,036
Вода с жидким мылом	1,00	<30 ?	1,00 ?	55	0,018	0,018
Спирт (96%)	0,80	~23	1,20	68	0,015	0,012
Петролейный эфир	~0,66	~18	~0,33	78	0,013	0,008
Ацетон	0,79	23,7	0,32	71	0,014	0,011
Этилацетат	0,90	23,9	0,46	73	0,014	0,012
Бутилацетат	0,88	25,1	0,73	68	0,015	0,013
Хлороформ	1,49	27,1	0,58	110	0,009	0,014
Дихлорметан	1,33	50,8	0,42	94	0,011	0,014
Уксусная кислота	1,05	27,8	1,16	80	0,012	0,013
Глицерин	1,26	62,5	945	42	0,024	0,030



РАССЛЕДОВАНИЕ

Таблица 2.

**Некоторые лекарственные средства, та же пипетка**

Вещество	Капель в 1 мл	Объем капли, мл
Перекись водорода, 3%	28	0,036
Раствор люголя в глицерине	30	0,033
Кордиамин	40	0,025
Називин	44	0,023
Касторовое масло	46	0,022
Настойка пустырника	52	0,019
Корвалол	61	0,016
Камфорный спирт	64	0,016
Настойка мяты перечной	68	0,015

Таблица 3.

**Роль положения той же пипетки, жидкость — вода**

Положение	Капель в 1 мл	Объем капли, мл
Вертикальное	28	0,036
Наклон 30°	22	0,045
Наклон 45°	18	0,056

Виноградова, Лины Голан и Натальи Виноградовой «Ароматерапия. Учебный курс» (Materia Medica, 2006) написано, что объем одной капли эфирного масла лаванды, выпущенной из глазной (аптечной) пипетки, равен 0,056 мл. А объем одной капли базового масла — 0,029 мл (округленное значение 0,03

мл). Почему же капли бывают такими разными? И от чего это зависит?

В момент отрыва капли ее вес должен превысить силу «сцепления» жидкости с трубкой, из которой жидкость вытекает. То есть определяющим должна быть сила поверхностного натяжения. Кроме того, при одинаковом поверхностном натяжении и при данном весе капли ее объем будет обратно пропорционален плотности жидкости.

Для экспериментального определения объема капли в домашних условиях автором был поставлен следующий небольшой эксперимент. В маленькую узкую баночку, уравновешенную на чашке аптекарских весов, с помощью чистой пипетки наливали по каплям

чистую воду, пока вес баночки не увеличился ровно на 1 грамм (точность 0,02 г, то есть около 2%). Уровень жидкости был отмечен на внешней стенке баночки по нижней части мениска. Затем в эту же пустую баночку капали, считая капли, различные жидкости разными пипетками, доводя жидкость до того же уровня; метка при этом располагалась на уровне глаза.

Таким образом, самые маленькие капли — у тяжелых жидкостей с низким поверхностным натяжением. При этом для жидкостей с близкими значениями поверхностного натяжения объем капли на самом деле примерно обратно пропорционален ее плотности (близкие значения произведения плотности на объем капли — последний столбец). Таким образом, объем капли зависит в основном от плотности и поверхностного натяжения, а вязкость не играет существенной роли (ее влияние будет заметно при быстром отрыве капли, не успевшей полностью сформироваться — в динамическом режиме).

Результат понятен: чем сильнее наклонена пипетка, тем больше поверхность стекла, смоченная каплей перед ее отрывом.

Видно, что чем больше поверхность пипетки, которая смачивается жидкостью перед ее отрывом, тем больше размер капли. Почему же в последние годы пипетки стали другой формы? Вероятно, не для того, чтобы увеличить объем капли, уменьшить точность дозировки и увеличить саму дозу, а просто чтобы кончик пипетки не отламывался.

Но увеличение поверхности стекла, смачиваемого раствором, может привести почти к удвоению дозы лекарства. Наверное, этим не следует пренебрегать.

**И.А.Леенсон**

Таблица 4.

**Роль материала и формы пипетки**

Жидкость	Пипетка	Капель в 1 мл	Объем капли, мл
Вода	Стеклянная пипетка с оттянутым кончиком, диаметр канала 1 мм	28	0,036
Вода	Стеклянная пипетка с очень тонким кончиком, канал 0,5 мм	35	0,029
Вода	Аптечная пипетка с плоским торцом	19	0,053
Вода	Аптечная пипетка с шариком на конце	18	0,056
Спирт	Стеклянная пипетка с оттянутым кончиком, диаметр канала 1 мм	42	0,024
Вода	Аптечная пипетка из полиэтилена	19	0,053



# Кое-что о цианистом калии



КРИМИНАЛЬНАЯ ХИМИЯ

## Е. Стрельникова

«Я достал из поставца шкатулку с цианистым калием и положил ее на стол рядом с пирожными. Доктор Лазаверт надел резиновые перчатки, взял из нее несколько кристалликов яда, истер в порошок. Затем снял верхушку пирожных, посыпал начинку порошком в количестве, способном, по его словам, убить слона. В комнате царил молчанье. Мы взволнованно следили за его действиями. Осталось положить яд в бокалы. Решили класть в последний момент, чтобы отравы не улетила...»

Это не отрывок детективного романа, а слова принадлежат не вымышленному персонажу. Здесь приведены воспоминания князя Феликса Юсупова о подготовке одного из известнейших в российской истории преступлений — убийства Григория Распутина. Произошло оно в 1916 году. Если до середины XIX века главным помощником отравителей был мышьяк, то после внедрения в криминалистическую практику метода Марша (см. статью «Мышь, мышьяк и Кале-сыщик», «Химия и жизнь», № 1, 2011) к мышьяку прибегали все реже. Зато все чаще стал использоваться цианид калия, или цианистый калий (цианистый кали, как его называли раньше).

## Что это такое...

Цианид калия — это соль циановодородной, или синильной, кислоты  $\text{H}-\text{C N}$ , его состав отражает формула  $\text{KCN}$ . Синильную кислоту в виде водного раствора впервые получил шведский химик Карл Вильгельм Шееле в 1782 году из желтой кровяной соли  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Читатель уже знает, что Шееле разработал первый метод качественного определения мышьяка (см. «Мышь, мышьяк и Кале-сыщик»). Он же открыл химические элементы хлор, марганец, кислород, молибден и вольфрам, получил мышьяковую кислоту и арсин, оксид бария и другие неорганические вещества. Свыше половины известных в XVIII веке органических соединений также выделил и описал Карл Шееле.

Безводную синильную кислоту получил в 1811 году Жозеф Луи Гей-Люссак. Он же установил ее состав. Циановодород — это бесцветная летучая жидкость, закипающая при температуре  $26^\circ\text{C}$ . Корень «циан» в его названии (от *греч.* — лазурный) и корень русского названия «синильная кислота» сходны по смыслу. Это не случайно. Ионы  $\text{CN}^-$  образуют с ионами железа соединения синего цвета, в том числе состава  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Это вещество используется в качестве пигмента гуаши, акварельных и прочих красок под названиями «берлинская лазурь», «милори», «прусская синяя». Возможно, вам эти краски знакомы по наборам гуаши или акварели.

Авторы детективов дружно утверждают, что синильная кислота и ее соли имеют «запах горького миндаля». Конечно, синильную кислоту они не нюхали (равно как и автор этой статьи). Информация о «запахе горького миндаля» почерпнута из справочников и энциклопедий. Есть и другие мнения. Автор «Химия и жизнь» А. Клещенко, окончивший химический факультет МГУ и знакомый с синильной кислотой не понаслышке, в статье «Как отравить героя» («Химия и жизнь», 1999, № 2) пишет, что запах синильной кислоты не похож на миндальный.

Авторы детективов пали жертвами давнего заблуждения. Но с другой стороны, справочник «Вредные химические вещества» тоже специалисты составляли... Можно было бы, в конце концов, получить синильную кислоту и понюхать ее. Но что-то страшновато!

Остается предположить, что восприятие запахов — дело индивидуальное. И то, что одному напоминает запах миндаля, для другого не имеет с миндалем ничего общего. Эту мысль подтверждает Питер Макиннис в книге «Тихие убийцы. Всемирная история ядов и отравлений»: «В детективных романах непременно упоминается аромат горького миндаля, который связан с цианистым натрием, цианистым калием и цианистым водородом (синильной кислотой), однако лишь 40—60 процентов обычных людей способны хотя бы почувствовать этот специфический запах». Тем более что житель средней полосы России с горьким миндалем, как правило, не знаком: его семена, в отличие от сладкого миндаля, в пищу не употребляют и в продажу не поступают.

## ...и зачем его едят?

К миндалю и его запаху вернемся позже. А сейчас — о цианистом калии. В 1845 году немецкий химик Роберт Бунзен, один из авторов метода спектрального анализа, получил цианид калия и разработал способ его промышленного производства. Если сегодня это вещество находится в химических лабораториях и на производстве под строгим контролем, то на рубеже XIX и XX веков цианистый калий был доступен любому (включая злоумышленников). Так, в рассказе Агаты Кристи «Осиное гнездо» цианистый калий купили в аптеке якобы для уничтожения ос. Преступление сорвалось только благодаря вмешательству Эркюля Пуаро.

Энтомологи использовали (и до сих пор используют) небольшие количества цианида калия в морилках для насекомых. Несколько кристаллов яда кладут на дно морилки и заливают гипсом. Цианид медленно реагирует с углекислым газом и парами воды, выделяя циановодород. Насекомые вдыхают отраву и погибают. Заправленная таким образом морилка действует более года. Нобелевский лауреат Лайнус Полинг рассказывал, как его снабжал цианистым калием для изготовления морилки завхоз стоматологического колледжа. Он же и научил мальчика обращаться с этим опасным веществом. Дело было в 1912 году. Как видим, в те годы к хранению «короля ядов» относились довольно легкомысленно.

Откуда у цианистого калия такая популярность среди преступников настоящих и вымышленных? Причины понять нетрудно: вещество хорошо растворимо в воде, не обладает выраженным вкусом, летальная (смертельная) доза невелика — в среднем достаточно 0,12 г, хотя индивидуальная восприимчивость к яду, конечно, различается. Высокая доза цианида калия вызывает почти мгновенную потерю сознания, а затем паралич дыхания. Добавим сюда доступность вещества в начале XIX века, и выбор заговорщиков-убийц Распутина становится понятным.

Синильная кислота так же ядовита, как и цианиды, но неудобна в применении: имеет специфический запах (у цианидов он очень слаб) и не может быть использована незаметно для

жертвы, к тому же из-за высокой летучести опасна для всех окружающих, а не только для того, кому она предназначена. Но и она находила применение как отравляющее вещество. Во времена Первой мировой войны синильная кислота была на вооружении французской армии. В некоторых штатах США ее использовали для казни преступников в «газовых комнатах». Применяется она также и для обработки вагонов, амбаров, судов, заселенных насекомыми, — принцип тот же, что и у морилки юного Полинга.

## Как он действует?

Пора разобраться, как же действует такое нехитрое по составу вещество на организм. Еще в 60-х годах XIX века было установлено, что венозная кровь отравленных цианидами животных имеет алый цвет. Это свойственно, если вы помните, артериальной крови, богатой кислородом. Значит, отравленный цианидами организм не способен усваивать кислород. Синильная кислота и цианиды каким-то образом тормозят процесс тканевого окисления. Оксигемоглобин (соединение гемоглобина с кислородом) впуская циркулирует по организму, не отдавая кислород тканям.

Причину этого явления разгадал немецкий биохимик Отто Варбург в конце 20-х годов XX века. При тканевом дыхании кислород должен принять электроны от вещества, подвергающегося окислению. В процессе передачи электронов участвуют ферменты под общим названием «цитохромы». Это белковые молекулы, содержащие небелковый геминный фрагмент, связанный с ионом железа. Цитохром, держа и превращается в ион  $Fe^{2+}$ . Тот, в свою очередь, передает электрон молекуле следующего цитохрома, окисляясь до  $Fe^{3+}$ . Так электрон передается по цепи цитохромов, подобно мячу, который «цепочка баскетболистов передает от одного игрока к другому, неумолимо приближая его к корзине (кислороду)». Так описал работу ферментов тканевого окисления английский биохимик Стивен Роуз. Последний игрок в цепочке, тот, который забрасывает мяч в кислородную корзину, называется цитохромоксидазой. В окисленной форме он содержит ион  $Fe^{3+}$ . Эта форма цитохромоксидазы и служит мишенью для цианид-ионов, которые могут образовывать ковалентные связи с катионами металлов и предпочитают именно  $Fe^{3+}$ .

Связывая цитохромоксидазу, цианид-ионы выводят молекулы этого фермента из окислительной цепи, и передача электрона кислороду прерывается, то есть кислород клеткой не усваивается. Был обнаружен интересный факт: ежики, находящиеся в зимней спячке, способны переносить дозы цианида, во много раз превосходящие смертельную. А причина в том, что при низкой температуре усвоение кислорода организмом замедляется, как и все химические процессы. Поэтому уменьшение количества фермента переносится легче.

У читателей детективов иногда возникает представление, что цианистый калий — самое ядовитое вещество на Земле. Вовсе нет! Никотин и стрихнин (вещества растительного происхождения) в десятки раз более ядовиты. О мере ядовитости можно судить по массе токсина на 1 кг веса лабораторного животного, которая требуется для наступления смерти в 50% случаев ( $LD_{50}$ ). Для цианида калия она равна 10 мг/кг, а для никотина — 0,3. Далее идут: диоксин, яд искусственного происхождения — 0,022 мг/кг; тетродотоксин, выделяемый рыбой фугу, — 0,01 мг/кг; батрахотоксин, выделяемый колумбийской древесной лягушкой, — 0,002 мг/кг; рицин, содержащийся в семенах клещевины, — 0,0001 мг/кг (подпольную лабораторию террористов по изготовлению рицина раскрыли британские спецслужбы в 2003 году);  $\beta$ -бунгаротоксин, яд южноазиатской змеи бунгарос, — 0,000019 мг/кг; токсин столбняка — 0,000001 мг/кг.

Наиболее ядовит ботулинический токсин (0,0000003 мг/кг), который вырабатывается бактериями определенного вида, развивающимися в анаэробных условиях (без доступа воздуха) в

консервах или колбасе. Разумеется, сначала они должны туда попасть. И время от времени попадают, особенно в консервы домашнего производства. Домашняя колбаса сейчас встречается редко, а когда-то именно она нередко была источником ботулизма. Даже название болезни и ее возбудителя произошло от латинского *botulus* — «колбаса». Ботулиническая бацилла в процессе жизнедеятельности выделяет не только токсин, но и газообразные вещества. Поэтому вздувшиеся консервные банки не стоит вскрывать.

Ботулинический токсин — нейротоксин. Он нарушает работу нервных клеток, которые передают импульс к мышцам. Мышцы перестают сокращаться, наступает паралич. Но если взять токсин в низкой концентрации и воздействовать точно на определенные мышцы, организм в целом не пострадает, зато мышца окажется расслабленной. Препарат и называется «ботокс» (ботулинический токсин), это и лекарство при мышечных спазмах, и косметическое средство для разглаживания морщин.

Как видим, самые ядовитые на свете вещества создала природа. Добывать их гораздо сложнее, чем получить нехитрое соединение KCN. Понятно, что цианид калия и дешевле, и доступнее.

Однако не всегда применение цианистого калия в преступных целях дает гарантированный результат. Посмотрим, что пишет Феликс Юсупов о событиях, происходивших в подвале на Мойке студеной декабрьской ночью 1916 году:

«...Я предложил ему эклеры с цианистым калием. Он сперва отказался.

— Не хочу, — сказал он, — больно сладкие.

Однако взял один, потом еще один... Я смотрел с ужасом. Яд должен был подействовать тут же, но, к изумлению моему, Распутин продолжал разговаривать, как ни в чем не бывало. Тогда я предложил ему наших домашних крымских вин...

Я стоял возле него и следил за каждым его движением, ожидая, что он вот-вот рухнет...

Но он пил, чмокал, смаковал вино, как настоящие знатоки. Ничего не изменилось в лице его. Временами он подносил руку к горлу, точно в глотке у него спазм. Вдруг он встал и сделал несколько шагов. На мой вопрос, что с ним, он ответил:

— А ничего. В горле щекотка.

...Яд, однако, не действовал. «Старец» спокойно ходил по комнате. Я взял другой бокал с ядом, налил и подал ему.

Он выпил его. Никакого впечатления. На подносе оставался последний, третий бокал.

В отчаянии я налил и себе, чтобы не отпускать Распутина от вина...

Все напрасно. Феликс Юсупов поднялся к себе в кабинет.

«...Дмитрий, Сухотин и Пуришкевич, едва я вошел, кинулись навстречу с вопросами:

— Ну что? Готово? Кончено?

— Яд не подействовал, — сказал я.

Все потрясенно замолчали.

— Не может быть! — вскричал Дмитрий.

— Доза слоновья! Он все проглотил? — спросили остальные.

— Все, — сказал я».

Но все-таки цианид калия оказал некоторое действие на организм старца:

«Голову он свесил, дышал прерывисто...

— Вам нездоровится? — спросил я.

— Да, голова тяжелая и в брюхе жжет. Ну-ка, налей маленько. Авань полегчает».

Действительно, если доза цианида не столь велика, чтобы вызвать мгновенную смерть, на начальной стадии отравления ощущаются царапанье в горле, горький вкус во рту, онемение рта и зева, покраснение глаз, мышечная слабость, головокружение, пошатывание, головная боль, сердцебиение, тошнота, рвота. Дыхание несколько учащенное, затем делается более глубоким. Некоторые из этих симптомов Юсупов заметил у Распутина. Если на этой стадии отравления поступление яда

в организм прекращается, симптомы исчезают. Очевидно, отравы оказалось для Распутина маловато. Стоит разобраться в причинах, ведь организаторы преступления рассчитали «слонью» дозу. Кстати, о слонах. Валентин Катаев в своей книге «Разбитая жизнь, или Волшебный рог Оберона» описывает случай со слоном и цианистым калием.

В дореволюционные времена в одесском цирке-шапито Лорбербаума впал в ярость слон Ямбо. Поведение взбесившегося слона стало опасным, и его решили отравить. Как вы думаете чем? «Его решили отравить цианистым кали, положенным в пирожные, до которых Ямбо был большой охотник», — пишет Катаев. И далее: «Я этого не видел, но живо представил себе, как извозчик подъезжает к балагану Лорбербаума и как служители вносят пирожные в балаган, и там специальная врачебная комиссия... с величайшими предосторожностями, надев черные гуттаперчевые перчатки, при помощи пинцетов начинают пирожные кристалликами цианистого кали...» Не правда ли, очень напоминает манипуляции доктора Лазоверта? Следует только добавить, что воображаемую картину рисует себе мальчик-гимназист. Не случайно этот мальчик впоследствии стал известным писателем!

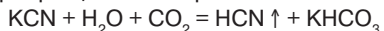
Но вернемся к Ямбо:

«О, как живо рисовало мое воображение эту картину... Я стонал в полусне... Тошнота подступала к сердцу. Я чувствовал себя отравленным цианистым кали... Мне казалось, что я умираю... Я встал с постели и первое, что я сделал, это схватил «Одесский листок», уверенный, что прочту о смерти слона. Ничего подобного!

Слон, съевший пирожные, начиненные цианистым кали, оказывается, до сих пор жив-живехонек и, по-видимому, не собирается умирать. Яд не подействовал на него. Слон стал лишь еще более буйным».

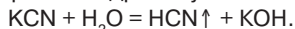
О дальнейших событиях, произошедших со слоном и с Распутиным, можно прочитать в книгах. А нас интересуют причины «необъяснимого нонсенса», как писал о случае со слоном «Одесский листок». Таких причин – две.

Во-первых, HCN — очень слабая кислота. Такая кислота может быть вытеснена из своей соли более сильной кислотой и улетучиться. Даже угольная кислота сильнее синильной. А угольная кислота образуется при растворении углекислого газа в воде. То есть под действием влажного воздуха, содержащего и воду, и углекислый газ, цианид калия постепенно превращается в карбонат:

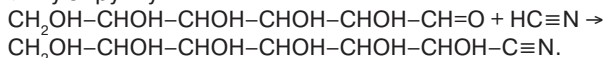


Если цианид калия, который использовали в описанных случаях, долго хранился в контакте с влажным воздухом, он мог и не подействовать.

Во-вторых, соль слабой циановодородной кислоты подвержена гидролизу:



Выделяющийся циановодород способен присоединяться к молекуле глюкозы и других сахаров, содержащих карбонильную группу:



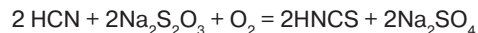
Вещества, образующиеся в результате присоединения циановодорода по карбонильной группе, называются циангидринами. Глюкоза — продукт гидролиза сахарозы. Люди, работающие с цианидами, знают, что для профилактики отравления следует держать за щекой кусочек сахара. Глюкоза связывает цианиды, находящиеся в крови. Та часть яда, которая уже проникла в клеточное ядро, где в митохондриях происходит тканевое окисление, для сахаров недоступна. Если у животного повышенное содержание глюкозы в крови, оно более устойчиво к отравлению цианидами, как, например, птицы. То же наблюдается и у больных сахарным диабетом. При поступлении в организм небольших порций цианидов организм может обезвредить их самостоятельно с помощью глюкозы, содержащейся в крови. А при отравлении в качестве



антидота используют 5%-ный или 40%-ный растворы глюкозы, вводимые внутривенно. Но это средство действует медленно.

И для Распутина, и для слона Ямбо цианидом калия начинили пирожные, содержащие сахар. Съедены они были не сразу, а тем временем цианид калия выделил синильную кислоту, и она присоединилась к глюкозе. Часть цианида определенно успела обезвредиться. Добавим, что на сытый желудок отравление цианидами происходит медленнее.

Есть и другие противоядия к цианидам. Во-первых, это соединения, легко отщепляющие серу. В организме содержатся такие вещества — аминокислоты цистеин, глутатион. Они, как и глюкоза, помогают организму справиться с малыми дозами цианидов. Если же доза большая, в кровь или мышцу можно специально ввести 30%-ный раствор тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (или  $\text{Na}_2\text{SO}_3\text{S}$ ). Он реагирует в присутствии кислорода и фермента роданазы с синильной кислотой и цианидами по схеме:



При этом образуются тиоцианаты (роданиды), гораздо менее вредные для организма, чем цианиды. Если цианиды и синильная кислота относятся к первому классу опасности, то тиоцианаты — вещества второго класса. Они отрицательно влияют на печень, почки, вызывают гастрит, а также угнетают щитовидную железу. У людей, систематически испытывающих воздействие небольших доз цианидов, возникает заболевание щитовидной железы, вызванное постоянным образованием тиоцианатов из цианидов. Тиосульфат в реакции с цианидами более активен, чем глюкоза, но тоже действует медленно. Обычно его используют в комбинации с другими антицианидами.

Второй тип антидотов против цианидов — это так называемые метгемоглобинообразователи. Название говорит о том, что эти вещества образуют из гемоглобина метгемоглобин (см. «Химию и жизнь», 2010, № 10). Молекула гемоглобина содержит четыре иона  $\text{Fe}^{2+}$ , а в метгемоглобине они окислены до  $\text{Fe}^{3+}$ . Поэтому он не способен обратимо связывать кислород  $\text{Fe}^{3+}$  и не переносит его по организму. Это может произойти под действием веществ-окислителей (среди них оксиды азота, нитраты и нитриты, нитроглицерин и многие другие). Ясно, что это яды, «выводящие из строя» гемоглобин и вызывающие гипоксию (кислородную недостаточность). «Порченный» этими ядами гемоглобин не переносит кислород, но зато способен связывать цианид-ионы, которые испытывают непреодолимое влечение к иону  $\text{Fe}^{3+}$ . Попавший в кровь цианид связывается метгемоглобином и не успевает попасть в митохондрии клеточных ядер, где неизбежно «перепортил» всю цитохромоксидазу. А это гораздо хуже, чем «испорченный» гемоглобин.

Американский писатель, биохимик и популяризатор науки Айзек Азимов объясняет это так: «Дело в том, что в организме имеется очень большое количество гемоглобина... Геминные же ферменты присутствуют в очень незначительных количествах. Уже нескольких капель цианида оказывается достаточно, чтобы разрушить большую часть этих ферментов. Если это случается, конвейер, окисляющий горючие вещества организма, останавливается. Че-

рез несколько минут клетки тела погибают от недостатка кислорода столь же неотвратимо, как если бы кто-нибудь схватил человека за горло и попросту задушил его».

В этом случае мы наблюдаем поучительную картину: одни яды, вызывающие гемическую (кровяную) гипоксию, тормозят действие других ядов, тоже вызывающих гипоксию, но другого типа. Прямая иллюстрация русского идиоматического выражения: «вышибать клин клином». Главное — не переборщить с метгемоглобинообразователем, чтобы не поменять шило на мыло. Содержание метгемоглобина в крови не должно превышать 25—30% от общей массы гемоглобина. В отличие от глюкозы или тиосульфата метгемоглобин не просто связывает цианид-ионы, циркулирующие в крови, но и помогает «испорченному» цианидами дыхательному ферменту освободиться от цианид-ионов. Это происходит благодаря тому, что процесс соединения цианид-ионов с цитохромоксидазой обратим. Под действием метгемоглобина уменьшается концентрация этих ионов в плазме крови — а в результате новые цианид-ионы отщепляются от комплексного соединения с цитохромоксидазой.

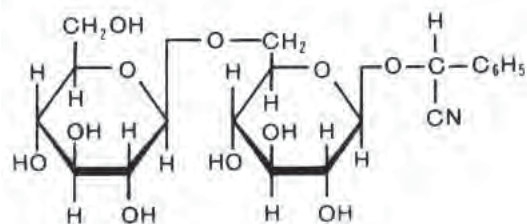
Реакция образования цианметгемоглобина тоже обратима, поэтому со временем цианид-ионы снова поступают в кровь. Чтобы связать их, одновременно с антидотом (обычно нитритом) в кровь вводят раствор тиосульфата. Наиболее эффективна смесь нитрита натрия с тиосульфатом натрия. Она способна помочь даже на последних стадиях отравления цианидами — судорожной и паралитической.

## Где с ним можно встретиться?

Имеет ли шанс обычный человек, не герой детективного романа, отравиться цианидом калия или синильной кислотой? Как любые вещества первого класса опасности, цианиды хранятся с особыми предосторожностями и недоступны рядовому злоумышленнику, если только он не сотрудник специализированной лаборатории или цеха. Да и там подобные вещества на строгом учете. Однако отравление цианидами может произойти и без участия злодея.

Во-первых, цианиды встречаются в природе. Цианид-ионы входят в состав витамина В<sub>12</sub> (цианкоболамина). Даже в плазме крови здорового человека на 1 л приходится 140 мкг цианид-ионов. В крови курящих людей содержание цианидов в два с лишним раза больше. Но такие концентрации организм переносит безболезненно. Другое дело, если с пищей поступят цианиды, содержащиеся в некоторых растениях. Тут возможно серьезное отравление. В ряду источников синильной кислоты, доступных каждому, можно назвать семена абрикосов, персиков, вишен, горького миндаля. В них содержится гликозид амигдалин.

Амигдалин принадлежит к группе цианогенных гликозидов, образующих при гидролизе синильную кислоту. Этот гликозид был выделен из семян горького миндаля, за что и получил свое



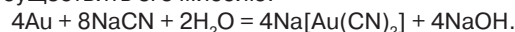
название (греч.  $\mu$  — «миндаль»). Молекула амигдалина, как и положено гликозиду, состоит из сахаристой части, или гликона (в данном случае это остаток дисахарида генцибиозы), и несакхаристой части, или агликона. В остатке генцибиозы, в свою очередь, гликозидной связью связаны два остатка  $\beta$ -глюкозы. В роли агликона выступает циангидрин бензаль-

дегида — манделонитрил, вернее, его остаток, связанный с гликоном гликозидной связью.

При гидролизе молекула амигдалина распадается на две молекулы глюкозы, молекулу бензальдегида и молекулу синильной кислоты. Это происходит в кислой среде или под действием фермента эмульсина, содержащегося в косточке. Из-за образования синильной кислоты один грамм амигдалина — смертельная доза. Это соответствует 100 г ядрышек абрикосовых косточек. Известны случаи отравления детей, съевших по 10—12 косточек абрикоса.

В горьком миндале содержание амигдалина в три — пять раз выше, но есть его косточки вряд ли захочется. В крайнем случае следует подвергнуть их нагреванию. При этом разрушится фермент эмульсин, без которого гидролиз не пойдет. Именно благодаря амигдалину семена горького миндаля имеют свой горький вкус и миндальный запах. Точнее, миндальный запах имеет не сам амигдалин, а продукты его гидролиза — бензальдегид и синильная кислота (запах синильной кислоты мы уже обсуждали, а вот запах бензальдегида, без сомнения, миндальный).

Во-вторых, отравление цианидами может произойти на производстве, где они используются для создания гальванических покрытий или для извлечения благородных металлов из руд. Ионы золота и платины образуют с цианид-ионами прочные комплексные соединения. Благородные металлы не способны окисляться кислородом, потому что их оксиды непрочны. Но если кислород действует на эти металлы в растворе цианида натрия или калия, то образующиеся при окислении ионы металла связываются цианид-ионами в прочный комплексный ион и металл полностью окисляется. Сам цианид натрия благородных металлов не окисляет, но помогает окислителю осуществить его миссию:



Рабочие, занятые в таких производствах, испытывают хроническое воздействие цианидов. Цианиды ядовиты и при попадании в желудок, и при вдыхании пыли и брызг при обслуживании гальванических ванн, и даже при попадании на кожу, особенно если на ней есть ранки. Недаром доктор Лазоверт надевал резиновые перчатки. Был случай смертельного отравления горячей смесью, содержащей 80% KCN, которая попала рабочему на кожу.

Даже не занятые в горно-обогатительном или на гальваническом производстве люди могут пострадать от цианидов. Известны случаи, когда в реки попадали сточные воды таких производств. В 2000, 2001 и 2004 году Европа была встревожена выбросами цианидов в воды Дуная на территории Румынии и Венгрии. Это приводило к тяжелым последствиям для обитателей рек и жителей прибрежных поселков. Отмечались случаи отравления рыбой, выловленной в Дунае. Поэтому нелишне знать меры предосторожности при обращении с цианидами. И читать в детективах про цианистый калий будет интереснее.

## Список используемой литературы

**Азимов А.** Химические агенты жизни. М.: Издательство иностранной литературы, 1958.

Вредные химические вещества. Справочник. Л.: Химия, 1988.

**Катаев В.** Разбитая жизнь, или Волшебный рог Оберона. М.: Советский писатель, 1983.

**Оксенгендлер Г. И.** Яды и противоядия. Л.: Наука, 1982.

**Роуз С.** Химия жизни. М.: Мир, 1969.

Энциклопедия для детей «Аванта+». Т. 17. Химия. М.: Аванта+, 2001.

**Юсупов Ф.** Мемуары. М.: Захаров, 2004.





ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ

**2004**

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ РЕВТУКЕРАЦИИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**2008**

МНОГООДДЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 100 АТМ)

**2005**

УСТАНОВКА ТЕРМОСТАТИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАЦИОННОГО КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕМНИЯ

**2009**

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПРОБ

Для исследования каталитических свойств зернистых катализаторов в различных процессах с газовыми и парогазовыми реакционными смесями при атмосферном давлении и в условиях повышенных давлений

ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

**2009**

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ И ВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ

**2008**

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОКРИТИЧЕСКОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ВАНУВЕНА ГАЗОВ

**2006**

УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОМПЛЕКСАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫЖУЖЕННЫХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА, ОБРАЗЦОВ КАТАЛИЗАТОРА
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ И СПОСОБОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОМПЛЕКСАХ ХИМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО

ЗАО "КАТАКОН"  
Институт катализа им.Г.К.Борескова СО РАН

Россия, г. Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 5  
тел/факс: +7 (383) 326 9495, e-mail: catacon@ngs.ru

skOmm.ru  
СНЕЖНЫЙ КОМ

ТОЛЬКО  
НАСТОЯЩАЯ  
И НЕРЕАЛЬНАЯ  
ФАНТАСТИКА



Узнавайте первыми  
о новых книгах издательства!

Сообщество в Живом Журнале  
snezhnycom  
<http://community.livejournal.com/snezhnycom>  
новости, опросы, отзывы



Новый роман классика отечественной фантастики Зиновия Юрьева «Чужое тело, или Пазл президента» — это подлинная НФ, обрамленная захватывающей детективной интригой, помноженная на прекрасное знание автором мира крупного бизнеса.

Когда-то он был игрушкой, но теперь сам развлекается как умеет. Любопытствующий демон, шkodливый бог, усталый странник на полях заката. Он способен превратить в зловещую и увлекательную игру весь мир. И эту книгу заодно.



## Реквием по сургучу

*Добрый день! Слышала, что «Почта России» с 2011 года отказывается от использования сургуча в своих отделениях и вместо него будут пластмассовые пломбы, скотч и электронные устройства. Получается, сургуч теперь совсем история? Или еще есть возможности для его применения?*

Д.Воронина, Саратов

Сургуч действительно много лет исправно служил на почте. Существует несколько версий его происхождения (как и положено столько полезному изобретению). По одной из версий, которой придерживается словарь Брокгауза и Ефрона, сургуч придумали в Индии. Согласно другой, в Индию его только завезли, а настоящая родина сургуча — Китай. Это тоже похоже на правду, ведь давно известно, что все на свете придумали древние греки, а все изобрели — древние китайцы. Впрочем, оба эти варианта в дальнейшем сходятся: один из кораблей Магеллана в начале XVI века привез заморскую диковину в Испанию, откуда та и распространилась по всей Европе.

Но есть и третья версия, самая красивая, хотя и похожая больше на легенду. Рассказывают, что в 1625 году в лавке парижского торговца химикатами Франсуа Руссо произошел пожар. Как раз перед этим в лавку завезли партию нового товара, в том числе горшки с киноварью, шеллаком и смолой. Когда утром хозяин с сыновьями пришел на пепелище, на полу лавки он обнаружил темную застывшую массу. Кое-где в нее вплавились монеты — из тех, что оставались в кассе. Торговец подобрал несколько и заметил, что темная масса сохранила ровный и четкий отпечаток

монет. Собрав остатки своего состояния, Руссо начал искать пропорции компонентов, позволяющих получить такое же вещество — и в итоге получил то, что мы теперь знаем под названием «сургуч».

В принципе третья версия не так уж противоречит первым двум, ведь привезенный с Востока материал был для европейцев диковиной, и, как считается, получать его умели всего лишь несколько мастеров в Испании. Может быть, пожар в химической лавке позволил открыть секрет приготовления сургуча, хотя и не само вещество. Некоторую путаницу вносит и то, что в Средние века существовал старый рецепт сургуча на основе пчелиного воска. А вещество, которое привезла экспедиция Магеллана, называли по аналогии «испанским воском».

Но если вы хотите сделать настоящий, классический сургуч, воск вам не понадобится. Зато понадобятся примерно в равных пропорциях шеллак, терпентин и некоторое количество сосновой смолы. Еще не помешают эфирные масла — чтобы заглушить специфический запах, а также красители. Киноварь, свинцовый сурик и оксиды железа придают сургучу красный цвет, охра — желтый, берлинская лазурь — синий, сажа — черный, мел или магнезия — белый.

В общем, не состав, а сама алхимическая романтика. Например, шеллак — природная смола, которую вырабатывают насекомые, так называемые лаковые червецы, паразитирующие на некоторых видах деревьев в Индии и Юго-Восточной Азии. Сейчас это вещество иногда используют для приготовления лаков, а раньше из него делали грампластинки. Терпентин — незатвердевшая древесная смола, живица, которую дерево использует для заживления

повреждений на коре. Раньше особенно ценился венецианский терпентин, получаемый из лиственницы по технологии, напоминающей ту, что используют в России для сбора березового сока. Сегодня больше ценятся простота и доступность, поэтому шеллак и терпентин заменяют канифолью, наполнителем служит мел или каолин, а в качестве пластификатора применяют нефтяные парафины.

Вариантов сургуча может быть очень много — лишь бы он включал в себя смолы, плавился при температуре 60—90°C и сохранял нанесенный оттиск. А вот применений, наоборот, совсем мало. Практически вся «жизнь» сургуча связана с почтой. С конца XVI века и до 2011 года сургуч надежно скреплял и защищал почтовую корреспонденцию. Среди причин, заставивших отказаться от этого традиционного материала, называют свойство сургучных пломб крошиться и выводить из строя сортировочную технику, а также опасность расплавленного сургуча для персонала — им и обжечься можно, и одежду испортить. Кроме того, на разогрев сургуча и дополнительную вентиляцию помещений приходится тратить немало электроэнергии.

Но кое-где сургуч все же останется. Например, на сувенирной продукции, а также на письмах и посылках от Деда Мороза — по крайней мере, пока на почте не израсходуют его остатки. Сургуч можно использовать и как герметик. Из приключенческой литературы всем хорошо известно, что сургучом запечатывают бутылку с запиской перед тем, как бросить ее в море. В пособии по уходу за больными, изданном в Вене в конце XIX века, предлагалось капать расплавленный сургуч на живот пациента — чтобы проверить, жив тот или уже нет. Впрочем, в современной медицине этот чудесный диагностический прием не используют.

Наконец, сургуч можно использовать как повод, чтобы написать близкому человеку настоящее письмо на настоящей бумаге. Правда, о доставке такого письма придется позаботиться самостоятельно. Килограмм почтового сургуча обойдется вам в 100—250 рублей в зависимости от магазина. Чтобы скрепить рукопись так, как делали это столетиями до нас, возьмите немного сургуча, расплавьте его на огне и аккуратно перелейте на бумагу или клапан конверта. Пока сургуч не затвердел, поставьте на нем любой оттиск, который подскажет ваша фантазия. Печатку тоже лучше предварительно подогреть. Вот и все, несложная процедура окончена.

## Глупая замазка — Silly Putty

Моему ребенку подарили разноцветные игрушечные овощи, сделанные из прозрачного и мягкого материала, похожего на желе. Ведут они себя странно. Если бросить такой «помидор» с размаху на стол, то он превратится в кляксу, а потом на глазах опять примет прежнюю форму. Подскажите, что это за материал и не опасен ли он для ребенка?

Т.Теплова, Мытищи

Судя по всему, речь идет об игрушке, изобретенной в США 60 лет назад, которая называется Silly Putty (силли путти) — глупая замазка. Она состоит из кислородсодержащих высокомолекулярных кремнийорганических соединений, то есть это разновидность силикона. В состав входят диметилсилоксан, полидиметилсилоксан, немного декаметилциклопентасилоксана и другие компоненты. Бросишь такой гелевый шарик в стену, при ударе вязкость уменьшится, и он растечется лужицей. А в состоянии покоя вязкость начнет увеличиваться, и лужица на глазах вновь соберется в шарик. Этот эффект — когда вязкость обратимо меняется в ту или иную сторону от механического воздействия — называется тиксотропией (от греческого *thixis* — прикосновение и *trope* — поворот, изменение). Чтобы усилить его, в состав глупой замазки добавляют тиксотрол (производные касторового масла).

Силли путти появилась на свет в 1943 году. Шла Вторая мировая война, и в США образовался дефицит резины, потому что нарушились поставки этого материала и сырья для него из-за рубежа. Правительство США начало финансировать исследования, чтобы получить собственную, новую, синтетическую резину. Джеймс Райт работал в лаборатории компании «Дженерал электрик» в Нью-Хейвене. Он добавил в силиконовое масло борную кислоту, перемешал и получил вязкий, желеобразный материал. Его образцы разослали по разным лабораториям, но ученые так и не нашли ему промышленного применения — заменить резину он не мог.

Наверное, об этом материале и забыли бы, если бы не Рут Фалгаттер, владелица магазина игрушек, и Питер Ходжсон, консультант по маркетингу. Они решили упаковывать глупую замазку, отскакивающую от стен, в контейнеры в виде серебристых яиц. К тому моменту у Питера Ходжсона был долг 12 000 долларов. Но он потратил еще 147, чтобы купить замазку и упаковать



Фотограф А. Константинов



### ВОПРОС-ОТВЕТ

ее, и под названием «Силли путти» начал продавать в магазинах по доллару за штуку.

Бум начался год спустя, когда журнал «Ньюйоркер» опубликовал статью о силли путти. После выхода ее в свет Питер Ходжсон получил 250 тысяч заказов со всей страны в течение трех дней. Так началось шествие силли путти по миру, а список американских миллионеров вскоре пополнился еще одним именем. Питер Ходжсон умер в 1976 году, оставив наследство в 140 миллионов долларов. А глупая замазка жива и по сей день: сегодня на рынок каждый год попадает около шести миллионов гелевых шариков, на производство которых расходуется около 90 тонн материалов.

Новый материал до сих пор так и не нашел иного применения. Разве что психотерапевты рекомендуют его пациентам для снятия стресса — уж больно приятно мять эти мягкие гелевые шарики в руках. Тем не менее коллекция первых силли путти хранится в Музее американской истории при Смитсоновском институте. Эта коллекция рассказывает историю о том, как результаты научного исследования могут дать начало успешному и долгоживущему бизнесу.

Производители утверждают, что материал глупой замазки нетоксичен. Он, правда, может гореть, но очень медленно. Он размягчается в спирте, но после высыхания свойства замазки не восстанавливаются. Кстати, первое время покупатели жаловались, что от этой глупой замазки остаются следы на коврах, потолке и стенах — в США детям многое позволено. Но, что хуже, замазка застревает в волосах. На этот случай и нужен спирт. Хотя с тех давних пор рецептуры усовершенствовались. Шарики глупой замазки стали более тугими и не липнут ко всему подряд. А чтобы они лучше прицеплялись и отскакивали от поверхности, их можно немного смочить водой.

**Р.Акасов, Л.Стрельникова**



*Пассифлора мяско-красная —  
успокаивающее средство*

# Гарантия взаимности

## Помпони́й Квадрат

Люди хотят, чтобы каждая проблема имела простое решение; хотят так сильно, что верят в существование решения, материализованного, к примеру, в виде бутылочки с надписью: «Выпей меня!» В непростом деле склонения любимого объекта к взаимному чувству эти чаяния воплотились буквально: для удовлетворения спроса человечество придумало снадобья, именуемые приворотными зельями. Раньше их рецепты с большими сложностями добывали у какой-нибудь ведьмы и вынужденно довольствовались тем, что могли достать. Теперь Интернет просто ломится от информации, но ее доступность и избыточность порождают проблему выбора. Именно выбору приворотного зелья и посвящена настоящая публикация. Сразу оговорюсь, что из анализа имеющихся средств исключены рецепты, содержащие непонятные заклипания на тарабарском языке. Этак, знаете, привлечете не пойми кого. Никому также не советую выходить во внеурочное время на перекрестки, в рощи, на кладбища или в другие неудобопосещаемые места. Есть достаточное

количество методик, которые можно реализовать на собственной кухне без всяких экстремальных действий. Но даже к ним стоит отнестись критически.

## Заманиха с бренди

В кастрюльку насыпают по две чайные ложки травы заманихи и травы руты, заливают стаканом выдержанного бренди или виски и кипятят все это на слабом огне, пока объем снадобья не уменьшится на треть. Зелью дают остыть, процеживают и хранят в сосуде с притертой пробкой не более суток. Добавлять в еду и питье приворачиваемого не более десяти капель.

Что сказать об этом средстве? Конечно, критерий истины, как известно, практика, другими словами, не попробуешь — не узнаешь. Однако подойдем критически к этому рецепту.

Прежде всего настораживает сочетание растения с исконно русским названием «трава заманиха» с бренди или виски. Это напитки заграничные, поэтому и рецепт, возможно, заимство-

ванный, и не факт, что он подходит для российского пользователя. Но если бы это был заимствованный рецепт, то «трава заманиха» называлась бы в нем на иностранный манер эхинопанаксом. Поэтому лично я склонен думать, что мы имеем дело не с проверенным временем снадобьем, а с подделкой или, в лучшем случае, с поздней редакцией, в которой бренди заменили обычную водку. Существенно ли это? Попробуем разобраться.

По сути, нам предлагают спиртовой экстракт руты и заманихи. Рута содержит рутин, укрепляющий стенки капилляров; ее применяют в народной медицине для разных целей, в том числе как средство от импотенции. Заманиха — тоже лекарственное растение, чрезвычайно колючий кустарничек высотой до метра. В лечебных целях обычно используют корни и корневища этого растения. Спиртовую настойку заманихи назначают при истощении, физическом и нервном утомлении, чувстве усталости, пониженной работоспособности, сердечной недостаточности, пониженном давлении, депрессивных состояниях, даже при начальной стадии сахарного диабета и опять-таки при половом бессилии.

Таким образом, мы имеем довольно средненькое средство для повышения мужской потенции, причем с первого раза эта настойка не подействует, ее



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ



*Валериана лекарственная Valeriana officinalis, она же маун аптечный, сорокоприточная трава, трясовичная трава, кошачий корень, мяун. Фармацевты приписывают ей успокаивающие свойства, но ни один кот с ними не согласится.*

курсом назначают и принимают, кстати, не с едой, а за полчаса до нее. Я вам больше скажу — у этого снадобья полно противопоказаний: гипертония и нарушения сердечной деятельности, склеротические изменения сосудов головного мозга, бессонница и лихорадочные состояния. Это значит, что для привлечения солидных людей зелье не годится, у них, скорее всего, весь букет противопоказаний уже в наличии. Приворачиваемый должен быть молод и здоров, а когда его сразит любовная лихорадка и он лишится сна, настойка заманихи будет ему категорически противопоказана. Хорошо средство, нечего сказать! А вы знаете, что оно еще и мочегонное? В общем, на мой взгляд, куда эффективнее будет угостить избранника стаканом выдержанного бренди.

### Пальцем в горсти

Вот еще рецепт. Никаких кастрюлек и кипячений. В ладони левой (левой!) руки смешивают щепотку черной лакрицы, две щепотки цветков или листьев пассифлоры, три щепотки тмина или

кардамона. Полученную смесь засыпают в бутылку, наполненную ромом, настаивают зелье неделю, которую неизвестные авторы методики называют для таинственности лунной четвертью, затем процеживают. Десяти капель этого приворотного снадобья будет якобы вполне достаточно, чтобы вызвать любовь и желание.

Но что-то я опять сомневаюсь. Черная лакрица — это высушенный сок корня солодки (*Glycyrrhiza glabra*). Она содержит вещество глицирризин, которое активизирует защитные средства организма при инфекционных заболеваниях. Сок солодки — традиционное отхаркивающее средство и, опять-таки извините, мочегонное. Тмин тоже используют при затрудненном мочеиспускании и кашле. А еще это ветрогонное, так же, как и кардамон.

Удивительной красоты южноамериканская лиана пассифлора (*Passiflora*), или страстоцвет, — растение, в приворотном зелье совершенно неуместное. Название у него, конечно, звучное, но произошло не от любовных чувств, а от страстей Господних. Почему-то верхуш-

ки листьев пассифлоры в древности отождествляли с копьем, усики — с плетью, тычинки и пестик — с орудиями пыток, столбики цветка — с гвоздями креста, нити цветоложа — с терновым венцом, центральный ствол — со столбом, к которому был привязан Христос. К сожалению, в рецепте не указано, какой именно вид пассифлоры нужно употребить. А видов-то много, и некоторые из них индейцы издавна применяли как слабительное средство, а из экстракта пассифлоры мясо-красной (*Passiflora incarnata*) изготавливают успокаивающий препарат «Ново-Пассит».

Не думаю, что успокаивающе-слабляющий отхаркивающий сбор способен вызвать любовь и желание, разве что перемешивание в левой ладони пальцем правой сообщает ему магические свойства.

### Не сойти ему с этого места

Вообще, приворотные снадобья нередко обладают слабительными и мочегонными свойствами, каковые, видимо, и создают непреодолимую силу, не позволяющую принявшему зелье покинуть вас. Эффект будет сильнее, если давать снадобье большими порциями. Вот замечательный рецепт. В бутылку темного стекла наливают 100 г рома и 100 г коньяка, добавляют к ним половину чайной ложки истертого в порошок корня кассии и такое же количество засушенных цветков этого растения. Эту смесь настаивают одну неделю, процеживают и дают приворачиваемому выпить рюмку. Авторы метода уверяют, что данное средство вызовет мгновенную страсть и продолжительную любовь в душе и в теле вашего избранника.

Ключевое слово здесь «рюмка». Целая рюмка рома, разбавленного коньяком, а некоторые сорта рома имеют крепость 75°. Да еще с кассией, она же сenna, — сильным слабительным средством! Никуда он после этого не денется, особенно если рюмка достаточно большая, на все 200 г.

Однако если вы хотите, чтобы объект приворота не только остался, но и вам мог уделить толику внимания, лучше избавить его от слабительной составля-

щей и сконцентрироваться на алкогольной основе зелья. Внимание, рецепт.

Пол-литра рома, настоящего в течение трех дней на 20 г базилика, процеживают через молотый кофе (сорт не указан). В процеженный настой добавляют 10 г имбиря, настаивают три дня и снова фильтруют через кофе. Третий раз настаивают на 5 г кориандра. Принимать по окончании романтического ужина, результат ожидайте через минуту. Насчет минуты не знаю, но мужчина, романтически, то есть вкусно поевший и выпивший изрядную порцию рома, настоящего на пряностях, обычно не склонен сразу уходить.

## Рефлекс на пищу и питье

Многие приворотные зелья эксплуатируют приверженность человека к таким вечным ценностям, как пища и питье. Чего только не обучаются делать животные в лаборатории и в цирке за вкусную прикормку. Уверяю вас, многие люди в этом плане не сильно от них отличаются. Но знахарка ведь не скажет прямо: «Корми борщом!» Нет, ее рецепты покрыты флером романтики. Они предлагают две недели настаивать белое вино на зеленых побегах розмарина, цветках жасмина и лимонной цедре. Затем вино процедить и давать любимому человеку каждую пятницу в течение трех недель. Перед этим бокал с вином надлежит некоторое время подержать в правой руке, накрыв его сверху левой ладонью и представляя, что ваши чувства передаются зелью.

Сообщение зелью чувств — это, конечно, несерьезно, но, если человеку три пятницы подряд дали в одном и том же месте выпить что-то вкусное, он и в четвертый раз придет попытаться счастья.

Еще один рецепт. Вскипятив пол-литра родниковой воды, добавить туда по чайной ложке мелиссы и корня валерианы, настоять 15—20 минут и добавить чайную ложку сока облепихи и две столовые ложки меда. Эту смесь, процедивши, рекомендуют добавлять в вино и мясные блюда. Зелье довольно быстро привязывает человека к тому месту, где он его попробовал.

Мелисса и валериана — лекарственные травы, но в предлагаемой концентрации действия они не окажут. Получится просто ароматная приправа к вину и мясу. Именно они, вкусно приготовленные, при систематическом угощении привязывают человека к месту кормления. (Интересно, почему рецепт обещает привязку к месту, а не к человеку, который кормит?)

Вот еще похожий рецепт. Надо посадить любисток или укроп, но не просто так, а с наговором: «От земли к траве, от травы ко мне». Рвать зелень нужно стро-



Заманиха высокая *Echinopanax elatum*

го в пятницу, приговаривая: «Как этому кусту боле не расти, не перерасти, так и (имя) ко мне душой и телом навеки прирасти».

Собранной зеленью надлежит приправлять кушанья, предназначенные для объекта приворота.

Естественно, чтобы средство подействовало быстрее, охотница постарается потчевать своего избранника как можно чаще, сдабривая пищу пряными травами, и прикормит, наконец. Кстати, обе травы — мочегонные и ветрогонные средства, а любисток к тому же способствует притоку крови к органам малого таза.

## Какой-то белый порошок

Я уже слышу ропот разочарованных дам и девиц, которые не хотят заменять волшебные наговоры и магические зелья борщами и котлетами, а романтические отношения — ежедневным послушанием у плиты. Что ж, если вы жаждете заклинаний и нетрадиционных средств — пожалуйста.

Срежьте с подошвы ноги (своей, а не предмета страсти) мозоль, а если таковой нет, толстую кожу. Хорошо ее

высушите и сотрите в порошок. Бросьте этот порошок в питье и произнесите три раза: «Как мои ноги крепко и плотно до земли доступают, так бы и (имя) до меня доступах бы. Как мое тело любимо самой себе, так бы я была бы мила и любима (имя)».

Это зелье подействует сразу при условии, что оно применено в среду на растущей Луне.

Средство бескровное, заклинание неопасное. Но задумайтесь, достаточно ли сильно вы любите этого человека, чтобы ради него кромсать ногу? Другое дело, если вы все равно мозоли выводите, не пропадать же добру. Однако неаппетитного вида белый порошок в питье заметен, и надо быть полным идиотом, чтобы это выпить. Так что перед нами скорее не приворотное зелье, а своеобразный тест на адекватность вашего избранника. Но с другой стороны, если она приготовила, а он выпил, значит, они нашли друг друга. Пожалуй, в этом рецепте есть рациональное зерно.

## Зимнее нетерпение

Многие рецепты содержат предупреждение: «Зелье подействует сразу». Но

приворотные снадобья бывают не только быстрого действия, но и быстрого приготовления. Такого быстрого, что их и зельем-то назвать нельзя. Вот, например, зима, весны дожидаться нелегко, и хочется душевного тепла. Да пожалуйста, можно даже за травами не бежать в аптеку! Берете сосульку, кладете на блюдечко и смотрите, как она тает, представляя, что так же тают и исчезают барьеры и преграды, разделяющие вас с любимым человеком. Когда лед полностью растает, соберите всю талую воду и тайно добавьте ее в питье привораживаемого. Сосульку можно заменить кусочком льда. Лично я больше всего ценю в этом рецепте свежесть и сезонность продукта.

А можно заговорить посуду, и приворотным станет любой напиток, в нее налитый: хоть пиво, хоть чай с лимоном.

В пустой стакан шепчут: «Как не может живой человек прожить без питья ни дня, так бы и раб (имя) не смог бы прожить без меня ни дня».

## Общее дело

Ничто так не объединяет людей, как общее дело. И вовсе не обязательно съедать вместе пуд соли, достаточно распить стакан специально подготовленной воды или другого напитка. Сначала заговаривают питье: «Ты со мной, я с тобой. Я с тобой, ты со мной. Воде не разлиться, нам вместе водиться». Половину этой заговоренной воды дают выпить избраннику, а другую половину выпивают сами. Когда он пьет, дама мысленно повторяет второе предложение заклинания. Когда она сама пьет, вспоминает первое. Не перепутайте!

Но я вот думаю: а зачем оно нужно, такое средство? Если он согласился распить с вами стакан воды, значит, уже любит и в привороте не нуждается.

## Для мужчин

Так сложилось, что большинство приворотных зелий рассчитано на мужчин. Возможно, это связано с патриархальным укладом, согласно которому мужчина выбирает, а женщина смиряется с выбором. Приворотное зелье, таким образом, мужчине вроде бы и не нужно, а даме позволяет влиять на процесс. Не исключено, что сыграло свою роль традиционное распределение обязанностей: женщина готовит, мужчина ест. Однако встречаются и рецепты, предназначенные для принятия дамами. Соискатель взаимности должен запастись тремя щепотками корицы, половиной чайной ложки василисника, цветками примулы и гибискуса, а также листьями его — по трети чайной ложки. Все это надо смешать в полнолуние,

залить стаканом коньяка и настаивать до следующей полной Луны в полной темноте и неприкосновенности. Затем зелье процеживают и дают избраннице в минимальном (!) количестве: задача влюбленного привлечь, а не сподручить. Пропись утверждает, что на мужчин это средство не действует.

Трудно комментировать рецепты, в которых не указаны видовые названия растений. Василисника, например, существует несколько видов. В данном снадобье, вероятно, имеется в виду василисник простой *Thalictum simplex* L., который используют в народной медицине для лечения женских болезней. Примула и гибискус — тоже собирательные названия, но все виды этих растений скорее красивы, чем полезны. Правда, настой гибискуса — поливитаминный комплекс, но этого недостаточно для привлечения женского сердца. Не вижу я рационального зерна в этом рецепте, не вижу.

## Почти бесконтактный способ

Все вышеперечисленные зелья имеют один существенный недостаток: их надо тайно или явно дать выпить объекту приворота. А если он не хочет пить? Если он вообще не ест и не пьет в вашем присутствии и едва знает о вашем существовании? В этом случае его надо приманить, чтобы он все-таки пришел и выпил. Для этого специалисты рекомендуют такой, например, способ.

Достаньте фотографию объекта. Перед сном накройте ею стакан родниковой воды. Губы на фотографии посолите, произнося при этом: «Как не может жить этот человек без воды, так не сможет жить он без моей любви. Здесь твой водопой, здесь твоя отрада и покой». Поставьте накрытый стакан под кровать (очень романтично!) и ложитесь спать. Поступайте так несколько вечеров подряд, каждый раз наливая в стакан свежую воду. Авторы метода утверждают, что привораживаемый придет в конце концов в ваш дом, и тогда надо ему дать выпить воды, которую использовали в последний раз, и он уже вас не покинет.

Я так это представляю: мужчина под действием чар случайно забредает в дом к малоизвестной женщине, недоумевает, как он сюда попал, и готовится уйти позлеегачнее, а хозяйка с криком: «Подождите!» лезет под кровать и вытаскивает оттуда стакан с водой. Я не уверен, что гость останется. Лучше попробовать другие способы привлечения внимания.

## Воздействие на себя

Работа с людьми — тяжелая работа. Люди непредсказуемы, и трудно пред-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

ставить, что выкинет объект приворота при попытке напоить его зельем. Поэтому лучше устроиться так, чтобы ни от кого не зависеть. И для этого есть соответствующие средства, правда, их нельзя назвать зельями в прямом смысле этого слова, но они рассчитаны на привлечение мужского внимания.

Дамам, жаждущим любви, специалисты советуют использовать мочалки из папоротника. Листья папоротника, собранные в середине лета, нужно свить в жгуты и сушить в темном продуваемом помещении, чтобы они остались зелеными. Непосредственно перед мытьем мочалку размачивают в умеренно горячей воде и натирают ею чистое тело снизу вверх. После такого фитомассажа уже не ополаскиваются, чтобы сок папоротника впитался в кожу. Согласно методике, после четырех-пяти натираний дама начнет привлекать внимание противоположного пола.

А еще можно украсить спальню сухими букетами из стеблей валерианы с цветами, ветвей березы и полыни. Их также собирают во время летнего солнцестояния и сушат в тени, чтобы они сохранили цвет, и расставляют по всем четырем углам или подвешивают над изголовьем. Травы якобы начнут посылать вам энергию, и вы будете лучше высыпаться.

Что сказать об этих растениях? Они, засушенные, долго стоят и при этом хорошо выглядят и приятно пахнут. Вот и вся их магия, но она, безусловно, поднимает настроение и самооценку. А выспавшаяся, уверенная в себе женщина всегда привлекательнее вялой и закомплексованной. Чтобы украшать спальню ароматными букетами и использовать необычные мочалки вместо модной, но, увы, стандартной парфюмерии, нужно испытывать неподдельный интерес к себе, который, в свою очередь, вызывает интерес окружающих. А когда в черед интересующихся появляется достойный претендент, его надо приглашать на сытный ужин с котлетами. И можно без валерьяны.



# Сода

Пищевая, или питьевая сода (далее просто сода), она же гидрокарбонат натрия, есть на каждой кухне. Ею оттирают потемневшие чайные чашки, иногда ее добавляют в тесто. На магазинных полках место соды среди специй, между сахаром и солью.

**Как получают соду?** С незапамятных времен соду добывали из содовых озер, и была она продуктом недешевым. В 1775 году Французская академия наук объявила конкурс на разработку промышленного способа получения соды, а в 1791 году химик Николя Леблан предложил синтезировать ее из поваренной соли, мела и серной кислоты. Поваренную соль нагревают с кислотой ( $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ ), а образовавшийся сульфат натрия прокалывают с древесным углем и известняком. ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} = \text{H}_2\text{S} + \text{CO}$ ;  $\text{H}_2\text{S} + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS}$ ). Полученный расплав охлаждают и заливают водой. Карбонат натрия переходит в раствор, а сульфид кальция остается в осадке. Пропуская через холодный раствор углекислый газ, получают бикарбонат натрия — пищевую соду. К 60-м годам XIX века на смену методу Леблана пришел более простой и дешевый способ, разработанный бельгийским инженером Эрнестом Сольве. Концентрированный раствор поваренной соли насыщают аммиаком, а затем углекислым газом. При этом получается гидрокарбонат аммония, который, реагируя с солью, образует хорошо растворимый хлорид аммония и малорастворимый в холодной воде гидрокарбонат натрия ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4\text{HCO}_3$ ;  $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NaCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3$ ).

**Зачем соду добавляют в тесто?** Сода — известный разрыхлитель теста. В Европе в этом качестве ее активно использовали французы. У них ведь была технология Леблана, которую они постарались засекретить. В России предпочитали тесто дрожжевое, а содовая выпечка появилась в нашей стране только после Первой мировой войны и революции 1917 года. Сода оказалась удобным заменителем дрожжей при массовом производстве: с ней легче выпекать стандартные изделия, она относительно дешева, нетоксична, проста в использовании. Если на этикетке песочного коржика вы увидите обозначение E500, значит, он сделан на соде.

Действие соды как разрыхлителя основано на том, что при нагревании бикарбонат натрия разлагается с образованием углекислого газа, пузырьки которого поднимают тесто:  $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Однако у этой реакции есть и второй продукт — карбонат натрия. Его избыток придает готовой выпечке желтоватый цвет и неприятный мыльный привкус, а также из-за щелочной реакции способствует разрушению витаминов группы В. Поэтому пищевую соду в тесто надо добавлять с крайней осторожностью, чтобы не насыпать лишнего.

**Что такое пекарский порошок?** На одной соде тесто хорошо не поднимется: углекислый газ начинает выделяться при  $90^\circ\text{C}$ ; при этой температуре тесто уже плохо расширяется. Кроме того,  $\text{CO}_2$  лучше всего выделяется в кислой среде, но тесто из мягкой пшеницы имеет pH около 7. В более щелочной среде образуются уже не пузырьки газа, а  $\text{HCO}_3^-$  или  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Чтобы увеличить выход  $\text{CO}_2$ , тесто подкисляют. Вступая в реакцию с кислотой, бикарбонат натрия образует соль, воду и углекислый газ. Можно добавить в тесто кислые фрукты, лимонную кислоту или замесить его на кефире. В таком случае на 1 кг муки достаточно половины чайной ложки соды. А если рецептура не предусматривает кислых продуктов, можно использовать пекарский порошок, который содержит пищевую соду, кислую соль и инертный наполнитель: сухой крахмал или муку. Наполнитель физически разделяет частицы соды и кислоты, чтобы они не прореагировали друг с другом раньше времени. Простейший пекарский порошок легко приготовить самостоятельно, в нем присутствуют сода, лимонная кислота и крахмал в равных частях, например, по полчайной ложки соды и лимонной кислоты. (Очень важно соблюсти пропорции, чтобы бикарбонат натрия полностью прореагировал с кислой солью, иначе будет невкусно.) А есть рецепт и посложнее, в нем две кислые соли: кремортартар, он же винный камень,  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  — кислая калиевая соль винной кислоты (250 г) и углекислый аммоний (20 г). К этому количеству полагаются добавлять 125 г пищевой соды и 25 г рисовой муки. Винный камень легко вступает в реакцию с содой при комнатной температуре, при этом образуются вода, углекислый газ и соль  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ . Ацетат аммония и сам неплохой разрыхлитель, при нагревании он разлагается на аммиак, воду и углекислый газ. Так что мы имеем порошок двойного действия: сначала тесто разрыхляется при комнатной температуре, а затем при выпечке. Винный камень — довольно дорогой компонент, и вместо него часто используют монофосфат кальция  $\text{CaHPO}_4$ .

В состав разрыхлителей теста нередко входит пиррофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , его же добавляют в сухую смесь для приготовления бисквитов. Реакция соды с пиррофосфатом выглядит следующим образом:  $2\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 = \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .







Бывают разрыхлители, которые содержат не кислые, а нейтральные соли. Такова, например, смесь соды и хлорида аммония. В результате реакции, которая протекает по уравнению:  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , образуется не только углекислый газ, но и поваренная соль, так что солить такое тесто нужно с осторожностью.

**Как пользоваться пекарским порошком?** При использовании пекарского порошка следует соблюдать несколько простых правил. Сухой разрыхлитель смешивают с сухой мукой. Если предварительно растворить его в воде, то реакция пройдет в растворе и углекислый газ просто не попадет в тесто. По этой же причине не нужно предварительно гасить соду в ложке уксусом, как предлагают некоторые кулинарные рецепты. Собственно, углекислую бурю в стакане воды поднимал, наверное, каждый: лимонная кислота + сахарная пудра + сода = шипучка. Пить немедленно, пока пузырьки бьют в нос. После гашения в ложке выпечка все-таки поднимается, но за счет того, что часть соды просто не реагирует с уксусом и производит в тесте разрыхляющий эффект.

Тесто нужно выпекать сразу, как только оно поднимается, иначе углекислый газ улетучится и тесто опадет. По этой же причине поднявшееся тесто нельзя перемешивать. Это актуально при выпечке оладий: каждую новую порцию, наливаемую на сковородку, аккуратно берут с краешка.

**Куда еще добавляют соду?** Содой можно разрыхлить не только тесто для выпечки. В Прибалтике, Молдавии, Румынии и на Балканах ее подсыпают в картофельные оладьи, сырники и мясные фарши, приготовленные только из мяса и лука, без добавления хлеба.

Сода — хороший размягчитель, поэтому ее при варке добавляют к долго разваривающимся продуктам, например к фасоли. Если натереть содой кусок мяса и на некоторое время убрать в холодильник, он станет мягче.

Бикарбонат натрия незаменим и при варке варенья из цитрусовых и при приготовлении цукатов. Корочки в его присутствии лучше развариваются, становятся мягкими и значительно менее горькими.

Еще одним полезным свойством соды — она поглощает неприятные вкусы и запахи, даже рыбный. Поэтому маленькая щепотка соды сделает вкуснее любое блюдо.

**Почему соду используют как чистящее средство?** Времена, когда соду использовали в этом качестве, еще не закончились. Конечно, магазинные полки ломаются от чистящих средств, но старая добрая сода в иных случаях оказывается не хуже. В сухом виде она абразивчик, а с теплой водой образует слабощелочной раствор, который эмульгирует жиры. И не забудем, что сода отбивает запахи. Автор знаменитых книг по кулинарии В.В. Похлебкин советует посуду со стойким рыбным запахом протереть луком, а от лукового запаха избавиться, почистив ее содой.

Кстати, свойство соды размягчать, очищать и обезжиривать полезно не только на кухне, но и в косметологии, недаром ее включают в состав скрабов и ванночек. А благодаря способности  $\text{NaHCO}_3$  поглощать запахи ее можно использовать как дезодорант. Содовый раствор не препятствует выделению пота, что в некоторых случаях очень ценно, но нейтрализует его кислую среду, а следовательно, и неприятный запах.

**Чем полезна сода?** Многие продукты люди потребляют не только ради насыщения и вкуса, но и как лекарство. Так, сода, растворенная в молоке, — одно из лучших средств для смягчения кашля, поскольку прекрасно разжижает мокроту. Врачи рекомендуют развести чайную ложку соды в стакане горячего молока и пить на ночь.

Щелочной раствор бикарбоната натрия принимают при повышенной кислотности, причем не только при изжоге. Часто дисфункция желудка вызывает головные боли. В этом случае специалисты рекомендуют стакан молока комнатной температуры с двумя щепотками пищевой соды. Такая смесь нейтрализует желудочную кислоту, и вскоре головная боль утихнет.

К сожалению, многие люди обращают внимание только на содовый компонент этой смеси, игнорируя молоко, а напрасно. Оно смягчает действие углекислоты, которая возбуждает рецепторы слизистой оболочки желудка и может усилить секрецию желудочного сока. Поэтому водный раствор соды пить не полезно. Если организм не принимает молока, лучше вообще отказаться от соды и пользоваться другими натуральными нейтральными нейтрализаторами: картофельным соком, зверобоем и мятой.

Н. Ручкина









# О ХИМИИ — ДОСТУПНО И ВСЕРЬЁЗ!

**И.А. ЛЕЕНСОН**

**КАК И ПОЧЕМУ ПРОИСХОДЯТ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.**

**ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ И КИНЕТИКИ**

## ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

1. Первый закон термодинамики и химия
2. Тепловой эффект химической реакции
3. Теплота образования химических соединений
4. Экспериментальное определение и расчет теплоты образования. Закон Гесса
5. Тепловые эффекты растворения
6. Энергетика живого
7. Почему идут эндотермические процессы
8. Направление реакции и химическое равновесие. Принцип Ле Шателье

## ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

9. Для чего нужна химическая кинетика
10. Молекулярно-кинетическая теория и диффузия
11. Частота столкновений и скорость реакции. Энергия активации

12. Уравнение Аррениуса и его практическое применение
13. Скорость реакции и ее зависимость от концентрации реагентов. Молекулярность, порядок, константа скорости
14. Необратимые реакции первого порядка
15. Необратимые реакции других порядков
16. Обратимые реакции
17. Последовательные реакции. Стационарное, квазистационарное и равновесное приближения
18. Цепные реакции
19. Катализ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Единицы измерений и их преобразование

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Нобелевские премии за исследования по химической термодинамике и кинетике

**И.А. ЛЕЕНСОН**

**ХИМИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ОБЩЕСТВА**

## Огонь и химия

- Огонь – трением
- Зажигалки
- Современное «огниво»
- Из истории спичек
- Как горит свеча
- Химия пламени
- Уголь и газовое освещение
- Как образуется уголь
- Газ из угля
- Нефть и нефтехимия
- Как возникла нефть?
- Из истории нефтедобычи
- Первые шаги нефтепереработки
- Нефть и бензин
- Нефть в современном мире

## Ядерная энергетика

- Первые открытия
- Атомные электростанции
- Радиоактивность внутри и вне нас
- Портативные источники питания
- Удивительные открытия Гальвани и Вольты
- Гальванические элементы
- Аккумуляторы
- Альтернативные источники энергии
- Ветрогенераторы
- Геотермальные станции
- Солнечная энергетика
- Химия – автомобилестроению
- Подушки безопасности

## Прочное и безопасное стекло

- Автомобильные фары
- Каучук для шин – и не только
- Алюминий в автомобилестроении
- Синтетические волокна
- Искусственный шелк
- «Найлоновая драма»
- Люминофоры – источники «холодного» света
- Флуоресценция и фосфоресценция
- Холодный «химический свет»
- Из истории воздухоплавания
- Вычислительная техника
- От абака до «Феликса»
- От машины Бэббиджа до персонального компьютера
- Жидкокристаллические мониторы
- Химия и медицина
- «Сито для лекарств»
- Иод и человек
- Свойства иода
- Иод в природе
- Иод в организме
- Иод и радиация
- Из истории антибиотиков
- Глюкоза, диабет и химия
- Что такое диабет
- Зачем нужен инсулин
- Синтез инсулина
- Анализ на глюкозу – за 60 секунд

## «Когда молекула смотрит в зеркало»

- Поляризация света и оптическая активность
- Открытие Пастера
- Хиральные лекарства
- Радионуклиды в медицине
- Хевиши, супруги Жолио-Кюри и радиоактивные индикаторы
- Технеций и его свойства
- Технеций в медицине
- Химия и парфюмерия
- Парфюмерия древних
- Химики – парфюмерии
- Химия загара
- Загар и ультрафиолетовые лучи
- Защита от ультрафиолета
- Из истории удобрений
- «Сладкая химия»
- Стандарт сладости – сахароза
- Сахароза и фотосинтез
- Как получить фруктозу
- Другие сладости
- Сладости в природе
- Сохранение продовольствия
- Озон и фреоны
- Получение и свойства озона
- Фреон и «озоновые дыры»
- Озон в тропосфере
- Озон и здоровье
- Питьевая вода

## ВЫ МОЖЕТЕ ЗАКАЗАТЬ КНИГИ

### непосредственно

в Издательском Доме «Интеллект»  
с доставкой курьером по г. Москве  
или почтовой доставкой по России

## ЗАЯВКИ ПРИНИМАЮТСЯ

### по электронным адресам:

[jd-intellect@mail.ru](mailto:jd-intellect@mail.ru)  
[zakaz@jd-intellect.ru](mailto:zakaz@jd-intellect.ru)

### по факсу:

(495) 579-96-70, (495) 617-41-88

### В заявках убедительно просим

указывать свой почтовый адрес  
и контактную информацию (email, телефон)

# Урановые снаряды вермахта



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

О попытке Германии в годы Второй мировой войны создать атомное оружие написано много. Некоторые считают, что у Германии были шансы на успех в этом сложнейшем техническом проекте. Другие, и автор этих строк в том числе («Химия и жизнь», 2007, № 5), считают данный проект авантюрой, обреченной на неудачу. Но, несмотря на обилие литературы, кое-что осталось неясным, например производство металлического урана в Германии. При первой же попытке ознакомиться с этим вопросом мы сталкиваемся с парадоксом.

В 1941 году в Германии было налажено производство металлического урана в заводских условиях. В начале 1942 года было начато строительство второго такого завода (см. книгу Джона Ирвинга «Вирусный флигель»). Казалось бы, это вполне объясняется работами над атомной бомбой. Но вот что пишет в своих мемуарах А.Шпеер, руководитель военной промышленности Германии: «Осенью 1942 года я еще раз спросил физиков-ядерщиков о возможных сроках создания атомной бомбы и, узнав, что потребуются 3–4 года, приказал прекратить все работы в этом направлении. Ведь тогда война или закончится, или исход ее будет окончательно предрешен». Итак, работы над атомной бомбой были прекращены, но тем не менее производство металлического урана увеличивалось. Более того, строительство второго завода не прекратилось, и он заработал в 1944 году. Зачем же увеличивать производство урана после прекращения работ над бомбой?

Правда, в 1943 году работы над атомной бомбой прекратились не совсем, но они оставались на исследовательском уровне, и немецкие ученые не нуждались в значительных количествах урана. Зачем же тогда его производили в больших количествах? В 1940–1941 годах — примерно по 0,3 т, в 1942-м — 2,5 т, в 1943-м — 5,6 т, в 1944-м — 0,7 т и около 0,2 т на втором заводе, где за всего лишь 3,5 месяца 1945 года — 1,5 тонны. Зачем? Ведь тогда у немцев не было даже самых малейших шансов создать атомную бомбу.

Чтобы ответить на этот вопрос, вновь обратимся к воспоминаниям А.Шпеера: «Летом 1943 года прекращение импорта вольфрама из Португалии поставило под угрозу производство одного вида боеприпасов, и я распорядился использовать для этого урановое сырье. Мы передали на военные заводы 1200 т урана». Скорее всего, имелась в виду руда. Но важно то, что с лета 1943 года уран использовался для производства боеприпасов. Шпеер не указал, каких именно, но можно утверждать, что здесь речь идет о подкалиберных противотанковых снарядах. Именно для таких снарядов использовался вольфрам.

Подкалиберный снаряд состоит из легкого корпуса, внутри которого имеется тонкий сердечник. Из-за массы, меньшей

по сравнению с другими снарядами того же калибра, эти снаряды имеют большую начальную скорость. Но из-за меньшей массы они и теряют скорость быстрее, поэтому их можно применять только на близких дистанциях. Но если снаряд с большой скоростью встречается с броней танка, то его сердечник пробивает значительно более толстую броню, чем обычный бронебойный снаряд того же калибра. При этом сердечник нагревается до большой температуры и вызывает пожар.

Сердечник подкалиберного снаряда — это, по сути, заостренный штырь, который «протыкает» броню. Понятно, что при равной массе желателен максимально тонкий сердечник. Поэтому сердечники стараются делать из металлов с высокой плотностью, но, кроме вольфрама и урана, все они очень дороги. И никаких других боеприпасов, для изготовления которых используют вольфрам или уран, нет.

В последние годы в некоторых странах приняты на вооружение подкалиберные снаряды с сердечником из обедненного урана. Природный уран — смесь разных изотопов, в основном  $U^{238}$  и  $U^{235}$ . Высокорадиоактивный  $U^{235}$  применяют для производства ядерного оружия и в энергетике, а  $U^{238}$  — для подкалиберных снарядов. Это возмущает экологов: хотя радиоактивность невелика, часть экологов считает, что исходящим от него излучением пренебрегать нельзя. Но основная опасность не в радиоактивности, а в токсичности.

Вермахт применял для снарядов не обедненный, а природный уран. Следовательно, немецкие артиллеристы, использовавшие эти снаряды, могли пострадать от радиации. А также рабочие заводов, где производились эти снаряды, персонал складов, где эти снаряды хранились, рабочие заводов по производству урана, шахтеры, добывавшие урановую руду... В годы Второй мировой войны представления об опасностях радиации еще не было, и поэтому вопрос о защите персонала от ее последствий не стоял. Так что к последствиям войны можно отнести и результаты производства и применения урана в военных целях. И было бы желательно узнать о дальнейшей судьбе всех, кто был причастен к изготовлению и применению урановых снарядов.

И.И.Гольдфаин



# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

**М.Холмс, М.Гантон**  
Жизнь: невероятный  
живой мир  
М.:Эксмо, 2011



**В.Панин**  
Научные открытия,  
меняющие мир  
СПб.: Питер, 2011



**Э**то книга о мире живой природы, полной приключений, удивительных открытий и эксклюзивных кадров. Живые существа в тяжелейших условиях и постоянной борьбе за существование, нарушают все представления о невозможном.

**И**зучив самые значимые научные открытия, повлиявшие на ход истории и способные изменить мир, автор анализирует альтернативные модели развития человечества, сценарии несостоявшихся событий, упущенные возможности и скрытые угрозы современной цивилизации.

**Д. Златопольский**  
Занимательная информатика:  
учебное пособие  
М.: Бинوم. Лаборатория зна-  
ний, 2011



**В**книге много разнообразных занимательных логических задач и головоломок, интересных фактов и полезных программ, простейших компьютерных игр, фокусов и др. Материалы книги охватывают широкий круг вопросов по информатике, вычислительной технике и коммуникационным технологиям.

**О.Браун**  
Почему панда стоит на голове  
и другие удивительные истории о  
животных  
М., Колибри, 2011



**Л**юди часто ведут себя как животные, но при этом иногда даже гордятся, что способны на «подлинную страсть». Но люди всегда очень удивляются, что и животным свойственны привычки, считающиеся чисто человеческими – от шумных пиршеств (с последующим неизбежным похмельем) до конфликтов «отцов и детей», от гомосексуализма до мафии. Английский писатель и биолог пишет об этом с чисто английским юмором и тонкой наблюдательностью.

**К.Шейд**  
Опыты по химии  
для начинающих  
М.: КД Либроком, 2009



**Г**лавная цель книги – помочь практически познакомиться с разнообразными химическими явлениями. Помимо множества простейших опытов, читатель найдет в ней и более сложные, которые требуют значительных навыков и опыта в экспериментировании..

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



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Поспите, идет загрузка

Результаты исследования, проведенного учеными из университета Любека (Германия), в очередной раз подтверждают: чтобы надолго запомнить информацию, надо ее «заспать». Хотя бы минут сорок («Nature Neuroscience», 23 января 2011 года, doi:10.1038/nn.2744).

Свежие данные наш мозг запоминает в гиппокампе, и они не всегда отправляются в том же виде на более длительное хранение в неокортекс — новую кору головного мозга, своего рода «жесткий диск». Если вскоре после запоминания информацию вызвать из памяти, она прочнее и дольше там сохранится. Однако во время бодрствования данные атакуют нас со всех сторон, и порой нам трудно удержать сохраненную информацию в неприкосновенности. Например, едва заучив одно стихотворение и обратившись к следующему, очень непросто хорошо запомнить первое.

Бьорн Раш и его коллеги решили посмотреть, как аналогичные процессы происходят во время сна. Двадцати пяти добровольцам предложили запомнить изображения на 15 парах карт — на одной животное, на другой — предмет обихода. Все они находились в помещении с не слишком приятным, но и не раздражающим запахом.

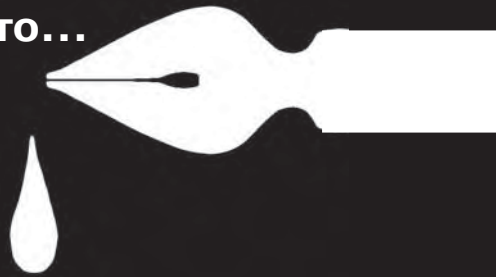
Следующие сорок минут половина из них бодрствовала. Затем им выдали для запоминания новые, совершенно непохожие сочетания изображений, но прежде вновь «атаковали» тем же неприятным запахом, дабы взбодрить память. Другая половина испытуемых в эти сорок минут вздремнула, причем в период быстрого сна их подвергали воздействию знакомого запаха, а затем тоже предложили для запоминания новый набор карточек. Потом все должны были воспроизвести первоначальные сочетания изображений. К удивлению исследователей, «сони» справились с заданием гораздо лучше — в среднем вспомнили 85% картинок, тогда как бодрствовавшие — только 60%.

Проанализировав данные наблюдений за мозгом, ученые выяснили, что уже в первые минуты сна началась передача данных из гиппокампа в неокортекс. За сорок минут загрузилась изрядная порция, и никакие новые данные уже не могли на них повлиять.

Воздействие коротких «сонных» периодов на запоминание полезно тем, кто учится. Но можно использовать обратный эффект при работе с людьми, пережившими сильный стресс, для удаления нежелательных воспоминаний.

Е. Сутоцкая

## Пишут, что...



...одна из основных нерешенных проблем солнечной астрофизики — почему внешние слои солнечной атмосферы, или короны, горячее поверхности светила («Science», 2011, т.331, № 6013, с. 55)...

...в сентябре 2011 года начнет полноценно работать на эксперимент пульсирующий ядерный реактор ИБР-2М в Дубне («Наука в России», 2011, № 1, с. 20—24)...

...предложена многоуровневая система управления интеллектуальной собственностью холдинга, осуществляющего совместный бизнес с вузом («Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность», 2011, № 2, с. 24—31)...

...для снижения испарения ртути из могильника, где захоронены ртутные отходы, можно создать геохимический барьер, например, из марганцевой руды («Сибирский экологический журнал», 2010, № 6, с. 843—850)...

...согласно последним данным, подледниковое озеро Восток в Антарктиде представляет

собой полностью изолированную систему («Лед и снег», 2011, № 1, с. 13—23)...

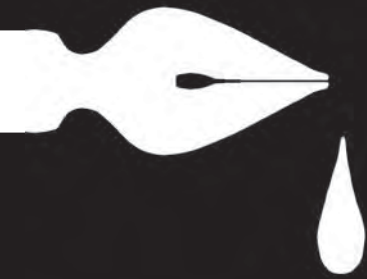
...Европейская комиссия рассматривает предложение о запрещении употребления в пищу клонированных животных в ближайшие пять лет («Nature Biotechnology», 2011, т.29, № 1, с. 9)...

...492 из 2749 геномных последовательностей бактерий, вирусов, растений и животных содержат фрагмент человеческой ДНК под названием AluY («New Scientist», 2011, № 2800, с. 4)...

...сейчас в мире есть около 300 биокураторов, которые проверяют достоверность геномных или белковых последовательностей, поступающих в базы данных («Nature», 2011, т. 470, № 7333, с. 295—296)...

...протяженные двухцепочечные РНК, гомологичные некоторым последовательностям матричной РНК, подавляют деление и стимулируют апоптоз опухоле-





вых клеток человека («Доклады Академии наук», 2011, т.436. № 3, с. 412)..

...воздействие ультразвука на раковые клетки с введенными в питательный раствор кремниевыми наночастицами концентрацией 1 мг/мл приводит или к полному уничтожению клеток, или к появлению в них дефектов, вызывающих апоптоз («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2011, т.151, № 1, с. 91)...

...гиппокамп у сезонно размножающихся млекопитающих и птиц уменьшается зимой и увеличивается весной, что связано с увеличением их активности и повышением уровня половых гормонов («Журнал общей биологии», 2011, т.72, № 1, с. 27)...

...повышение самоуважения снижает тревожность и уменьшает страх смерти («Психологический журнал», 2011, т.32, № 1, с. 45—54)...

...способность ребенка к самоконтролю коррелирует с его здоровьем, финансовым благополучием и законопослушностью во взрослой жизни («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т.108, № 7, с.2639—2640, 2693—2698, doi: 10.1073/pnas.1010076108)...

...создана технология дрожжевой переработки кофейного шлама, остающегося после производства растворимого кофе, в кормовые продукты («Экология и промышленность России», 2011, № 1, с.18—19)...

...в III веке до н.э., до одомашнивания лошадей и освоения конных повозок, переселение народов шло главным образом по водным путям («Вестник РАН», 2011, т.81, № 1, с.18—30)...

...метеорологическое явление в Мексиканском заливе, датированное августом 1521 года, единственное описание которого сохранилось в том XII Флорентийского кодекса, — это торнадо, первое из зафиксированных в Америке («Bulletin of the American Meteorological Society», 2010, т.91, № 11, с.1515)...

Художник Н. Колпакова



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Не упал!

Обледенелые тротуары — болезненная тема для горожан. В очередной раз грохнувшись, потирая колено и собирая вокруг себя разлетевшееся содержимое сумки или портфеля, мы ворчим: а вот в развитых странах небось такого свинства не бывает, чтобы каток под ногами... Бывает и у них, если кого-нибудь это утешит. Законы физики для всех одни, по обе стороны Атлантического океана. В США каждую зиму поскальзываются на льду около миллиона человек, и, согласно данным Центра по контролю и профилактике заболеваний, около 20 000 человек умирают из-за травм, связанных с падением. Не будем забывать и о стрессе. Как отметил российский журнал «Экология человека» в декабре прошлого года, у мужчин 65—86 лет, испытавших хотя бы одно падение в течение года, отмечен ускоренный темп старения.

Подводя итоги зимы, система здравоохранения Университета Лойолы (Мейвуд, штат Иллинойс) выпустила сразу несколько пресс-релизов, посвященных исследованиям зимнего травматизма. Майк Росс, специалист по физиологии гимнастики, напоминает, что пожилому человеку равновесие удерживать труднее. И не только потому, что мышцы становятся слабее, а реакции замедляются, но также из-за возрастных изменений в структурах среднего уха, которые как раз и отвечают за равновесие тела (Агентство «Newswise», 24 февраля 2011). Поэтому человеку в возрасте необходимо обеспечить себе «страховку»: проверить качество обуви и наличие мобильного телефона в кармане, заранее обдумать маршрут, выйти из дома чуть раньше, чтобы не торопиться, не стесняться просить о помощи в особенно скользком месте. Удерживать равновесие помогут простые упражнения, укрепляющие мышцы ног: например, несколько лишних подъемов и спусков по лестнице. Мы надеемся, что к моменту выхода этой заметки лед на тротуарах уже начнет таять, но укреплять мышцы к следующему сезону будет как раз пора.

Для молодых жителей холодных стран тоже есть радостные новости. Хирург Дэрил О'Коннор, в прошлом врач олимпийских команд США, назвал пять наиболее опасных зимних видов спорта (Агентство «Newswise», 24 февраля 2011). Это оказались санный спорт (в США более 700 000 травм ежегодно, из них 30% — черепно-мозговые), хоккей (рваные раны, повреждения шеи, плеч, колен), катание на коньках (запястье, голова, шея), сноубординг (запястье, локоть), лыжи (колени). Особое неодобрение у доктора О'Коннора вызывает так называемый скитчинг: «Это даже не спорт, а просто глупость». Когда люди цепляются за бампер и скользят на санках или просто на подошвах за машиной, частым результатом бывают не только сломанные кости, но и смертельные повреждения черепа. Занятие дурацкое во всех отношениях, как его ни называй — скитчингом или хулиганством. Лучше бы дедушке помогли перейти улицу.

Е. Котина



Г.П.ПОЛЕНОВОЙ, Екатеринбург: *Апатит, тот самый  $Ca_5[PO_4]_3(F, O, OH)$ , — не только сырье для производства фосфорных удобрений и фосфорной кислоты, его используют и как полудрагоценный камень, но честные продавцы пишут, что эти зеленые и голубые кристаллы «требуют аккуратного обращения ввиду низкой твердости».*

С.В.СЕРГЕЕВУ, Азов: *Серные цементы, как нетрудно догадаться, состоят из полисульфидов (сополимеров серы), а получают их перемешиванием серы с различными модификаторами при нагревании.*

А.В.БОБРОВОЙ, Москва: *Пробники духов и туалетной воды «поскреби и понюхай», которые «публикуют» женские журналы, содержат микрокапсулы с духами, добавленные в типографскую краску: оболочки капсул разрушаются при нагревании.*

Н.В.ТУР, Казань: *Свеклу для борща можно не только тушить мелкими кусочками, но и варить, и печь в кожуре, а вот бросать ее в бульон в сыром виде считается неправильным.*

Л.В.РАЗУМОВИЧУ, Санкт-Петербург: *Турмерик в англоязычных рецептах и в перечнях красителей — то же, что наша куркума, порошок высушенных корней *Curcuma longa*.*

МАРГАРИТЕ, электронная почта: *Глубоководная акула-гоблин, или акула-домовой (*Mitsukurina owstoni*), действительно существует и выглядит на редкость оригинально; японцы зовут ее «тэнгудзамэ», в честь длинноногого горного духа тэнгу, а «гоблин» и «домовой» — видимо, попытки перевода названия на английский и русский.*

М.Т., Кострома: *Хорошие мысли приходят в умные головы независимо — опытная электростанция, которая работает на осмотическом давлении в устье реки, впадающей в море, уже запущена в Норвегии.*

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: *Изменился адрес сайта СамИздат и соответственно страницы конкурса фантастики «Химии и жизни»; теперь ищите нас на <http://samlib.ru/h/hizh2010/>.*

# Не все то бриллиант, что блестит

Бриллианты... горят, дрожат, играют, переливаются, смеются и манят, и обещают, и обманывают...

А.И.Куприн. Бриллианты

**В**о все времена драгоценные камни считались прекраснейшими, изысканнейшими созданиями природы. Люди приписывали им чудодейственные свойства и магическую силу. «Он дарит добродетель, мужество и твердость, укрощает ярость и усиливает остроту ума, носящий его угоден царям», — так говорили древние арабы об алмазе.

На Руси название «алмаз», по-видимому, впервые появилось в записках русского купца Афанасия Никитина «Хождение за три моря» о путешествии в Индию в середине XV века. Раньше этот драгоценный камень назывался адамантом (от греч. «адамантос» — несокрушимый). Ценился он не так высоко, как рубины или изумруды, потому что необработанные алмазы выглядят весьма невзрачно. Заставить алмаз «играть» на свету может правильная огранка. Но работать с алмазом необычайно трудно, ведь он — самый твердый природный минерал. Только в XVII веке ювелиры освоили фасетный способ огранки, при котором на камень наносится множество мелких плоских граней — фасет. Огранка, насчитывающая не менее 33 фасет, включая площадку в верхней половине камня, и не менее 24 в нижней, называется полной бриллиантовой (от фр. brillant — блестящий). Такой алмаз имеет право называться бриллиантом. Мелкие алмазы, для которых полная огранка невозможна, гранят «восьмеркой» — по 8 фасет сверху и снизу или «розой» — без площадки и нижней части.

Бриллиантовая огранка позволяет увидеть непревзойденное совершенство и удивительную красоту кристалла, причудливую игру цветов, великолепный блеск и сверкание граней. Знаменитый «алмазный огонь» вызывается дисперсией света — различным преломлением отдельных спектральных составляющих, на которые разлагается белый свет, проходящий сквозь кристалл. Бриллианты по праву занимают верхнюю строчку в градации драгоценных камней. Самые ценные — «чистой воды» камни, те, у которых под лупой с десятикратным увеличением не обнаруживаются внутренние трещинки, посторонние включения, пустоты или деформации кристаллической структуры. Впрочем, именно такие дефекты, а также замещение отдельных атомов углерода на атомы бора, азота или алюминия придают алмазу видимый цветовой оттенок: розовый, желтый, молочно-голубой и даже черный.

Ценность и цена бриллианта зависят от чистоты и совершенства камня, степени прозрачности, красоты цветовой окраски, оптических свойств, определяющих сияние и блеск, от мастерства ювелира-огранщика и, конечно, размера. Единицей массы драгоценных камней является карат. Название произошло, вероятно, от греческого «кератион» — так называются семена рожкового дерева, растущего в Средиземноморье. В древности они служили гирьками для взвешивания самоцветов и драгоценных камней. Масса одного такого семечка колеблется от 197 до 205 миллиграммов. В 1907 году Международный комитет мер и весов в Париже утвердил 1 метрический карат, равный 200 мг. Самый большой в мире ограненный алмаз «Куллинан I» весом в 530 карат хранится в лондонском Тауэре.

Крупные алмазы встречаются в природе редко и стоят очень дорого. Используются они только для ювелирных украшений. Но алмазы нужны и в технике. Алмазные режущие инструменты незаменимы при работе с бетоном, металлами, камнем, стеклом. Прочность заточенных на алмазных кругах резцов, фрез и сверл, возрастает в десять раз. Алмазными порошками и пастами полируют детали точных измерительных приборов, гранят алмазы. Им режут кристаллы германия и кремния. С помощью алмазных волокон — пластинок с отверстием, сделанным лазером, — протягивают тончайшую вольфрамовую проволоку для электроламп.



## МАТЕРИАЛЫ МИРЫ

Со времен Лавуазье известно, что алмаз — это кристаллический углерод, который при температуре около  $700^{\circ}\text{C}$  горит, как обычный уголь. Если его медленно нагревать до  $1000^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха, алмаз превращается в графит, наиболее устойчивую модификацию углерода с другим расположением атомов. Оказывается, возможен и обратный процесс. В 1939 году молодой химик О.И. Лейпунский, сотрудник Института химической физики АН СССР, вывел кривую равновесия между графитом и алмазом. В соответствии с ней кристаллизация алмазов происходит в металлическом расплаве при температуре  $3000^{\circ}\text{C}$  и давлении  $3 \cdot 10^6$  атмосфер. С тех пор синтетические алмазы во всем мире получают методом Лейпунского. Правда, их качество невысоко, и применяются они в основном как технологический материал. Вырастить ювелирный кристалл массой до 1 карата тоже можно, и это будет настоящий алмаз. Но стоить он будет не меньше природного.

Ювелиры успешно используют камни, имитирующие алмаз: бесцветный циркон (минерал состава  $\text{ZrSiO}_4$ ), синтетические сапфиры, шпинель (алюминат магния  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) и муассанит (карбид кремния  $\text{SiC}$ ), а также стразы — стеклянные сплавы, изготовленные в XVIII веке немецким ювелиром Георгом Штрассом. Его хрустальное стекло, содержащее 50% свинца и 30% горного хрусталя, «играет» на свету, почти как бриллиант. Искусственными бриллиантами называют фианиты — кристаллы диоксида циркония, стабилизированные оксидами марганца, кальция и иттрия. Фианиты были синтезированы в 1970 году в Москве в Физическом институте Академии наук (ФИАНе) и названы в честь института. Физики тогда искали новые лазерные материалы. По разным причинам фианиты им не подошли. Зато оказалось, что они необыкновенно красивы, обладают показателем преломления и дисперсией, близкими к природным алмазам. Это решило их судьбу. Фианиты стали любимым материалом ювелиров.

Используют их и в технике, например в качестве подложки для полупроводников.

Как бы ни были хороши и красивы циркон, фианиты и стразы, они — всего лишь имитация бриллиантов. Опытный ученый-геомолог всегда отличит их от природного алмаза. Алмаз прозрачен для рентгеновских лучей, им можно царапать любой другой камень. Капелька соляной кислоты оставляет замутнение на цирконе и не действует на алмаз. Синтетические камни и стекло на ощупь кажутся теплее натуральных.

Посмотрите через бриллиант на свет. Вы увидите только светящуюся точку — весь свет полностью отражается от нижних граней, как от зеркал. Его сияние, играющие огненные искорки очаровывают, восхищают, притягивают и долго не отпускают. Хотя это всего лишь «кусочек угля», вобравший в себя «богатство, роскошь, почет и власть».

**М. Демина**

16-я международная выставка  
химической промышленности и науки

24–27 октября

**Х И М И Я**

**2011**



Центральный  
выставочный  
комплекс  
«Экспоцентр»  
Россия, Москва

Организатор:  
**ЗАО «Экспоцентр»**

При содействии:

**ОАО «НИИТЭХИМ»**

При поддержке:

- Министерства промышленности  
и торговли РФ

- Российского Союза химиков

- РХО им. Менделеева

ЗАО «Экспоцентр»  
123100, Россия, Москва,  
Краснопресненская наб., 14  
Тел.: (499) 795-37-94, 795-39-99  
E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru)  
[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)