



Ж

11  
2008

ЖИЗНЬ И ВРЕМЯ



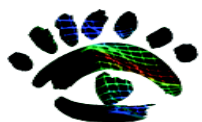




**Химия и жизнь**  
Ежемесячный  
научно-популярный  
журнал

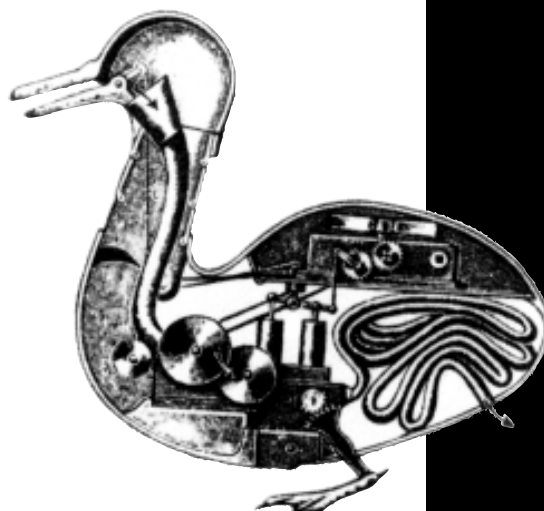
**11**  
2008

*Смысл жизни — в борьбе со смертью.  
Вадим Мижуев*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина Джордже Кирико «Меланхолия отъезда». Каждый, кто когда-либо путешествовал, знаком с запахами дальних дорог — паровозными, станционными, лесными. А вот зачем они нам — читайте в статье «Для чего нам нужны запахи».*





Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ □ 77-8479

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Ответственный секретарь**  
М.Б.Литвинов  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

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

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова  
**Агентство ИнформНаука**  
О.О.Максименко,  
Е.Г.Сутоцкая,  
О.Б.Баклицкая-Каменева  
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 6.11.2008

**Адрес редакции:**

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

**Телефон для справок:**

8 (499) 978-87-63

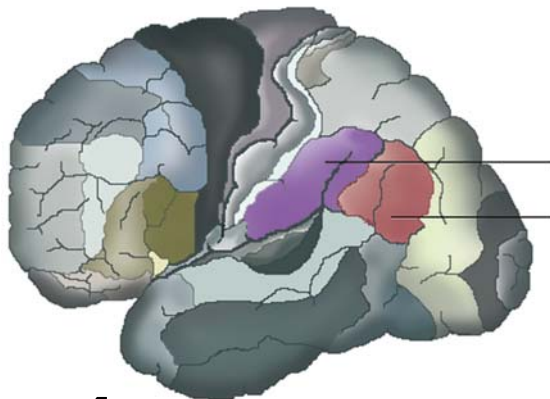
**e-mail:** redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

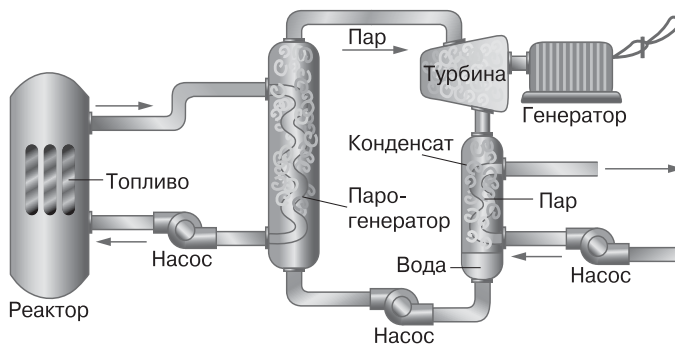
<http://www.hij.ru>;

<http://www.informnauka.ru>

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



**4** Есть ли в мозгу центр творчества?



Что можно сделать с отработавшим ядерным топливом.

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

**Н.В.Маркина**

ЗАГАДКИ И ПРОТИВОРЕЧИЯ ТВОРЧЕСКОГО МОЗГА ..... 4

**НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР**

**С.М.Комаров**

ЛАЗ ВО ВСЕЛЕННУЮ ..... 12

**ДИСКУССИЯ**

**А.Ю.Оленин**

ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА ЕГЭ ..... 18

**ИНФОРМНАУКА**

ВИНО ВИНУ РОЗНЬ ..... 21

ПОТОМУ ЧТО ОН РУССКИЙ ..... 21

**ТЕХНОЛОГИИ**

**А.С.Садовский, А.В.Товмаш**

ЭЛЕКТРОСПИННИНГ — ЭТО ЧТО-ТО НОВЕНЬКОЕ? ..... 22

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

**А.М.Чекмарев**

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ ..... 26

**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**

**А.Семенов**

РЕПОРТАЖ ИЗ-ПОД ВОДЫ ..... 34

**СОБЫТИЕ**

**А.И.Косарев**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФЕЙЕРВЕРК ..... 40

**ПАМЯТЬ**

**Е.В.Раменский**

ПАМЯТИ ЛЬВА ЛЬВОВИЧА КИСЕЛЕВА ..... 44

Это — морской ангел, а питается он морским чертом.



34

44

Салют во славу химического образования.

40



Повседневное мужество сродни подвигу — вот точное определение его бытия.

## В номере

12

### НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Всегда ли скорость света будет оставаться пределом для путешествий материальных тел? Может быть, и нет. Если мы научимся создавать «кротовые норы» ( нечто вроде любимых фантастами порталов), надувать пузыри Алькубьерре или строить трубы Красникова — перед человечеством откроются новые возможности и новые миры.

21,53

### ИНФОРМНАУКА

О генах спортивных достижений, о том, что думают про загадочных русских иностранные читатели Толстого и Достоевского, а также о пользе и вреде спиртного.

22

### ТЕХНОЛОГИИ

Электроспиннинг не имеет отношения к рыболовству, это способ изготовления нановолокон. А изобрели его задолго до начала моды на приставку «нано»: во время войны этим методом производили знаменитые фильтры Петрянова. Сегодня с его помощью делают материал каркасов искусственных органов.

48

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Еще в древности врачи знали, что некоторые недуги можно распознавать по запахам. В 1938 году профессор М.Д. Синайский, который руководил крупной терапевтической клиникой, описал типичные для разных болезней запахи. Например, запах большого хронической формой туберкулеза он сравнил с запахом прелого сена.

60

### РАДОСТИ ЖИЗНИ

Для древней каши годились зерна пшеницы, ячменя, гороха, чечевицы. Самая вкусная каша — рассыпуха. Ее готовили от двух до четырех часов в русской печи на «вольном духу», когда печь остывала после выпечки хлебов. И не в металлической кастрюльке, а в глиняном горшке или толстостенном чугуне.

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

**Б.П. Суринов**

ДЛЯ ЧЕГО НАМ НУЖНЫ ЗАПАХИ ..... 48

### ИНФОРМНАУКА

АЛКОГОЛЬНАЯ КОМА И ОТРАВЛЕНИЕ АММИАКОМ ..... 53

ГЕНЫ СПОРТИВНОЙ УСПЕШНОСТИ ..... 53

### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

**Л.Каховский**

ХАНС БЕТЕ: ЧЕРЕЗ АТОМНЫЕ ЯДРА — К ЗВЕЗДАМ ..... 54

### А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

**О.К. Шулюпин**

ВОЗМОЖНАЯ ЭКЗОБИОЛОГИЯ ..... 56

### РАДОСТИ ЖИЗНИ

**С.Ф. Коваль**

ХЛЕБ И ЕГО ПРЕДКИ ..... 60

### ФАНТАСТИКА

**Майк Гелприн**

МУДРСТВУЯ ЛУКАВО ..... 64

### НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

**Л.Викторова**

АВОКАДО ..... 68

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

**Е.Котина**

БИОХИМИЯ СВЯТОГО ВАЛЕНТИНА ..... 72

ИНФОРМАЦИЯ 11, 33, 38, 39, 43

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 17

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72

**Ч**то происходит в мозгу художника, создающего гениальное полотно? Или поэта, творящего бессмертные строки, которые будут трогать людские сердца через столетие? Как бы ни был загадочен и непостижим Божий дар, осеняющий гения, он водит его рукой посредством деятельности мозга. Иного не дано. Но творчество в той или иной степени присуще каждому человеку. Ребенок сочиняет небылицы, школьник трудится над сочинением, студент выполняет первое самостоятельное исследование — все это творческие процессы. Сегодня в любой работе приветствуется, а иногда и требуется креативность — это заимствованное из английского языка слово все чаще употребляется для обозначения творческих способностей.

Давая определение творчеству, разные специалисты в конечном счете приходят к одному и тому же. Под творчеством понимается способность порождать нечто новое, например необычные идеи, отклоняться в мышлении от стереотипов и традиционных схем, быстро разрешать проблемные ситуации. Безусловно, способность к творчеству, или креативность, — полезное для человека качество, поскольку именно оно позволяет ему адаптироваться в окружающем мире.

Первым, кто взялся за объективное исследование феномена творчества, был американский психолог Джон Гилфорд. В конце 50-х годов прошлого века он сформулировал несколько критериев креативности, которые поддаются оценке в психологических тестах. Основные критерии таковы: беглость — легкость генерирования идей, гибкость — легкость образования ассоциаций между отдаленными понятиями, и оригинальность — способность отойти от стереотипов. Благодаря работам Гилфорда, а затем Торренса стало возможным оценивать креативность количественно и статистически. Американский психолог Е.Торренс — автор наиболее широко применяющегося теста на определение креативности.

Считается, что в основе творчества лежит дивергентное мышление, то есть мышление, расходящееся по множеству путей. Дивергентное мышление включается тогда, когда одна проблема решается разными способами, каждый из которых может быть верным. По-видимому, именно множественность вариантов решений создает возможность нахождения оригинальных идей.

Рекс Юнг (Rex E. Jung), доцент отделения неврологии, психологии и нейрохирургии Университета в Нью-Мехико, подчеркивает основной признак творческого мышления: решение приходит в виде «озарения» (английское слово «инсайт» уже повсеместно употребляется без перевода). Эврика! ага! — эти слова передают состояние, возникающее при внезапной догадке, которая появляется в мозгу подобно вспышке.

Задача изучить мозговую организацию и мозговые механизмы творческого процесса кажется труднодостижимой. Вызывают сомнения возможность «поверить алгеброй гармонию» и вообще способность мозга познать самое себя. Но ученые пытаются подойти к этой непростой задаче. Оказалось, что даже для изучения столь тонкой материи существуют объективные психофизиологические методы.

## Загадки и противоречия творческого мозга





Кандидат биологических наук  
**Н.В.Маркина**



## Как изучают творческие способности

Одним из первых, а до недавнего времени основным методом изучения деятельности мозга служила электроэнцефалография – регистрация электрической активности мозга через электроды, наложенные на кожу головы. Ритмические колебания электрических потенциалов в порядке увеличения частоты подразделяются на несколько диапазонов: дельта (0,5–3,5 Гц), тета (4–7,5 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (13,5–30 Гц) и гамма (выше 30 Гц). Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) – это суммарная электрическая активность миллионов нейронов, каждый из которых разряжается, выполняя свою работу. То есть, говоря образно, это шум от миллионов работающих электрических генераторов. Но в зависимости от функционального состояния этот шум может меняться. Важные показатели ЭЭГ – мощности в различных диапазонах частот, или, что то же самое, локальная синхронизация. Это означает, что в данной точке мозга нейронные ансамбли начинают разряжаться синхронно. Пространственная синхронизация, или когерентность, в том или ином ритме показывает степень связанности и согласованности нейронных ансамблей различных отделов коры одного или разных полушарий. Когерентность может быть внутримушарной и межполушарной. Области наибольшей пространственной синхронизации выдающийся нейрофизиолог А.М.Иваницкий назвал фокусами максимального взаимодействия. Они указывают, какие зоны мозга в большей степени вовлечены в выполнение определенной деятельности.

Затем появились другие методы, позволяющие оценить работу различных областей мозга, исходя из изменения локального мозгового кровотока. Чем активнее нейроны мозга, тем больше им требуется энергетических ресурсов – прежде всего глюкозы и кислорода. Поэтому увеличение кровотока позволяет судить о повышении активности каких-то зон мозга в процессе той или иной деятельности.

Методом функциональной магнитно-резонансной томографии (fMRI – от англ. functional magnetic resonance imaging), который основан на явлении ядерного магнитного резонанса, можно изучать степень оксигенации крови в определенной области мозга. Сканер измеряет электромагнитный отклик ядер атомов водорода на возбуждение в постоянном магнитном поле высокой напряженности. Протекая через мозг, кровь отдает нервным клеткам кислород.

Поскольку связанный и не связанный с кислородом гемоглобин в магнитном поле ведет себя по-разному, можно судить, насколько интенсивно кровь отдает кислород нейронам в разных отделах мозга. Сегодня именно с помощью fMRI в мире проводится большинство исследований, связанных с организацией высших мозговых функций.

Локальный мозговой кровоток изучается и методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). С помощью ПЭТ регистрируются гамма-кванты, которые возникают при аннигиляции позитронов, образующихся при позитронном бета-распаде короткоживущего радиоизотопа. Перед исследованием в кровь пациента вводят воду, меченную радиоактивным изотопом кислорода O-15. ПЭТ-сканер отслеживает перемещение изотопа кислорода с кровью по мозгу и таким образом оценивает скорость локального мозгового кровотока в процессе той или иной деятельности.

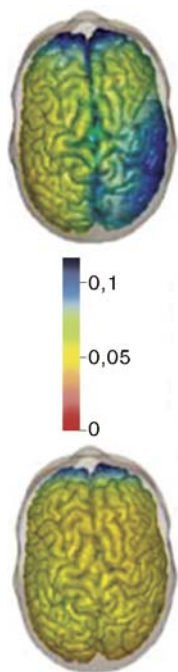
Творческий процесс – явление энергозатратное, и, исходя из этого, можно ожидать, что он сопровождается активацией коры головного мозга, особенно ее лобных долей, связанных с интегративными процессами (то есть со сбором и обработкой информации). Но уже результаты первых электрофизиологических исследований оказались противоречивыми: одни увидели повышение активности лобных долей коры во время решения творческой задачи, другие – снижение. То же – при оценке мозгового кровотока. Одни исследователи продемонстрировали вовлечение в процесс выполнения задания на беглость лобных долей обоих полушарий, а в других работах получился наоборот: активировалось лишь одно.

Но сложность проблемы не означает, что к ней нельзя подступиться. В конце 90-х годов в Институте мозга человека РАН под руководством Н.П.Бехтеревой начались работы по изучению мозговой организации творчества. Их отличала тщательная разработка эксперимента. На сегодня учениками и коллегами Натальи Петровны получены статистически достоверные и, главное, воспроизводимые данные.

На недавно прошедшем в Санкт-Петербурге IV Всемирном конгрессе по психофизиологии мозговым механизмам творчества был посвящен целый симпозиум. Ученые из разных стран представили различные методические подходы и разнообразные результаты.

## Альфа-ритм – покой или творчество?

У электрофизиологов нет однозначного представления о том, какие ритмы ЭЭГ прежде всего связаны с творческой деятельностью, например, как изменяется основной ритм мозга человека – альфа-ритм (8–13 Гц). Он доминирует в коре мозга человека в состоянии покоя с закрытыми глазами и характерен именно для этого состояния. Любые внешние стимулы приводят к десинхронизации – подавлению альфа-ритма. Казалось бы, творческие усилия мозга должны действовать на него так же. Но вот Андреас Финк (Институт психологии Университета Граца, Франция) представил результаты измерения показателей альфа-ритма при решении испытуемыми творческой задачи. Задача заключалась в изобретении необыч-



*У более креативных испытуемых (вверху) выше мощность альфа-ритма в правой затылочной области, чем у менее креативных испытуемых (внизу). Шкала отображает величину мощности альфа-ритма*

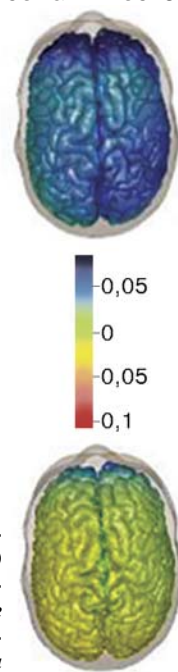
ного использования обычных предметов, а контрольное задание состояло в простой характеристике свойств предметов. Исследователь отмечает, что более оригинальные, по сравнению с менее оригинальными, идеи сопровождалась усилением альфа-ритма в лобных областях коры мозга. При этом в затылочных областях коры альфа-ритм, наоборот, ослаблялся. Придумывание альтернативного использования предмета вызывает значительно большие изменения альфа-ритма, чем характеристика его свойств.

Ученый предлагает объяснение, почему альфа-ритм усиливается при решении творческой задачи. Его усиление означает, что мозг отключается от обычных внешних раздражителей, идущих от окружающей среды и собственного тела, и сосредоточивается на внутренних процессах. Это состояние благоприятно для возникновения ассоциаций, развития воображения, генерации идей. А десинхронизация альфа-ритма в затылочных областях может отражать извлечение из памяти зрительных образов, нужных для решения задачи. А вообще, попытка точной локализации «зон креативности» привела ученого к выводу, что креативность не привязана к определенным частям мозга. Скорее, она сопровождается координацией и взаимодействием передних и задних областей коры.

Изменения альфа-ритма при решении творческих задач оценивались также в работе О.М.Разумниковой (Институт физиологии СО РАМН, Новосибирск). Оказалось, что более успешному решению соответствует увеличение исходной мощности альфа-ритма, отражающее подготовку мозга к работе. При самом выполнении творческого задания происходит, наоборот, десинхронизация альфа-ритма – его структура нарушается и сменяется более быстрой активностью.

В экспериментах М.Г.Старченко и С.Г.Данько в лаборатории Института мозга человека РАН под руководством Н.П.Бехтеревой испытуемые выполняли творческое задание и контрольное задание, которое состояло из аналогичной деятельности, но без творческих элементов. В самом трудном творческом задании ученые предлагали испытуемым придумать рассказ из набора слов, причем из разных семантических полей, не связанных между собой по смыслу. Например, из слов: начаться, стекло, хотеть, крыша, гора, молчать, книга, уходить, море, ночь, открыть, корова, бросить, заметить, исчезнуть, гриб. Контрольным заданием было придумывание рассказа из слов одного семантического поля, например: школа, понять, задача, учиться, урок, ответ, получать, писать, оценка, спрашивать, класс, отвечать, вопрос, решить, учитель, слушать. Третье задание заключалось в восстановлении связного текста из готовых слов. Четвертое – в запоминании и назывании слов на одну букву из предъявляемого набора слов. Не вдаваясь в подробности, можно сказать, что творческое задание, в отличие от контрольного, вызывало реакцию активации – десинхронизации альфа-ритма.

В других экспериментах в той же лаборатории невербальную, образную креативность исследовали в следующих тестах. Добровольцы получали два



*Творческая задача – придумывание альтернативного использования предметов (вверху) сопровождается большей мощностью альфа-ритма, чем контрольная задача – описание свойств предметов (внизу). Шкала отображает величину мощности альфа-ритма*



творческих задания: нарисовать любую картинку при помощи заданного набора геометрических фигур (круг, полукруг, треугольник и прямоугольник) или же оригинально нарисовать заданные объекты (лицо, дом, клоуна). В контрольных заданиях надо было нарисовать свою же картинку по памяти и просто геометрические фигуры. Результаты, полученные Ж.В.Нагорновой, свидетельствуют: образное творческое задание по сравнению с нетворческим уменьшало мощность альфа-ритма в височных зонах.

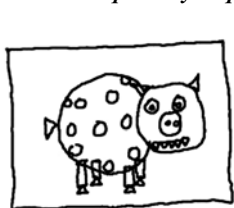
А по данным, представленным доктором биологических наук О.М.Базановой (Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАН, Новосибирск), креативное мышление сопровождается увеличением мощности альфа-ритма и синхронизацией в альфа-1-диапазоне (8–10 Гц) в правом полушарии. Она изучила, можно ли использовать индивидуальные альфа-индексы как показатель невербальной креативности в тесте Торренса: дорисовать незаконченный рисунок. Выяснилось, что индивидуальная средняя частота альфа-ритма была связана с беглостью, вариации амплитуды альфа-ритма соотносились с гибкостью, а с оригинальностью индивидуальная частота оказалась связана противоположным образом в группе высоко- и низкочастотных испытуемых. Поэтому, заключает автор, эти две группы используют разные стратегии при решении задачи на невербальную креативность.

## Быстрый мозг – творческий мозг?

Наибольшее число результатов указывает на связь с творческой деятельностью быстрой электрической активностью коры мозга. Имеются в виду бета-, особенно бета-2-ритм (18–30 Гц) и гамма-ритм (более 30 Гц). С тестом на вербальную креативность – испытуемые придумывали окончания к общеизвестным пословицам и поговоркам – работала Н.В.Шемякина. И в ее экспериментах творческая задача сопровождалась изменением мощности высокочастотного гамма-ритма. Задача на образное творчество, по данным Ж.В.Нагорновой, повышала мощность бета-2- и гамма-активности в височных долях.

Сходные результаты были получены в экспериментах кандидата технических наук С.Г.Данько. Он показал, что творческое мышление не всегда связано со сложностью мышления. Творческое задание заключалось в том, чтобы придумать свое собственное окончание к известной пословице (например, «Лучше поздно, чем...») так, чтобы ее смысл полностью изменился. В контрольном задании нужно было вспомнить существующее окончание. Давалось и усложненное контрольное задание, в котором текст пословицы был написан в виде анаграмм (слов с переставленными буквами). Результаты регистрации ЭЭГ подтвердили

### Тест на невербальную креативность:



создание своей собственной картинки



изображение картинки по памяти



изображение заданных предметов



рисование геометрических фигур



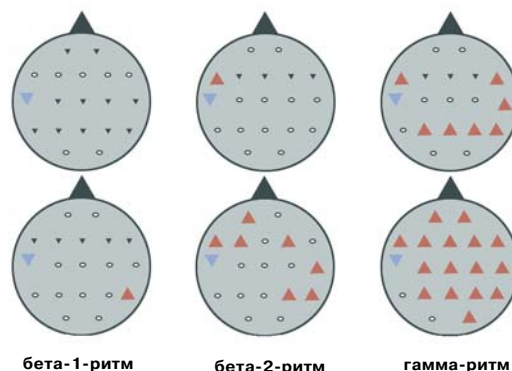
гипотезу, что креативность и сложность задачи проявляются по-разному. Показатель креативного мышления – увеличение мощности гамма-ритма – наблюдался при появлении в задаче творческого элемента, но не наблюдался тогда, когда задача становилась более сложной.

## Помощь соседа не нужна

Насколько удаленные друг от друга области мозга могут вовлекаться в совместную творческую деятельность, можно судить, анализируя пространственную синхронизацию нейронных ансамблей в диапазоне разных ритмов.

В опытах М.Г.Старченко в творческом задании – составлении рассказа из слов разных семантических полей – усиливалась пространственная синхронизация в передних областях коры внутри каждого полушария и между полушариями. А вот синхронизация передних областей с задними, наоборот, ослаблялась.

В задаче на невербальную креативность (эксперименты Ж.В.Нагорновой) пространственная синхронизация в творческом задании изменялась по всем ритмам ЭЭГ. В медленных и средних диапазонах внутрислошарная и межполушарная синхронизация увеличивались. Возможно, это отражает функциональное состояние мозга, на фоне которого происходит творческая работа. Взаимодействие лобных и затылочных областей в медленном дельта-ритме, говорят исследователи, может отражать процесс извлечения из памяти образной зрительной информации. В наибольшей степени образная память вовлекалась в создание собственной картинки. А усиление пространственной синхронизации в диапазоне тета-ритма может быть связано с эмоциональными реакциями во время выполнения творческих заданий. В быстрых бета- и гамма-ритмах внутрислошарная синхронизация усиливается, а межполушарная ослабляется. Это может указывать на менее взаимосвязанную работу полушарий в процессе невербального творчества, более независимую обработку образной информации. Возможно, гово-



бета-1-ритм

бета-2-ритм

гамма-ритм

*Увеличение (красным) и снижение (синим) мощности ритмов при решении креативной задачи по сравнению с некреативной. Вверху: изображение своей собственной картинки Внизу: изображение заданных предметов*

рят специалисты, межполушарная синхронизация в лобных долях снижается при поиске отдаленных образных ассоциаций, создании идеи рисунка. Не исключено, что лобные доли могут оказывать тормозное влияние на процесс невербального творчества. А тот факт, что наибольшее число связей возникает в левом полушарии, можно связать со спецификой рисунка при помощи геометрических фигур.

В работе Д.В.Захарченко и Н.Е.Свидерской (Институт высшей нервной деятельности РАН) оценивали ЭЭГ-показатели эффективности выполнения теста Торренса – дорисовать незаконченный рисунок. Оказалось, что высокие показатели гибкости и оригинальности связаны с уменьшением степени пространственной синхронизации. Чем лучше выполняется креативный тест, тем сильнее эти процессы выражены. Этому неочевидному результату дается такое объяснение: мозгу нужно свести к минимуму внешние воздействия, в том числе и от других частей мозга, чтобы сосредоточиться на решении творческой задачи.

Выходит, что нейронам в разных частях мозга не всегда нужно объединяться для решения творческой задачи. На первых этапах синхронизация работы в более медленном ритме помогает мозгу прийти в нужное функциональное состояние. Но при самом творческом процессе от каких-то связей надо избавляться, чтобы не отвлекаться на внешние воздействия и избежать излишнего контроля со стороны других частей мозга. Нейроны, занятые творческой задачей, как бы говорят: «Не мешайте, дайте сосредоточиться».

## Зоны творчества – миф или реальность?

Первую информацию о локализации творческих способностей в мозгу исследователи получили не в эксперименте, а в клинике. Наблюдения за больными с разными мозговыми повреждениями показали, какие зоны коры играют роль в изобразительном творчестве. Так, теменно-затылочные отделы левого полушария отвечают за зрительное представление предмета. Другие зоны связывают это представление со словесным описанием. Поэтому при повреждении, например, задних отделов левой височной коры человек может срисовать картинку, но не способен нарисовать ее по инструкции. Лобные доли отвечают за мышление (извлечение смыслового содержания картинки) и составление программы действий рисунка.

Вот как описала состояние проблемы картирования высших функций мозга академик Н.П.Бехтерева: «Исследование мозговой организации различных видов психической деятельности и состояний привело к накоплению матери-

ала, свидетельствующего, что физиологические корреляты разных видов психической активности могут быть обнаружены почти в каждой точке мозга. С середины XX века не утихают споры об эквипотенциальности мозга и локализационизме – представлений о мозге как о лоскутном одеяле, сотканном из самых различных центров, в том числе и самых высших функций. Сегодня ясно, что истина посередине, и принят третий, системный подход: высшие функции мозга обеспечиваются структурно-функциональной организацией с жесткими и гибкими звеньями».

Больше всего информации о пространственной организации творческой деятельности в мозгу в Институте мозга человека получено методом ПЭТ. В экспериментах М.Г.Старченко и др. (Н.П.Бехтерева, С.В.Пахомов, С.В.Медведев), когда испытуемым предлагали составить рассказ из слов (см. выше), исследовалась локальная скорость мозгового кровотока. Чтобы сделать заключение о вовлечении тех или иных зон мозга в творческий процесс, ученые сравнивали ПЭТ-изображения, полученные при выполнении творческих и контрольных заданий. Разница в изображении свидетельствовала о вкладе областей коры в творчество.

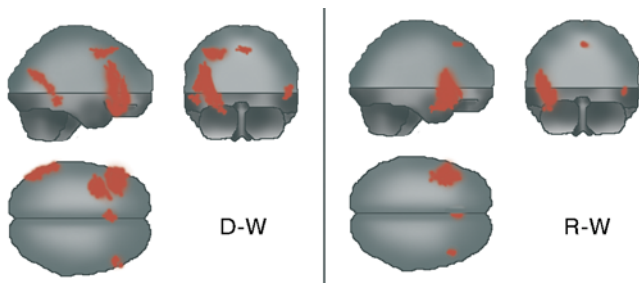
Полученные результаты привели авторов к заключению, что «творческая деятельность обеспечивается системой из большого числа распределенных в пространстве звеньев, причем каждое звено играет особую роль и демонстрирует определенный характер активации». Тем не менее они выделили зоны, которые, по-видимому, вовлечены в творческую деятельность более других. Это префронтальная кора (часть лобной коры) обоих полушарий. Исследователи считают, что эта область связана с поиском нужных ассоциаций, извлечением смысловой информации из памяти, удержанием внимания. Сочетание этих форм активности, вероятно, приводит к рождению новой идеи. Безусловно, в творчестве участвует лобная кора, и метод ПЭТ продемонстрировал активацию лобных долей коры обоих полушарий. По данным предыдущих исследований, в лобной коре расположен центр семантики, правую лобную долю считают ответственной за умение формулировать концепцию. А в процесс селекции информации, как считают, вовлечена передняя часть поясной извилины.

Обобщая данные разных экспериментов, Н.П.Бехтерева называет несколько зон коры мозга, в большей степени вовлеченных в творческий процесс. Чтобы ориентироваться в топографии коры больших полушарий, употребляют нумерацию полей, выделенных немецким анатомом Корбиньяном Бродманом (всего выделяют 53 поля Бродмана – ПБ). Данные ПЭТ иллюстрируют связь с творческим компонентом заданий средневисочной извилины (ПБ 39). Возможно, эта зона обеспечивает гибкость мышления и подключение фантазии и воображения. Также обнаружилась связь с творческим процессом левой надкраевой извилины (ПБ 40) и поясной извилины (ПБ 32). Полагают, что ПБ 40 в максимальной степени обеспечивает гибкость мышления, а ПБ 32 – селекцию информации.

А вот какие данные приводит Рекс Юнг, доцент отделения неврологии, психологии и нейрохирургии Университета в Нью-Мехико. В экспериментах он использовал тесты на придумывание множественного использования предметов и на сложные ассоциации. Результаты выявили три анатомических региона, имеющих отношение к творчеству: это височная доля, цингулярная извилина и переднее мозолистое тело. У более креативных испытуемых обнаружено увеличение толщины передних височных долей.

## Правое и левое

Представления о том, какое полушарие мозга важнее для творчества, весьма различаются. Традиционно многие

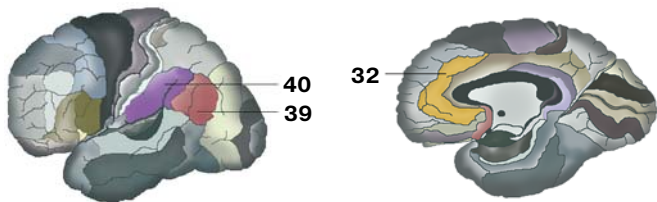


*Статистически достоверные различия локального мозгового кровотока в сопоставлениях кровотока при выполнении испытуемыми вербальных тестов с различной креативной нагрузкой: D-W – разница в мозговом кровотоке при выполнении творческого задания по сравнению с нетворческим. R-W – разница в мозговом кровотоке при выполнении более трудного нетворческого задания по сравнению с более легким нетворческим заданием*



специалисты разделяют мнение о большей вовлеченности в творческий процесс правого полушария. Этому есть вполне логичное объяснение, поскольку правое полушарие больше связано с конкретным, образным мышлением. Такое представление подтверждается и экспериментальными доказательствами. В большинстве полученных результатов при творческом мышлении правое полушарие активировано в большей степени, чем левое.

Некоторую информацию о мозговой симметрии или асимметрии творческой деятельности ученые получили из клинических случаев. Хотя эти результаты неоднозначны. Описаны случаи, когда при иссечении мозолистого тела (структуры, которая обеспечивает связь между полушариями) по медицинским показаниям у пациентов падала способность к творческой деятельности. С другой стороны, есть примеры, когда угнетение работы левого полушария высвобождало художественную творческую активность пациентов, их рисунки становились более оригинальными и выразительными. А при угнетении правого полушария у тех же больных резко снижалась самобытность художественного творчества. Это подтверждает представление о том, что контролирующее левое полушарие сдерживает творческий потенциал правого.



*Поля больших полушарий (по классификации Бродмана). Поля 32, 39, 40 – наиболее вероятно имеющие отношение к творчеству*

В этом ракурсе можно рассматривать творческие возможности пациентов, страдающих шизофренией, в мозгу которых ослаблены межполушарные связи. По всей видимости, душевная болезнь, перенося людей в особую экзистенциальность, снимает какие-то ограничения и высвобождает бессознательное, которое может выражаться во всплеске творческой активности. Однако современные специалисты не склонны преувеличивать значение шизофрении в творчестве. Действительно, среди гениальных художников, музыкантов многие страдали душевными заболеваниями, например Ван Гог, Эдвард Мунк, но среди пациентов психиатрических клиник по-настоящему одаренные люди все же встречаются нечасто.

С вербальным творчеством дело обстоит, по-видимому, еще сложнее. Сотрудники лаборатории Н.П.Бехтерева отмечали активацию как правой, так и левой лобной доли при выполнении трудного творческого задания на составление рассказа из слов (см. выше). Таким образом, сложное вербальное творчество требует участия обоих полушарий.

Андреас Финк по результатам своего исследования отмечает, что у более креативных индивидов при выполнении вербальной творческой задачи большие изменения в альфа-диапазоне происходили в правом полушарии. У менее креативных таких различий не было.

## **Креативность, интеллект и личность**

Проблему соотношения творческих способностей с уровнем интеллекта и психологическими особенностями личности исследовала О.М.Разумникова (Институт физиологии СО РАМН, Новосибирск). Она подчеркивает, что креативность – это комплексное явление, которое опреде-

ляется многими психологическими чертами, такими, как нейротизм, экстравертность, поиск новизны. Прежде всего интересно было посмотреть, насколько степень творческих способностей связана с IQ – показателем интеллекта. В процессе творческого мышления существующие знания и образы должны быть извлечены из долговременной памяти, чтобы послужить сырьем для новых идей. Ширина этих знаний и скорость отбора информации (что измеряет IQ) повышают возможность генерации необычных идей благодаря глубине проникновения в суть и использованию понятий из разных семантических категорий. Стратегия поиска идей на основе селекции информации определяется взаимодействием разных зон коры мозга.

Особенности личности с точки зрения психофизиологии зависят от специфических корково-подкорковых взаимодействий. Это связи «ретикулярная формация – таламус – кора», которые обеспечивают активацию мозга, – характер этих связей во многом определяет степень экстра-интровертности. Взаимодействия коры и лимбической системы отвечают за эмоциональные реакции и определяют степень нейротизма.

Целью работы была проверка гипотезы о влиянии интеллекта и психологических особенностей на ЭЭГ-показатели творческой деятельности. Среди испытуемых по результатам выполнения творческой задачи была выделена группа креативных и некреативных. Но и в той, и в другой группе оказались индивиды как с высоким, так и с невысоким IQ, как высоко-, так и низконеуротичные, как экстраверты, так и интроверты. Соотношения между креативностью, интеллектом и типом личности были неоднозначными.

Испытуемые с высокими интеллектом и креативностью продемонстрировали усиление пространственной синхронизации между лобными и височно-теменно-затылочными областями в бета-2-диапазоне. По-видимому, это помогает им успешно извлекать из памяти информацию и использовать ее для выработки оригинальных идей в процессе дивергентного мышления. У испытуемых с низким интеллектом и высокой креативностью не отмечалось такой картины. Возможно, их творческие способности реализуются по другому механизму.

Вообще, креативные индивиды характеризуются большим разнообразием степени интеллекта и психологических черт, что, по мнению авторов, указывает на гибкость этой стратегии мышления.

## **Творчество эмоционально**

Во многих исследованиях было показано, что выполнение творческих заданий вызывает более сильные эмоции, чем выполнение контрольных заданий. Это подтверждено как словесными отзывами самих испытуемых, так и регистрацией физиологических показателей.

Жан Вессель (Jan R. Wessel) из Института неврологических исследований Общества Макса Планка описывает результат регистрации электромиограммы лицевых мышц у испытуемых, которые решили задачу творческим путем, в сравнении с теми, кто решил ее обычным путем – пере-



бором вариантов. У творческих испытуемых в момент, предшествующий «озарению» (инсайту), лицевые мышцы выдают сильную эмоциональную реакцию. Она возникает еще до осознания решения и гораздо сильнее, чем у решивших задачу обычным путем.

Неудивительно, что позитивные эмоции стимулируют творчество: они повышают беглость мышления, ускоряют извлечение информации из памяти и ее отбор, облегчают возникновение ассоциаций, то есть способствуют гибкости мышления.

Влияние положительных и отрицательных эмоций на ЭЭГ-показатели творческого мышления изучали Н.В.Шемякина и С.Г.Данько. Испытуемым надо было придумать оригинальные определения к эмоционально нейтральным, эмоционально положительным либо отрицательным словам из другого семантического поля. В эмоционально нейтральных творческих заданиях они получили уменьшение пространственной синхронизации в высокочастотном бета-2-диапазоне. Авторы рассматривают это как свидетельство рассредоточения внимания при творческом мышлении. Но при положительных эмоциях картина менялась и пространственная синхронизация ЭЭГ в высоких частотах усиливалась.

## Креативность и детектор ошибок

Еще один интересный аспект изучения творческого мышления – его взаимодействия с детектором ошибок, механизм которого обнаружен Н.П.Бехтеревой еще в 60-х годах прошлого века. По всей видимости, в разных отделах мозга существуют группы нейронов, реагирующие на несоответствие события, действия определенному шаблону, матрице. «Вы выходите из дома и чувствуете, что что-то происходит не так – это мозговой детектор ошибок обнаружил, что вы нарушили стереотипность действий и не выключили свет в квартире», — объясняет член-корреспондент РАН, директор Института мозга человека РАН С.В.Медведев. Детектор ошибок рассматривается как один из управляющих механизмов мозга. Как он связан с творчеством?

Гипотеза Н.П.Бехтеревой, которую развивают ее ученики, состоит в следующем. В здоровом мозгу детектор ошибок оберегает человека от раздумий в стереотипных, тривиальных ситуациях, в ходе обычной жизни. При любом обучении в мозгу формируются наряду с позитивом необходимые ограничения, они реализуются именно с помощью детектора ошибок. Но иногда его контролирующая работа может становиться чрезмерной. Детектор ошибок препятствует выходу в новизну, прорыву через догмы и законы, преодолению стереотипов, то есть сковывает творческое мышление. Ведь один из основных элементов творчества – отход от стереотипов.

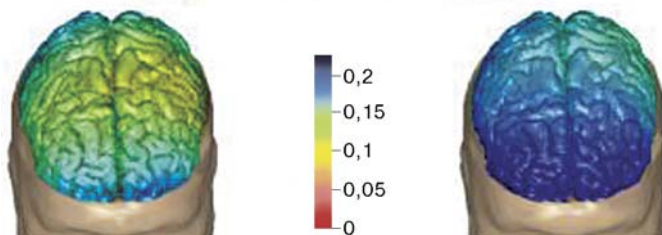
Работу детектора ошибок можно подавить разными способами, в том числе алкоголем или наркотиками. Не случайно многие творческие люди прибегали и прибегают к этим способам растормаживания своего мозга. Но может быть и другой способ. «В мозгу творца, — объясняет Н.П.Бехтерева, — происходит перестройка, и детектор

ошибок начинает не подавлять его, а помогать — оберегать от тривиальности, от «изобретения велосипеда». Так творчество не только преобразует мир, но и преобразует мозг человека».

## Творческие способности можно развивать

Не все люди одинаково талантливы, это заложено в генах. Одаренным можно позавидовать, но – и это хорошая новость – можно развивать и тренировать собственную креативность. Так считает Андреас Финк. Для этого подходят позитивная мотивация, использование специальных техник типа «мозгового штурма», упражнения на релаксацию и медитацию, юмор и положительные эмоции и, наконец, помещение человека в ситуации, стимулирующие творческое мышление.

Группу испытуемых тренировали в течение двух недель, предлагая им решать творческие задачи. В частности, они должны были придумывать имена, названия, слоганы и т.п. С течением времени они все лучше и лучше справлялись с задачами, причем, поскольку задачи каждый раз были новыми, очевидно, что это результат не обучения, а развития творческих способностей. Происходили и объективные изменения: по мере тренировки креативности у испытуемых усиливался альфа-ритм в лобных долях мозга.



*Увеличение мощности альфа-ритма в мозгу после тренировки креативности.*

*Контрольная группа – слева, опытная группа – справа*

Мы попытались очень поверхностно обрисовать нынешнее состояние проблемы психофизиологии творчества. Получилось непросто и местами противоречиво. Это только начало пути. Очевидно, постепенно, по мере накопления знаний о мозге, наступит этап обобщения и картина мозговой организации творчества станет более ясной. Однако дело не только в сложности предмета исследования, но и в его природе. «Не исключено, — пишет Н.П.Бехтерева, — что никакие высокие технологии сегодняшнего и завтрашнего дня не спасут от некоторого разнообразия в результатах в связи с индивидуальными вариациями стратегии и тактики мозга в «свободном полете» творчества».

Автор выражает благодарность директору Института мозга человека РАН члену-корреспонденту РАН С.В.Медведеву за всестороннее содействие, кандидату психологических наук М.Г.Старченко, кандидатам биологических наук Н.В.Шемякиной и Ж.В.Нагорновой – за помощь и предоставление материалов.

# НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТИЦ



**BECKMAN  
COULTER®**

## Серия **Delsa™ Nano**



Анализаторы  
субмикронных  
частиц и  
Z-потенциала

- Метод фотонно-корреляционной спектроскопии
- Измерение размеров и дзета-потенциала частиц в жидкой суспензии
- Измерение дзета-потенциала твердой поверхности
- Диапазон измерений: размер частиц 0,6 нм - 7 мкм; дзета-потенциала  $\pm 150$  мВ

## Multisizer™ 4



Анализатор  
количества  
и размера  
частиц

- Метод регистрации электрических импульсов, возникающих при прохождении клеток через апертуру (принцип Культера)
- Подсчет частиц
- Анализ распределения частиц по размерам
- Возможность динамического измерения размера частиц
- Диапазон измерений: 0,4 - 1 600 мкм

## Серия **LS™ 13 320**

Анализаторы  
размера  
частиц



- Метод лазерной дифракции в сочетании с запатентованной технологией PIDS
- Определение размера частиц в субмикронном диапазоне
  - Работа с сухими и жидкими образцами
  - Диапазон измерений: 0,04 - 2 000 мкм
  - Наличие дополнительных модулей

Идеальные  
решения и  
совершенство технологий

Представительство компании BECKMAN COULTER Int. S.A. в России  
123056, Москва, ул. Ю. Фучика, д.6, стр. 2  
Тел. (495) 937-16-63, 937-16-64, факс (495) 254-64-07  
E-mail: [beckman.ru@beckmancoulter.com](mailto:beckman.ru@beckmancoulter.com)  
[www.beckmancoulter.com](http://www.beckmancoulter.com)



# Лаз во Вселенную



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

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

*От того, что человек вышел в околоземный космос, звезды не стали ближе. Их разделяют чудовищные расстояния, по сравнению которыми даже свет летит медленно, а теория относительности, положившая скорость света пределом для путешествий материальных тел, казалось бы, не оставляет никакой надежды.*

*Однако человеческое любопытство ничто не может остановить. Физики и так и эдак присматривались к уравнениям, описывающим Вселенную, и потихоньку у них начало складываться представление о том, что есть-таки обходной путь, которым можно быстро пробраться к далеким звездам. Самые свежие соображения высказали Ричард Обуса и Джеральд Кливер из техасского университета Бейлора в статье, которую в феврале 2008 года опубликовал журнал Британского межпланетного общества. Рассказ об этом направлении исследований комментирует кандидат физико-математических наук из Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН С.В.Красников, ведущий отечественный специалист по проблеме. В частности, он рассмотрел один из возможных объектов для сверхсветовых путешествий, который теперь называют «трубой Красникова» (см. «Physical Review D», 1998, т. 57, № 8) — речь о ней пойдет ниже. Ему же принадлежит предложение называть весь класс объектов для быстрых путешествий словом «лаз», что соответствует английскому слову «shortcut».*

## Нора в пространстве

Типичным примером лаза служит кротовая нора. Этот объект соединяет между собой две области пространства, фактически сложенных, как согнутый пополам листок бумаги. Прodelав дырку в обеих его половинках и вклеив в нее трубочку из свернутого в цилиндр пространства, по этой трубочке можно быстро перебраться с одного края листа на другой. Считается, что подобные объекты возникали при рождении Вселенной, когда пространство было очень сильно локально искривлено. Не исключено, что некоторые норы сохранились до наших дней. Обнаружив нору, можно попытаться в нее нырнуть (хотя бы теоретически) и вынырнуть с другой стороны в совсем другом месте Вселенной. У фантастов это называется порталом, и за обнаружение одного ставят памятник. Правда, чаще всего никто не знает, куда портал приведет и как найти дорогу назад. Более того, неясен ответ не только на вопрос «куда?», но и «когда?» — если одна горловина норы движется, то склеиваемые ею точки пространства могут приобрести разные значения времени. В этом случае получается машина времени.

О создании кротовых нор и их использовании в качестве машины времени рассуждали многие физики. Одну из первых статей на эту тему в 1998 году в «Physical Review Letters» опубликовали Майкл Моррис, Кип Торн и Улви Юртсевер из Калифорнийского технологического института. Вот как они рассуждают о возможном способе создания кротовых нор. Предположим, что есть очень развитая цивилизация. Обладая не сравнимыми с нашими техническими возможностями, она могла бы использовать то обстоятельство, что в вакууме на уровне планковских размеров, то есть порядка  $10^{-35}$  м, кипит своеобразная квантовая пена, где постоянно появляются все возможные топологические конфигурации пространства. Если в этой пене найти фрагмент, строение которого соответствует кротовине, и вырастить его до макроскопических размеров, то есть растянуть соответствующую

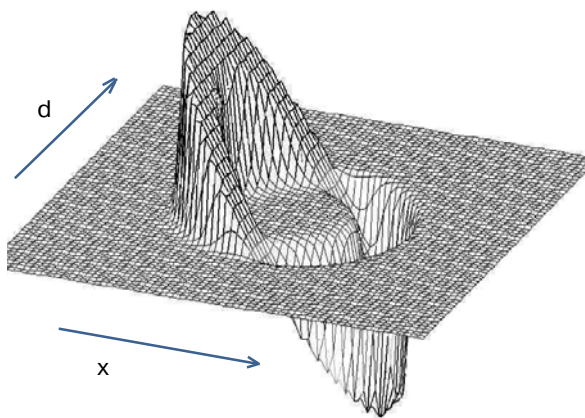
область пространства-времени на 35 порядков, то задача будет решена. Вопрос о том, как это делать, впрочем, не обсуждается

В соответствии с теоремой о свойствах решений уравнений Эйнштейна (ее именуют «топологическая цензура»), для того, чтобы кротовую нору можно было пересечь, в определенном ее сечении должна находиться так называемая экзотическая материя. Ее главное свойство — отрицательная плотность энергии, она же способность расталкивать пространство, а не сжимать его, как это свойственно обычной материи. Из-за этого экзотическая материя обладает удивительным свойством — ее гравитационная (то есть проявляющаяся в законе тяготения) масса отрицательна. После того как в конце XX века было показано, что во всей Вселенной действует расталкивающая сила, которую называли «темная энергия», «космологический член», «лямбда-член», надежды на существование кротовин несколько усилились.

## Рассуждение о пузыре

Альтернативой кротовой норе служит «пузырь Алькубьерре». Его предложил Мигель Алькубьерре, работавший в то время в Университете Уэльса. Примечательно, что в его статье, которая была опубликована в 1994 году в журнале «Classical and Quantum Gravity» и без упоминания которой не обходится ни одна статья о перемещениях со сверхсветовыми скоростями, есть только четыре ссылки, и те на классические статьи по теории относительности и строению пространства-времени. То есть Алькубьерре фактически стал основателем исследований движения со сверхсветовой скоростью, и именно ему, если идея окажется воплощенной (на что надежды, правда, почти нет), благодарные потомки должны будут ставить памятник. Вот как он рассуждает:

«Представим себе, что речь идет об инфляционной стадии Вселенной (она приходится на первые несколько миллионов лет после Большого Взрыва, когда расшире-



**Метрика Алькубьерре.** На этой картинке деформация пространства выражена в необычных координатах:  $x$  — это направление движения пузыря, а  $d$  — корень из суммы квадратов двух других координат.

**В общем-то, по-другому на листе бумаги и не изобразишь трехмерную функцию**

ние шло с ускорением. — Примеч. ред.), и рассмотрим относительные скорости удаления двух наблюдателей друг от друга. Очевидно, что если мы просто подсчитаем изменение разделяющего их расстояния за некий промежуток времени, то получим значение гораздо больше скорости света. Однако это не значит, что наблюдатели будут путешествовать со сверхсветовой скоростью: каждый из них движется внутри своего светового конуса. Огромная скорость удаления будет лишь следствием быстрого расширения пространства-времени. Кстати, это хороший пример того, как интуиция, основанная на специальной теории относительности, может приводить к заблуждениям, когда рассматривают динамическое пространство-время». Однако об этом эффекте мы упоминали в связи с картой Вселенной (см. «Химию и жизнь», 2006, № 8) — сейчас радиус сферы, которая удаляется от нас со сверхсветовой скоростью, то есть отправленный с Земли сигнал ее никогда не достигнет, насчитывает 4,74 гигапарсеков, при том, что современный радиус Вселенной оценивают в 13,7 гигапарсеков.

Из рассуждения Алькубьерре следует, что, обладая возможностью по своему желанию расширять или сжимать пространство-время, человек может соответственно удаляться или приближаться к выбранному объекту с какой угодно скоростью.

Чтобы поверить алгеброй гармонию своих рассуждений, Алькубьерре применил излюбленный прием специалистов по теории относительности, а именно придумал пространство с особой метрикой. Этим словом физики определяют следующее понятие. Представим себе, что у нас есть поверхность, на которую нанесена сетка координат. Возьмем две точки на ней и попытаемся ответить на вопрос: каково расстояние между ними? Правило, которое позволяет определить ответ, а также задать уравнение движения по любой кривой, и есть метрика. В обыденной жизни мы пользуемся метрикой Евклида — расстояние есть корень из суммы квадратов разностей координат, которые отсчитывают вдоль трех взаимно перпендикулярных осей.

Характерная черта метрики Алькубьерре — наличие пузыря. Посредине плоского пространства есть область, вокруг которой пространство деформировано. Причем с точки зрения наблюдателя, расположенного внутри этого пузыря, спереди по направлению движения пространство в тонком слое сильно сжато, а сзади — наоборот, сильно расширено. Анализ закона движения в простран-

стве с такой метрикой показывает, что пузырь будет двигаться с какой угодно скоростью, причем скорость эта прямо пропорциональна толщине стенки пузыря и степени деформации пространства в ней. При этом появляется возможность совершенно невиданного в механике дела — безопорного движения: двигатель на деформированном пространстве перемещается сам по себе, не расходуя рабочее тело и ни от чего не отталкиваясь.

Замечательное свойство всей этой конструкции состоит в том, что космический корабль, помещенный внутри пузыря, не испытывает никаких нагрузок, хотя по ее границам действуют чудовищные приливные силы, способные разорвать любой материальный объект. Время внутри пузыря течет так же, как и снаружи, у стороннего наблюдателя. Более того, в каждой точке корабля, коль скоро он находится внутри пузыря и не соприкасается с его границами, время будет течь одинаково, то есть экипаж избежит тех приключений, которые выпали Йону Тихому, попавшему по воле Станислава Лема в зону темпоральных вихрей. В общем, путешественник на этом корабле имеет все шансы слетать к далекой звезде и вернуться обратно за сколь угодно короткое время, если ему позволят энергетические ресурсы, речь о которых пойдет дальше.

«На самом деле это не совсем так, — рассказывает С.В.Красников. — Одна из главных проблем пузыря Алькубьерре состоит в том, что, когда решено послать его помощью экспедицию, скажем, к альфе Центавра, его, строго говоря, строить уже поздно. Более того, сам корабль не может создавать вокруг себя пузырь: он должен быть создан заранее. Проблема вот в чем. Посмотрите на передний край пузыря. Он сжимает пространство, то есть в этой стенке расположена экзотическая материя с отрицательной плотностью энергии. Если пузырь полетит со сверхсветовой скоростью, то окажется, что расположенная на его границе материя тоже движется со сверхсветовой скоростью. Это не то чтобы запрещено, но равносильно использованию тахионов — частиц, летящих со сверхсветовой скоростью. Однако сама возможность их существования не доказана, а если окажется, что такие частицы существуют, то и пузырь строить не понадобится. Значит, экзотическая материя, пригодная для создания пузыря, должна быть заранее распределена по всему пути следования корабля. Поэтому пузырь Алькубьерре, если его удастся создать, подойдет лишь для быстрых перемещений по уже созданным трассам. А создавать их придется с помощью обычного медленного транспорта».

Модификация пузыря Алькубьерре — пузырь Жозе Натарио из португальского Высшего технического института (см. «Classical and Quantum Gravity», 2002, т. 19). Этот пузырь не создает впереди и позади себя области сильного сжатия и растяжения. Вся деформация сконцентрирована внутри пузыря и организована таким образом, что растяжение в одних направлениях компенсируется сжатием в других. Он решает некоторые проблемы пузыря Алькубьерре, однако и в пузыре Натарио тоже должна быть экзотическая материя.

Альтернативой служит труба Красникова. В ней предложена другая хитрая метрика, и благодаря ей корабль может создавать трубу по мере движения. А воспользуется он ею для движения со сверхсветовой скоростью на обратном пути. В результате полет выглядит следующим образом. Возьмем за цель опять-таки альфу Центавра. Двигаясь с субсветовой скоростью, корабль будет лететь до нее три с лишним тысячи лет по земным часам. Из-за лоренцовского сокращения времени, од-



нако, на корабле пройдет лишь несколько дней. Затем, воспользовавшись созданной во время полета трубой, корабль полетит назад не только в пространстве, но и во времени и вернется примерно через год после старта. При этом не возникает никаких нарушений причинности, не образуются никакие контраматы, корабль нигде не встречается сам с собой. В общем, никаких пельти времени, что не может не радовать.

## Отрицательная энергия

Необходимость использовать экзотическую материю — один из серьезных недостатков пузыря Алькубьерре и Натарио. Расчет показывает, что ее количество весьма велико: для создания движущегося со скоростью света пузыря первого типа, способного вместить метровый объект, масса такой материи должна составлять порядка  $-10^{62}$  килограмм, что превышает (если брать это значение по модулю) массу Вселенной.

Однако анализ, который провели португалец Франсиско Лобо из Лиссабонского университета и новозеландец Мэтт Виссер из Веллингтонского университета Виктории в своей статье, опубликованной в журнале «Classical and Quantum Gravity» за 2004 год, показал, что оба пузыря обладают отрицательной энергией, причем независимо от скорости движения. Иначе говоря, причина в самой по себе процедуре деформации пространства. Впрочем, при малых скоростях есть шанс эту энергию компенсировать. Для этого надо вспомнить, что у космического корабля есть масса. И у Алькубьерра, и у Натарио корабль внутри пузыря, строго говоря, отсутствует. Причина понятна: он усложнил бы задачу, а цель ученых состояла в том, чтобы рассказать о принципиальной возможности двигаться с какой угодно скоростью, не особенно задумываясь о деталях и механизмах такого движения.

Лобо и Виссер рассчитали пузырь с кораблем для малых скоростей, когда можно в соответствующих уравнениях пренебречь подавляющим большинством членов. Главный физический смысл полученного результата состоит в том, что, как было предложено еще Эйнштейном сто лет тому назад, масса сжимает пространство-время. Вполне естественно, что помещение массивного корабля в растянутое пространство компенсирует это растяжение и, с точки зрения стороннего наблюдателя, деформация внутри пузыря может оказаться равной нулю. Правда, для выполнения этого условия изначальное растяжение внутри пузыря должно быть совсем небольшим. А поскольку, как было сказано выше, скорость движения прямо пропорциональна этой деформации, двигаться такой пузырь будет чрезвычайно медленно и заявленной цели — быстро перемещения к далеким звездам, достичь не сможет.

«На самом деле в этой статье есть серьезный подвох. Ход рассуждения такой. Есть пузырь. Можно написать метрику. А потом сделать «естественное» предположение, что надо просто приравнять, взяв их по модулю, массы корабля и стенок пузыря. На самом деле это совсем не естественное предположение, потому что пузырь Алькубьерре нельзя создать вокруг корабля; его надо создавать заранее, а потом уж в него помещать корабль. Проблему с большим количеством экзотической материи, которая нужна для создания пузыря, авторы статьи не пытались решить. Пафос был в другом: в попытке установить зависимость предельной скорости корабля от его массы. По-моему, эта попытка была неудачной», — говорит С.В.Красников.



Впрочем, идеи о том, как сократить массу экзотической материи, которая нужна для организации пузыря, имеются. Один из способов предложил бельгиец Крис ван ден Брук из Католического университета Лёвина. В статье, опубликованной в журнале «Classical and Quantum Gravity» за 1999 год, он предлагает взять пузырь Алькубьерре микроскопического размера, а внутри него надуть макроскопический пузырь, в котором можно разместить большой объект. Если предположить, что способ вольного обращения с пространством-временем, допускающий его многочисленные деформации, найден, то в таком предложении нет ничего фантастического. Для стороннего наблюдателя все, что происходит внутри пузыря ван ден Брука, не представляет интереса, он видит лишь микроскопический пузырь Алькубьерре и соответственно обнаруживает, что его отрицательная энергия незначительна. По оценкам С.В.Красникова, опубликованным в журнале «Physical Review D» за 2003 год, пузырь ван ден Брука можно удержать от схлопывания, поместив в его горловину всего лишь миллиграммы экзотической материи, причем независимо от того, сколь велика внутренняя область, занятая пассажиром.

## Деформация измерений

В принципе пространство для создания пузыря Алькубьерре можно деформировать, распределив в его стенках определенным образом экзотическую материю. В упомянутой в начале статье Ричарда Обусы и Джеральда Кливера предпринята попытка получить то же самое за счет манипуляций с дополнительными измерениями. Напомним, что дополнительные измерения возникли из желания ответить на несколько неприятных вопросов вроде: отчего мощность гравитационного взаимодействия оказывается существенно ниже, чем у трех остальных — слабого, сильного и электромагнитного? Или — почему расчетная плотность энергии вакуума на 119 порядков (!) больше, чем измеряемая? Одно из решений этой задачи состоит в том, что гравитация, и только она, распространяется в другие, скрытые измерения, а если бы померить ее и там, то все взаимодействия оказались бы сравнимы по своей силе. Вопрос о существовании этих измерений столь сильно волнует физиков, что их поиск будет одним из главных экспериментов (см. «Химию и жизнь», 2008, № 3) на Большом адронном коллайдере, который заработал было в сентябре 2008 года, но из-за аварии со сверхпроводящими магнитами был сразу же остановлен до весны 2009 года.

Среди множества следствий наличия во Вселенной скрытых измерений есть и такое, весьма интересное: уменьшение размера одного из них способно породить увеличение размеров всех остальных. В частности, об этом подробно рассуждали Алан Ходос и Стивен Детвейлер из Йельского университета в статье, опубликованной в «Physical Review D», 1980, т. 21. Они показали,



что в начале времен Вселенная, обладающая одним лишним измерением, могла быть фактически одномерной, а затем, по мере уменьшения размера этого измерения, остальные три выросли до нынешних размеров. А то самое, исходное, сократилось до размеров порядка  $10^{-33}$  м. Правда, оценки, полученные из гравитационных соображений, дают размер на 27 порядков больший, порядка микрона.

В 1995 году Яна Левина из Канадского института теоретической астрофизики вернулась к этому вопросу и показала, что изменениями размеров скрытых измерений можно вполне объяснить развитие пространства в нашей Вселенной, в частности, и начальную инфляцию, и последующее замедление расширения. Дополнительные измерения служат одним из следствий теории суперструн (справедливость которой, впрочем, как и наличие самих измерений, никто пока не доказал, а размер последних — доподлинно не измерил). И в рамках этой теории появляется слабая надежда на управление размером измерений: согласно воззрениям ее адептов, именно струна, «накрутившись» на измерение, определяет его размер. Струна при всей своей загадочности — материальный объект, и есть небольшая надежда, что, как-то воздействуя на нее, можно менять ее упругость, вызвав тем самым локальное изменение размера скрытого измерения и соответственно расширение либо сжатие реального пространства-времени. В общем, построить-таки вокруг космического корабля пузырь Алькубьерре.

«Способ построения пузыря Алькубьерре, который предлагают Обуса и Кливер, чрезвычайно экзотичен. Совершенно непонятно, как можно изменять параметры струны, ведь это фундаментальная константа. Более того, в тензоре Эйнштейна, который описывает деформацию пространства, есть десять компонент. А изменение размера измерения дает лишь одну переменную. Где взять остальные девять? Когда Алькубьерре рассказывал о своей идее, он решал совсем другую задачу: показать, что нечто экзотическое — полет со сверхсветовой скоростью — в принципе не противоречит действительности. Тот факт, что для его существования нужна экзотическая материя, гораздо менее экзотичен, чем управление размером скрытых измерений. Не нужно думать, что такая материя — это выдумки теоретиков. По крайней мере один ее вид можно наблюдать экспериментально при демонстрации эффекта Казимира (мы о нем упоминали в феврале 2001 года. — *Примеч. ред.*). Суть этого эффекта в том, что если взять две большие проводящие пластины и поместить их на небольшом расстоянии в вакууме, то между ними возникнет экзотическая материя, вызывающая силу притяжения. Ее происхождение связано с тем, что вне пластин могут существовать все возможные нулевые колебания вакуума, а внутри — только те, длина волны которых меньше расстояния между пластинами. Так что создание неоднородного распределения экзотической материи в пространстве, благодаря чему можно получить

пузырь Алькубьерре, представляется менее фантастичным, чем идея управления измерениями», — говорит С.В.Красников.

Если же все-таки окажется, что измерениями управлять можно, сколько энергии потребуется на создание пузыря? Вот как Обуса и Кливер пытаются ответить на этот вопрос.

В уравнении Эйнштейна, связывающем кривизну пространства-времени с внешними источниками гравитационного поля, есть уже упоминавшийся лямбда-член. Можно показать, что в многомерном пространстве лямбда-член обратно пропорционален четвертой степени размера скрытого измерения. А скорость расширения пространства определяется постоянной Хаббла, которая пропорциональна корню квадратному из лямбда-члена. Получается, что постоянная Хаббла обратно пропорциональна квадрату размера скрытых измерений. Осуществляя полет в пузыре Алькубьерре, скажем, со скоростью света, нужно, чтобы пространство на его границе сжималось и расширялось именно с этой скоростью. С учетом того, что постоянная Хаббла ныне составляет  $2,17 \cdot 10^{-18}$  (м/с)-м, ее нужно увеличить на 26 порядков, то есть изменить размер скрытых измерений на 13 порядков величины. В результате значение лямбда-члена в пространстве, связанном с пузырем, вырастет на 52 порядка и составит  $10^{42}$  Дж/м<sup>3</sup>. Если предположить, что размер корабля 10 метров, а операция по деформации пространства проводится над всем объемом заключающего его пузыря, то потребуется  $10^{36}$  ГДж энергии. Такое ее количество может выделиться при аннигиляции планеты, подобной Юпитеру. Нельзя сказать, что это мало, но в то же время это гораздо лучше, чем потребность сжечь всю Вселенную.

А что будет, если пространство деформировать не по всему объему пузыря, но только в его тонкой стенке? Минимальная толщина стенки — планковская длина,  $10^{-35}$  м. Объем стенки сферического пузыря диаметром 10 м тогда составит  $10^{-32}$  м. На деформацию такого объема пространства со скоростью света надо будет затратить 100 ГДж энергии. Для выработки этого количества энергии уже не надо устраивать катастрофу космического масштаба, можно вполне обойтись имеющимися ресурсами.

Тщательное исследование пузыря Алькубьерре, впрочем, показало, что безнаказанно сокращать толщину его стенки нельзя: величина отрицательной энергии, о которой говорилось выше, от этого только возрастает. Тот факт, что возникает вполне обычное для техники противоречие — улучшение одного качества конструкции требует ухудшения другого, — позволяет заподозрить, что все эти захватывающие дух идеи имеют шанс когда-нибудь привести к чему-то реальному.



## МОБИЛЬНИК С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

*Британские материаловеды хотят облегчить жизнь рабочим, которые утилизируют мобильные телефоны.*

David Harrison,  
david.harrison@brunel.ac.uk

## ТЫКВЕННОЕ МАСЛО

*Ученые из Корнеллского университета (США) создали технологию получения масла из отходов тыквы.*

Пресс-секретарь  
Blaine Friedlander,  
bpf2@cornell.edu

## ВОДОРОД–МЕТАЛЛ–СИЛАН

*Физики из Швеции рассчитали, как водород в твердом силане может перейти в металлическое состояние.*

Rajeev Ahuja,  
rajeev.ahuja@fysik.uu.se

## ШИНА КАЧАЕТ ЭНЕРГИЮ

*Бельгийские микроэлектронщики создали дешевый собиратель энергии, который может питать небольшой датчик.*

Пресс-секретарь  
Katrien Marent,  
Katrien.Marent@imec.be

## В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Залог процветания капиталиста — ускорение оборота в Марксовой формуле «деньги-товар-деньги», добиться которого можно, в частности, сделав так, чтобы потребитель гонялся за новинками, старые же вещи быстро выбрасывал. В результате даже весьма сложные вещи быстро отправляются на свалку. В числе этих вещей оказываются телефоны, портативные плееры и прочая электроника, причем счет в европейских странах идет на миллионы тонн в год. А ведь эти устройства содержат и микросхемы, и батарейки, то есть немало ценных, а также опасных компонентов вроде ядовитого кадмия или взрывоопасного лития. Значит, все эти горы электронного мусора надо утилизировать. Во всяком случае, таковы требования Еврокомиссии.

«Один из способов подготовки телефона к утилизации — открыть его корпус и извлечь электронные компоненты, — рассказывает Дэвид Гаррисон из Брунельского университета (Великобритания). — Эта операция трудоемка, и поэтому переработка электронных устройств стоит дорого». Чтобы ее удешевить, Гаррисон со своим коллегой Хабибом Хусейном предлагает использовать пластики с памятью формы. Согласно их идее, если телефон в корпусе из такого пластика поместить в горячую воду, то все соединения сами собой раскроются и он развалится на куски. Опыты, которые ученые провели с промышленными пластиками такого типа, показали, что правильная конструкция действительно легко разваливается при нагреве. Заодно они убедились, что по крайней мере в течение двух лет самопроизвольно такой распад не произойдет.

## В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Однажды фермер Дейв Шварц из штата Нью-Йорк обратился в Центр внедрения пищевых технологий при Корнеллском университете с просьбой помочь ему справиться с отходами, которые возникают при переработке тыквы. Ученые заинтересовались проблемой и первым делом придумали, как из этих отходов извлечь семечки. Извлекли они семечки не просто так: их обжаривали и отжимали масло — сначала на лабораторном прессе, а потом, по мере совершенствования технологии, и на промышленном. Как оказалось, из отходов получается довольно много масла, причем оно сохраняет приятный аромат тыквенных семечек. Но что с этим маслом делать дальше?

По совету ученых-маслоделов Шварц отправился в компанию «Stony Brook Cookie», из того же технологического парка университета. Там специалисты по готовке выяснили, что в качестве ингредиента какого-нибудь продукта применить тыквенное масло не удастся. Поэтому было принято решение продавать его как экзотическую приправу для салата или приготовления пищи, тем более что интерес ко всякого рода гурманской кухне, а равно к использованию местных продуктов сейчас в США весьма велик. Усовершенствовал технологию, компания занялась распространением нового продукта. Первую партию взял губернаторский шеф-повар, который как раз хотел порадовать начальство продукцией, изготовленной в родном штате. А компания тем временем придумала новый продукт — масло из виноградных семечек, которые в большом количестве остаются в нью-йоркских винокурнях.

## В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Чтобы перевести водород в металлическое состояние, его нужно сжать так сильно, как это бывает лишь глубоко внутри Юпитера или Сатурна. На Земле развить такое давление удастся в уникальных установках с алмазными наковальнями. Однако есть обходной путь: поместить водород внутри твердого тела и сжать его в результате фазового превращения, при котором резко изменяются параметры решетки этого тела.

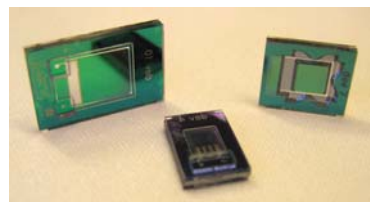
В начале 2008 года геофизики из Вашингтонского Института Карнеги добились металлизации водорода, сильно сжав газ силан — аналог метана, только с кремнием вместо углерода. Однако было непонятно, какая кристаллическая структура привела к этому результату. Шведские ученые из Упсальского университета во главе с профессором Радживом Ахуджи провели квантово-механический расчет и обнаружили структуру, которая действительно могла бы привести к такому эффекту. Более того, как следует из расчета, даже некоторое снижение давления не приведет к потере металлического водорода. В результате открывается путь к поиску возможностей для получения металлического водорода при не самых экстремальных условиях. А он может оказаться сверхпроводником при комнатной температуре.

## В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Собиратель энергии — это устройство, которое превращает броуновую механическую энергию в электрическую. Например, шина катится по дороге. При этом она неизбежно деформируется. Деформацию резины в принципе можно превратить в электричество и дать питание датчику, который будет следить за сцеплением шины с дорогой и сообщать об этом бортовому компьютеру. А тот уж принимает меры для предотвращения аварии.

Практически, чтобы получить такую электроэнергию, применяют миниатюрное устройство вроде кантиливера с грузиком. Грузик при движении шины отклоняется вверх-вниз, в основании кантиливера возникает деформация. Если там расположен пьезоэлектрик, он превратит деформацию в электричество. В таком устройстве нет ничего удивительного, и сегодня речь идет уже только о том, чтобы сделать собиратель дешевле и эффективнее.

Ученые из расположенного в бельгийском Лёвине Межуниверситетского микроэлектронного центра предложили в качестве пьезоэлектрика взять нитрид алюминия. Его наносят на платиновый электрод, а сверху покрывают алюминиевым. Такие собиратели легко делать в массовом количестве с помощью обычной технологии изготовления микросхем, параметры же у него рекордные: выходное напряжение 60 мкВ, а оптимальная частота колебаний — всего 500 раз в секунду.



# Термодинамика и кинетика

## ЕГЭ

Кандидат химических наук  
**А.Ю.Оленин**

### Определимся с объектом и его описанием

На мой взгляд, теория химических реакций может быть применима и к описанию ЕГЭ. Поясню почему. В обоих случаях мы имеем черный ящик, прилагая некое воздействие к которому мы получаем тот или иной отклик. Другое дело, как мы его будем интерпретировать. Но именно в интерпретации и состоит суть научного подхода. В теории химических реакций наиболее адекватное представление дает кривая распределения частиц по энергии. Ее аналогом в ЕГЭ служит кривая распределения результатов. В качестве результата мы имеем распределение некоего параметра по выборке. В химической реакции это распределение скоростей или энергии частиц. И что нам с ним делать? Несомненно, оно описывает усредненную энергию, называемую температурой. Температура влияет как на скорость, так и на направление процесса. Но на основе температуры делать заключение о его эффективности было бы наивно.

В случае ЕГЭ мы также имеем кривую распределения результатов, причем изменяющуюся от года к году. А дальше на ее основе мы устанавливаем аттестационный балл, измеряем эффективность работы школы, отбираем абитуриентов для последующего получения высшего образования. Не слишком ли много информации из средней температуры по больнице? Можно, конечно, говорить об освоении материала учениками в общем и целом, но такого рода данные столь же полезны, как вышеупомянутая средняя температура. Левая часть распределения (до максимума) обычно не представляет значительного интереса для исследователей, а лишь констатирует факт общего состояния в области образования. Единственный принципиальный момент здесь – граница неудовлетворительной

*Бурные споры вокруг ЕГЭ свидетельствуют о глубине кризиса, поразившего наше образование. Интуитивно мы понимаем, что школы бывают разные, оценки тоже. Пятерка в одной едва дотягивает до тройки в другой. Тем не менее большинство нормальных родителей, заботящихся о качественном образовании собственных детей, предпочтут более сильную школу, пусть и имеющую худшие формальные показатели. Ни для кого не секрет, что оценки в основной своей массе, во-первых, сугубо субъективны, а во-вторых, завышаются в массовом порядке. Для преодоления этого явления необходима внешняя независимая оценка и стандартизация результатов образования. Именно с этой целью и вводился единый государственный экзамен. Кроме независимой оценки, еще до рождения ему были приписаны еще две функции, не связанные непосредственно с оценкой результатов образования. Это совмещение выпускных и вступительных экзаменов и метод оценки эффективности работы преподавателя. Совмещение столь разнородных функций в одном испытании не может быть успешным в силу разнонаправленности процессов, имеющих много аналогий в теории протекания химических реакций.*

оценки. При повсеместном контроле результатов (сейчас это два предмета, русский язык и математика) вырисовывается весьма грустная картина: от 10 до 25% выпускников средней школы не в состоянии освоить базовые знания, то есть они даже в потенциале не способны к генерированию пресловутых «знаний, умений и навыков» (ЗУНов). Это обстоятельство весьма прискорбно, но не отрицает предлагаемой аналогии. Не четверть, а существенно меньшая часть молекул способна вступить в химическую реакцию. Впрочем, об этом чуть позже.

Принципиальный параметр, влияющий на возможность протекания той или иной реакции, – это потенциал Гиббса. Существует так называемый термодинамический запрет прохождения химической реакции. Физический смысл этого запрета состоит в том, что в данных условиях прохождение данной реакции невозможно. Это условие реализуется при положительном потенциале Гиббса. Другими словами, возможна (но не обязательно реализуется) обратная реакция. Если существует термодинамический запрет в данных экспериментальных условиях, то ничто не может заставить реакцию протекать так, как нам хотелось бы. В случае с ЕГЭ мы даже на качественном уровне не попытались понять, где в этой системе координат находимся. Мы не можем понять, улучшит ли введение ЕГЭ качество образования, ухудшит его или оставит все без изменений. По моим ощущениям мы

где-то вблизи точки равновесия, там, где потенциал Гиббса принимает нулевое значение. При не очень сильном изменении условий мы неизбежно возвратимся к состоянию равновесия, при резком же скачке, как говорится, возможны варианты. Если говорить житейским языком, то не стоит раскачивать лодку. Для придания процессу положительного вектора нужно, чтобы его суммарный вектор стремился в область отрицательных значений энергии Гиббса. Критерием этого для образования могут служить внутренние и международные предметные олимпиады. Если наблюдается тенденция роста числа и/или уровня наград на международном уровне, то мы обладаем нужным трендом. Мне могут возразить относительно олимпиад по аналогии с физкультурой и спортом высших достижений. Могут даже частично с этим доводом согласиться. Но тогда оппоненты должны предложить другой критерий. До сих пор я ничего вразумительного не слышал, кроме измерения средней температуры по больнице. К сожалению, наши действия в области образования пока что имеют прямо противоположную направленность. Если сравнить формальные показатели побед в международных олимпиадах, то видно, что во многих областях нас обходят или уже обошли школьники из азиатских стран.

Кроме термодинамики, ход химической реакции описывается еще и кинетикой, в основе которой лежит все то же распределение частиц по энергии.

**РАСПОРЯЖЕНИЕ** Рособрнадзора от 05.06.2008 г. □1190-08 «Об установлении шкалы перевода баллов единого государственного экзамена по русскому языку в пятибалльную систему оценивания, используемую для выставления отметок в аттестат о среднем (полном) общем образовании в 2008 году» (<http://www1.ege.edu.ru/content/view/442/112/>)

1. Установить шкалу перевода баллов единого государственного экзамена (далее – ЕГЭ) по русскому языку в пятибалльную систему оценивания, используемую для выставления отметок в аттестат о среднем (полном) общем образовании в 2008 году:

- 0 – 39 – отметка «2»;
- 40 – 57 – отметка «3»;
- 58 – 71 – отметка «4»;
- 72 – 100 – отметка «5».

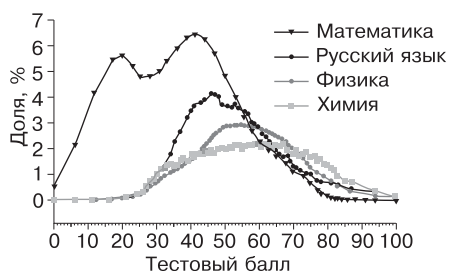
**РАСПОРЯЖЕНИЕ** Рособрнадзора от 10.06.2008 г. □1228-08 «Об установлении шкалы перевода баллов в отметки при проведении единого государственного экзамена по математике в 2008 году» (<http://www1.ege.edu.ru/content/view/447/112/>)

2. Установить, что результаты единого государственного экзамена (далее – ЕГЭ) по алгебре и началам анализа (за курс X–XI (XII) классов) для выставления отметок в аттестат о среднем (полном) общем образовании определяются на основании следующей шкалы перевода первичных баллов за выполнение заданий по данному курсу в пятибалльную систему:

- 0 – 5 – отметка «2»;
- 6 – 12 – отметка «3»;
- 13 – 18 – отметка «4»;
- 19 – 30 – отметка «5».

Для справки: перевод первичных баллов в тестовые: 0 – 0, 5 – 23, 6 – 25, 12 – 41, 13 – 44, 18 – 58, 19 – 60.

Согласно классическому постулату химической кинетики, для прохождения реакции необходимо достижение некоего возбужденного переходного состояния. Количественной мерой этому служит энергия активации. Для ЕГЭ таким критерием может быть мировой уровень образования. Выше я уже говорил о международных олимпиадах школьников. Средний уровень подготовки их участников можно принять за международный уровень. Учителя, ученики, школы мирового уровня у нас есть, но их доля крайне мала. Следует отметить, что для прохождения реакции достаточно малой толики активированных молекул. Обычно эта доля существенно ниже даже не процента, а сотых или тысячных его долей. С ЕГЭ ситуация похожа. Так, в этом году по математике из 937 652 сдающих 91 балл и выше набрали всего 352 человека, или 0,038 %.



*Так выглядит распределение тестового балла по результатам ЕГЭ 2008 года (данные портала информационной поддержки единого государственного экзамена [http://www1.ege.edu.ru/images/stories/ege2008/skali/cootvetstvija\\_testovykh\\_i\\_pervichnykh\\_ballov\\_egeh\\_2008\\_16.06.2008.xls](http://www1.ege.edu.ru/images/stories/ege2008/skali/cootvetstvija_testovykh_i_pervichnykh_ballov_egeh_2008_16.06.2008.xls))*

## Модель ЕГЭ

Аналогично тому, как мы делим химическую реакцию на последовательно-параллельные элементарные превращения, ЕГЭ тоже поддается такого рода формализации. Изначально имеется некий набор тестовых заданий, который предлагается широкой (скорее всего, представительной) выборке учеников. В случае правильного ответа начисляется один или несколько баллов, в случае неправильного ничего не начисляется. В результате мы имеем некое распределение. О характере этого распределения, о тестах достижений и способностей я намеренно не говорю, поскольку это отдельная тема. Сейчас я акцентирую внимание исключительно на формальной стороне вопроса. Как в химической реакции рано или поздно появляется активная частица, так и в ЕГЭ корректный ход мысли, подкрепленной некоей логикой, порождает правильный ответ. По аналогии с химической реакцией, чем выше температура, тем больше концентрация активных частиц. Можно сформулировать исходный постулат о том, что чем «правильнее» устроены мозги ученика, тем больше вероятность набрать максимальный балл, тем выше его «учебная температура».

Вот здесь мы и подходим к самому интересному. Из химической кинетики хорошо известен факт, что при сильном понижении температуры реакция вообще практически прекращается, то есть эффективная концентрация активных центров настолько мала, что не оказывает никакого влияния на макросостояние системы. Например, смесь кисло-



## ДИСКУССИЯ

рода и водорода при комнатной температуре в темноте может существовать практически вечно без каких-либо изменений в составе. Это состояние можно условно назвать «замороженным». Но в то же время достаточно всего нескольких квантов света, чтобы произошел взрыв. Чтобы избежать этих крайностей, должна существовать система как положительных, так и отрицательных обратных связей. Если нет обратных связей как между учеником и учителем, так и между учениками, то уголек знаний быстро угасает. Если же такие связи есть, то в процессе обучения происходит формирование нового качества, наиболее адекватно описываемое в термине «синергия», когда суммарный эффект превышает сумму эффектов компонентов. Дети один за другим «активируются» и переходят в новое качественное состояние.

Параметры этой активации зависят от «средней температуры». Чем она выше, тем больший процент «активированных» школьников. Поддержание такого среднего уровня должно быть одним из главных приоритетов общества. Пока что в ЕГЭ четко видна система отрицательных обратных связей и практически отсутствует система положительных. Это, на мой взгляд, — объективное препятствие внедрения ЕГЭ в качестве эффективного механизма управления учебным процессом. В этом случае система неизбежно будет скатываться к состоянию «заморозки» из-за падения среднего уровня как выпускников, так и учителей. Наиболее интересная для вузов выборка выпускников, обладающих наивысшими результатами, будет придавлена общей массой. Ни для кого не секрет, что на решение тестов можно натаскать. Можно не знать предмета, но изумительно отвечать на формализованные вопросы, особенно с вариантом выбора. А можно переволноваться накануне, не выспаться, поругаться с бабушкой и не добрать свои 5–8 баллов, что затем фатально скажется при отсеивании в вузе. Современные контрольно-измерительные материалы недостаточно сложны для вступительного, но слишком сложны для квалификационного экзамена. Вид кривых распределения тестового балла по предметам говорит не больше, чем кривая распределения температуры по отделениям



## ДИСКУССИЯ

больницы. При этом мы еще пытаемся устраивать соцсоревнование по средней температуре между ними.

Впрочем, средняя температура по палате (больнице) тем не менее имеет смысл, если больница инфекционная, а за окном эпидемия чего-нибудь. Тогда средняя температура больных одинаковой болезнью вполне показательна.

При более детальном рассмотрении формально-кинетических представлений применительно к ЕГЭ нельзя не учитывать еще одного обстоятельства: нередко одна и та же промежуточная активная частица становится интермедиатной для разных продуктов, то есть происходит ветвление процесса. С ЕГЭ мы имеем способного абитуриента, потенциально претендующего на место в

разных вузах. В зависимости от условий мы можем изменять состав конечных продуктов. Но для этого необходимо понимание внутренних процессов. Если мы поставили перед ЕГЭ цель искоренить коррупцию в приемных комиссиях, то должны до тонкостей знать ее причины, а главное, механизм. Пока что мы действуем формально. Раз вузовские преподаватели слабы и не могут устоять перед соблазном, то отсечем их от процесса зачисления. А кому, как не им, в дальнейшем учить этих самых абитуриентов? Поверьте на слово, что система при выведении ее из равновесия рано или поздно самоорганизуется, хотя мы того или нет. О механизмах новой «ЕГЭ-коррупции» мы уже начинаем узнавать. Через пару лет она приобретет системный характер, и бороться с ней будет практически невозможно.

### Есть ли выход?

Для лечения болезни необходимо сначала определить симптомы, установить точный диагноз, потом назначить терапию и лишь затем на основе этих данных говорить об успешности лечения. В нашем образовании все с точностью до наобо-

рот. Сначала говорится о том, что без санации всей системы не обойтись, потом предпринимаются радикальные меры, сказывающиеся на основах, а потом когда очевидными становятся стратегические ошибки, все сводится к частной критике конкретных заданий тестов. С ЕГЭ мы находимся на стадии описания процесса, но никак не его понимания, а тем более управления.

Пока мы ясно не сформулируем, для чего нам нужно наше образование, то так и будем находиться в бесконечном броуновском движении. Выход из тупиковой ветви развития мне видится в следующем:

— осознать сначала на уровне общества, а затем и государства парадигму образования;

— построить адекватную систему как положительных, так и отрицательных обратных связей;

— выделить ресурсы в соответствии с такого рода иерархией приоритетов и лишь затем реформировать образование.

В противном случае мы получим либо крах, либо взрыв.



*Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Для этого нужно отправить запрос по электронной почте [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru), мы вышлем квитанцию для оплаты через Сбербанк. Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через наш киоск:*

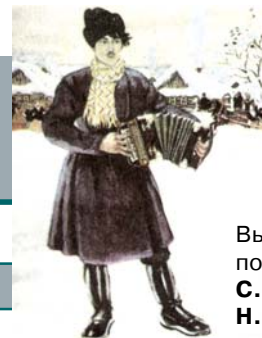
*[www.hij.ru/kiosk.shtml](http://www.hij.ru/kiosk.shtml)*

**Справки  
по телефону  
8 (499) 978-87-63**



Для оформления подписки ищите на почте каталоги «Роспечать», [www.rospr.ru](http://www.rospr.ru), индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), [www.arzi.ru](http://www.arzi.ru), индексы 88763 и 88764; «Межрегиональное агентство подписки»

(Почта России) [www.map-smi.ru](http://www.map-smi.ru), индексы 99644 и 99645, а также обращайтесь в агентства «Урал-пресс», [uralpress.ur.ru](http://uralpress.ur.ru), (495) 789-86-36; «Вся пресса», (495) 906-07-35; «Интерпочта», [www.interpochta.ru](http://www.interpochta.ru), (495) 684-55-34; «Комкур» (Казань), (843) 291-09-77; «Артос-Гал», (495) 981-03-24; «Информнаука», (495) 787-38-73.

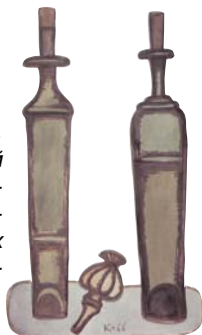


Выпуск  
подготовили  
**С. Комаров,**  
**Н. Резник**

## БИОХИМИЯ

### Вино вину рознь

Ученые из ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности (Москва) установили, что антиоксидантная активность вина, сделанного в разных районах, может различаться в несколько раз.



Оказалось, что те разновидности вина, у которых антиоксидантная активность была высока, неплохо защищали микроорганизмы: число жизнеспособных клеток после воздействия было в них на четверть больше. Вот так и оказалось, что дело отнюдь не в цвете вина, а в той местности, где произрастал виноград.

Многолетняя кампания по пропаганде французских вин оказалась вполне успешной: в массовом сознании прочно укоренилась мысль, что красное вино, выражаясь словами Николая Фоменко, не только вредно, но и полезно. А главная польза от вина состоит в том, что оно чрезвычайно богато фенольными соединениями, которые обладают хорошо выраженной антиоксидантной активностью. Стало быть, вино должно и замедлять старение организма, и укреплять сосуды, и помогать решать другие проблемы, связанные со здоровьем. Про возможность получения цирроза печени из-за неумеренного употребления вина рекламные сообщения, правда, умалчивают.

Мысль о целебности красного, как, впрочем, и белого, виноградного вина решили проверить ученые из ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности при помощи коллег из Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН и РХТУ имени Д.И.Менделеева.

В качестве объекта исследования они взяли столовые вина из винограда Совиньон-Блан, Шардоне, Мерло и Каберне-Совиньон нескольких винных заводов. Оказалось, что количество фенольных соединений в этих винах практически одинаково. А вот антиоксидантная активность оказалась различной, причем для красных вин различие было пятикратным, а для белых – двукратным. Заинтересовавшись причиной, химики провели спектрофотометрический и хроматографический анализ вина и выяснили, что более сильными антиоксидантами были красные вина с повышенным содержанием таких веществ, как кверцетин и (+)-катехин, а белые – с повышенным содержанием кофейной кислоты и того же (+)-катехина.

Параллельно были поставлены и микробиологические опыты на выживание дрожжей в различных видах вина под радиационно-химическим воздействием.

## ФИЛОЛОГИЯ

### Потому что он русский

*До сих пор миллионы людей в мире, никогда не бывавших в России, имеют представление о ее обитателях, почерпнутое главным образом из романов Толстого и Достоевского. Статью об этом удивительном феномене опубликовал в журнале «Вестник Российской академии наук» член-корреспондент РАН В.Е.Багно, директор Института русской литературы (Пушкинского дома) РАН*

Романы – это вторая реальность, но при отсутствии доступа к первой именно они служат источником информации. Из русских романов зарубежные читатели до сих пор черпают представление о русском национальном характере.

Есть страны, представление о которых на протяжении многих веков формируется в том числе и литературой. Мы получаем такие сведения из средневековой литературы Китая, Персии и Японии, сказок «Тысячи и одной ночи», из «Дон Кихота» Сервантеса... Но есть страны, в формировании образа которых литература практически не участвует. До конца XIX века к их числу относилась и Россия. Некие определенные представления о нашей стране возникли на Западе в эпоху петровских реформ. В правление Николая I в основе внешней политики России лежала имперская идея, которая в сочетании со славянофильством создала миф о «русской угрозе». Но в последние десятилетия XIX века появились первые переводы русских романов на европейские языки, и зарубежные читатели открыли для себя совсем другую страну.

Русская литература и культура нашли в Европе горячий отклик, так как были одновременно и похожи и не похожи на западную, и даже православие, основа русской культуры, имело с западным христианством общую природу, хоть и отличаясь от него. Первые зарубежные читатели русского романа, возможно, не отдавали себе отчета в том, что имели дело с художественной картиной мира, а не с самой реальностью. И тем не менее эта художественная картина отныне в значительной мере создавала представление о русском национальном характере и о русском народе. Россия от этого выигрывала уже хотя бы потому, что впервые представление о ней формировалось при ее участии, то есть усилиями не только зарубежных политиков, публицистов и путешественников, но и русских людей.

Однако литература – широкое поле для мифотворчества. Одним из самых запомнившихся и жизнестойких оказалось представление о загадочной русской душе. Кроме того, переведенный роман воспринимается инокультурными читателями с неизбежными искажениями, и произведение начинает вызывать ассоциации, которые никак не могли входить в намерения автора. В Испании, например, перевод «Анны Карениной» имел оглушительный успех, но самые горячие дискуссии вызвало поведение Каренина, простившего неверную жену. А в Индии в первую очередь обратили внимание на безнравственное поведение замужней женщины, и долгое время этот роман не переводили, несмотря на огромную славу Толстого как мыслителя.

Русская классическая литература до сих пор популярна на Западе, но как источник представлений о стране она, безусловно, уступает средствам массовой информации, которые рисуют отрицательный образ России. Поэтому сегодня на вопрос зарубежного преподавателя-русиста: «Почему Раскольников убил процентщицу?» – к сожалению, можно услышать: «Потому что он русский».

Однако Чехова, Толстого и Достоевского еще читают, и во многом благодаря им Россия теперь воспринимает как одну из немногих современных стран, не только заимствующих у других народов, но и предлагающих новые духовные, идейные и эстетические ориентиры.

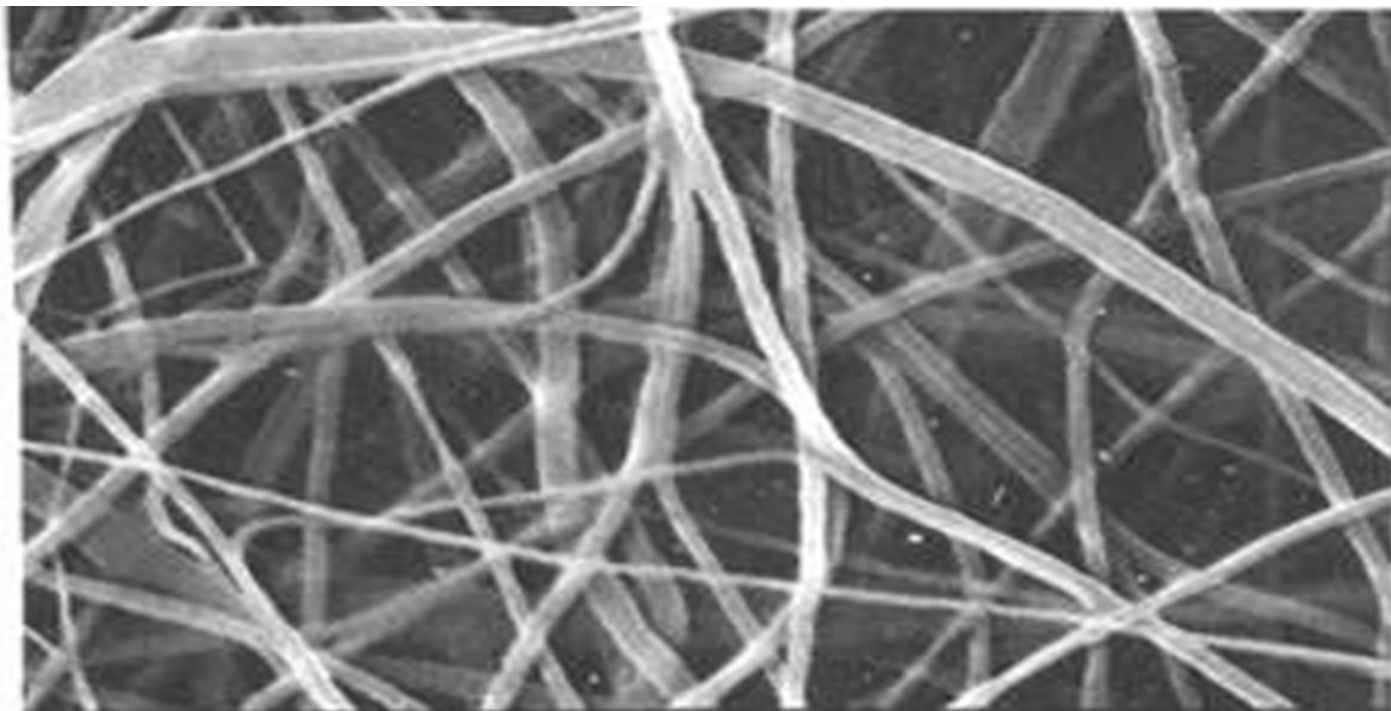


Фото А. В. Товмаша

# Электроспиннинг — ЭТО ЧТО-ТО НОВЕНЬКОЕ?

Кандидат физико-математических наук

**А. В. Товмаш,**

кандидат химических наук

**А. С. Садовский,**

НИФХИ им. Л. Я. Карпова

*Электроспиннинг — это не удочка с моторчиком. Так за рубежом, а теперь и у нас стали называть способ получения нановолоконных материалов, которые нашли широкое применение в биомедицине. Возможен также иной перевод термина electrospinning — электроформование, но его преимущественно употребляют в технической литературе. Именно этим способом давно производят широко известный у нас материал ФП, или «фильтр Петрянова». Наш рассказ — о новом применении нановолоконных материалов и об истоках возникновения различий в терминологии.*

## Электрораспыление и прядение

Название «электрический спиннинг» придумал немецкий изобретатель Антон Формхальс для способа получения искусственного волокна в электростатическом поле, или электропрядения. Этот термин у нас пошел в ход, есть у него и английский эквивалент — electrospun. За десять лет, с 1934 по 1944 год, Формхальс получил три патента США, а на вариант подобного способа в 1936 году был выдан еще один патент американскому изобретателю Чарльзу Нортону. Но задолго до этого, еще в 1902 году, были выданы два патента США на способ и устройства диспергирования жидкостей под действием электрического поля.

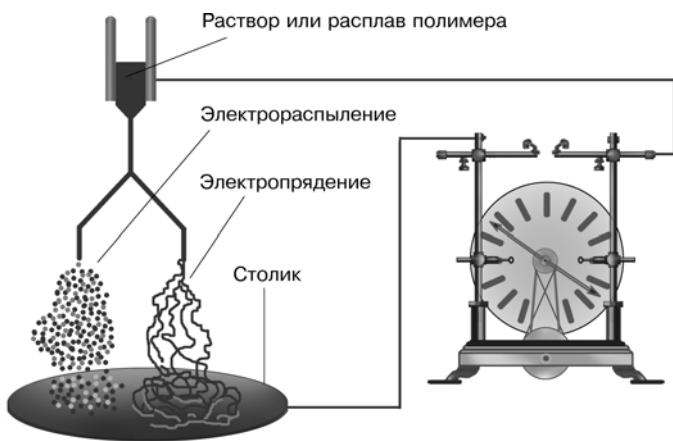
Принцип электроспиннинга заключается в следующем. При наложении электрического поля на металлический капилляр с жидкостью (с расплавом или раствором полимера) она заряжается, и плоский мениск становится выпуклым (см. схему). При определенных условиях — важны, в частности,

напряженность поля, вязкость, скорость подачи жидкости — поле начинает вытягивать струйку, сечение которой оказывается меньше диаметра капилляра. Если к тому же это был раствор полимера, то из-за испарения растворителя волокно становится еще тоньше. Можно добиться, чтобы его диаметр составил всего несколько нанометров. Изменяя условия процесса, можно распылить жидкость и получить не нановолокна, а нанополлимеры. Ни германские, ни американские капиталисты не заинтересовались тогда запатентованными методами, однако само явление привлекло внимание ученых. Среди них был выдающийся физик и математик сэр Джеффри Ингрэм Тейлор (1886—1975). Имена изобретателей электрораспыления и прядения хранятся лишь в описаниях патентов, а именем Тейлора названы несколько эффектов в гидродинамике, теорема, критерий подобия и многое другое. Когда ему было уже 80 лет, он занялся описанием поведения капелек воды в сильном электрическом поле, в частности, во время грозы. В 1964 году Тейлор теоретически рассчитал главный параметр процесса электрораспыления — искривление мениска в капилляре. Появился новый термин — конус Тейлора. Электрораспыление нашло техническое применение в ракетных двигателях небольшой мощности, в масс-спектрометрии. Стала развиваться также количественная теория электропрядения, которая спустя 30 лет смогла стать основой решения практических задач.

## Боевые фильтры в обмен на дымовые шашки

В СССР интерес к электропрядению оказался гораздо выше, чем за рубежом, правда, его промышленную технологию пришлось осваивать в тяжелое время Великой Отечественной войны. Эпизоды этой истории мало кому известны, поэтому расскажем о них.





Накануне войны, а именно в 1940 году, на опытной базе Калининского военно-химического училища были запущены две установки по новым разработкам: отравляющего вещества (ОВ) и боевого фильтра (БФ) для противогазов. Продукции, чтобы ее как-то называть, присвоили литеру «А». Это ОВ широкого применения не получило, и о нем мало что известно. Технология БФ была разработана в Лаборатории аэрозолей № 6, организованной в Карповском институте в 1932 году как Лаборатория пылей и туманов. От ветеранов института еще можно услышать предание, согласно которому на самом деле электроформованием хотели сделать аэрозольную пыль, но капельки вытягивались, и получался пух. Директор института А.Н.Бах всякий раз, когда бывал в лаборатории, интересовался: «Что это у вас тут за паутина? Вы все в пуху». Возникла идея: собрать на марлевую основу этот пух и превратить его в фильтр. В 1938 году на имя И.В.Петрянова-Соколова и Н.А.Фукса было выдано авторское свидетельство № 3444 с грифом «совершенно секретно» на «способ получения волокон из всех полимеров» методом электроформования. К этому времени Фукс уже был арестован и репрессирован по известной 58-й статье. Петрянов принял на себя руководство лабораторией и все заботы по технической реализации способа, за что впоследствии ему и его сотруднице Н.Д.Розенблюм была присуждена Сталинская премия.

В первые же дни войны было решено создать эти литературные производства в городе Березники Молотовской (Пермской) области, где работал цех по производству иприта. Уже в конце июня 1941 года на Березниковский азотно-туковый завод для организации выпуска БФ командировали И.В.Петрянова с сотрудниками лаборатории. Строить новое помещение для производства времени не было, а подходящего — не нашлось, решение откладывалось. Молодой профессор Петрянов (ему еще не исполнилось и 35 лет) вдали от института, эвакуированного в Ташкент, должен был на месте решать все проблемы обеспечения товарищей жильем, деньгами, карточками и прочим, но главное — суметь выполнить задание Комитета обороны. Помог случай.

В неразберихе начала войны трудно приходилось всем. В частности, руководству Первого калийного комбината, который располагался в Соликамске (20 км от Березников), было поручено создание производства хлоридных дымовых шашек, о которых на комбинате никто не имел никакого представления. В Карповском институте этими шашками занимались, и, вероятно, в той самой лаборатории № 6. Возникло сотрудничество. Петрянов заключил договор, по которому лаборатория № 6 выдала производственный регламент. Калийкомбинат по согласованию с уполномоченным Наркомата химической промышленности, находившимся в областном центре — городе Молотове, разместил объект 500 в помещении бытовок своего горного цеха. Боевые фильтры делались руками сотни девочек в возрасте 16–17 лет. С сырьем в войну, конечно, были большие проблемы. В институте

*В одном из патентов 1902 года источником постоянного напряжения для электропрядения служила электростатическая машина. Такой же машиной из школьного кабинета пришлось поначалу пользоваться сотрудникам Петрянова при эвакуации лаборатории в Березники. Вместо плоского столика можно взять вращающийся барабан и получить слой «ваты» из микроволокон*



## ТЕХНОЛОГИИ

фильтр получали, распыляя полимер, растворенный в ацетоне. На калийном заводе ацетона не нашлось, и технологию изменили на ходу, применив другой растворитель — этилацетат. После решения множества сложных проблем материал БФ, он же фильтр Петрянова, сделанный из тончайших волокон методом электроформования, в 1942 году был принят комиссией. Им начали оснащать войсковые противогазы. Этот нетканый материал из микроволокон прекрасно задерживал мельчайшие частицы пыли и тумана ОВ, размер которых исчисляется нанометрами.

Кончилась война. Среди боевых трофеев нашли разработки по новым фосфорорганическим отравляющим веществам и уже готовый зарин. Оказалось, что против них материал ФП защищает плохо, быстро теряет свойства. В противогазных коробках его снова заменили на асбокартонные фильтры. Однако для ФП нашлась работа в ядерном проекте. Сначала из уникального материала пробовали делать барьерные мембраны для разделения изотопов  $U^{235}$ — $U^{238}$ , затем прессовали пористые перегородки для электролизеров тяжелой воды, а вскоре фильтры Петрянова стали применять для анализа радиоактивных аэрозолей в воздухе и очистки от них.

## Фильтр от нано

В нашей стране и сейчас микро- и нановолоконные материалы, полученные электроформованием, используют достаточно широко, но исключительно в качестве фильтров в атомной и других отраслях промышленности, сельском хозяйстве и медицине. Из них делают универсальные респираторы типа «Лепесток», способные защитить не только от нанопыли, но и от бактерий и вирусных частиц, летающих в воздухе. Одно время были доступны и широко разрекламированы шумопоглощающие тампоны — «Беруши». А вот разработка антисептических и терапевтических перевязочных средств из этих материалов, проводимая в Карповском институте и Институте хирургии РАМН им. А.В.Вишневского, только сейчас вышла на стадию испытаний. Впрочем, интерес к ФП должен усилиться. Ведь развитие нанотехнологий приносит не только чистую пользу, но и «нанотеходы», которых станет больше.

Очевидно, что наночастицы, обладая в силу своего размера специфическими свойствами, могут иметь и повышенную биологическую активность. За примерами ходить далеко не надо; наночастицы серебра — отличный бактерицид. Попав в водоем во время стирки наноносков, отбивающих запах пота, они способны наделять немало бед (см. «Химия и жизнь», 2008, № 9). К гораздо большим проблемам наночастицы могут привести не при использовании созданных с их помощью материалов — там они, скорее всего, будут находиться внутри какого-то твердого вещества, — а во время производства, пока они находятся в своей исходной форме — в виде мелкой пыли. Очевидно, что и работников такого производства, и окружающую среду надо от этой пыли защищать. ФП для этого отлично подходят. Как оказалось, труднее всего улавливать не мелкую пыль, а частицы промежуточного размера — свыше 100 нм. Более точно этот размер определяется диаметром волокна и скоростью фильтрации. Сейчас есть много различных марок ФП, и для каждого кон-

кретного случая можно выбрать подходящий. Существуют и совершенствуются универсальные фильтры в виде композиций из волокон разного диаметра.

## ФП и мир

В открытую печать сведения о материале ФП стали поступать к концу 1960-х годов. Однако иностранные, прежде всего американские, специалисты большого внимания к ним не проявили. Отчасти это связано с тем, что на объектах атомного комплекса США наряду с усовершенствованными асбощеллюлозными фильтрами успешно применяли материал из стеклянных микроволокон. Сведения о самом процессе получения материала ФП оставались засекреченными, авторское свидетельство Фукса и Петрянова до сих пор не раскрыто. Ученики И.В.Петрянова-Соколова в 2007 году выпустили в США монографию, отражающую наши достижения в теории и практике получения ФП. Однако особого интереса она не вызвала, поскольку на Западе подобные результаты уже были получены независимо, а ссылки на работы советских и постсоветских авторов в иностранной научной печати обычно отсутствуют. Близкого перевода термин «электроформование» так и не получил.

За рубежом недостатка в обзорах и монографиях по вопросам получения и применения нановолоконных материалов нет. Автор или соавтор нескольких свежих изданий на эту тему — молодой профессор Сирам Рамакришна из Национального университета Сингапура. Посетители русского Интернета о нем могли узнать из ленты новостей, где сообщалось о запатентованном способе изготовления зубных пломб из нанокompозитного материала, первоначально разработанного им для танков и бронешилетов. (По опыту одного из авторов более актуально иметь не пломбы, а неломающиеся вставные протезы. Не над тем работал профессор...)

Вообще, за рубежом число публикаций по проблеме электропрядения с недавнего времени стало расти экспоненциально и за последнее десятилетие приблизилось к тысяче. Преобладают сообщения об исследованиях собственно процесса получения материала и его свойств — 62%. Помимо традиционного использования для фильтрации газов и жидкостей, нановолоконные материалы нашли много разнообразных приложений. Для краткого экскурса мы выбрали область биотехнологии и биомедицины, к которой принадлежит больше всего исследований и разработок (20%). Такое внимание к этому направлению имеет общий характер. В этом году Большую премию «Миллениум» присудили не представителям электронного и информационного хайтека, а Роберту Лангеру — пионеру биомедицины (об этом «Химия и жизнь» писала в сентябрьском номере за этот год. — *Примеч. ред.*). Лангеровскими работами мы и воспользуемся в качестве ориентира.

## Принимать по 20 молекул каждый час

Получив химическое образование, Лангер в 1974 году определился на работу к известному онкологу Иуде Фолкману в Бостонский детский госпиталь. Вскоре он начал разрабатывать свою идею дозированной доставки лекарств по месту в нужный орган: если внедрить препарат в полимерную биоразлагаемую матрицу, то количество доставляемого препарата в орган будет равно скорости разложения полимера. Метод контролируемого высвобождения лекарств открыл, например, путь химиотерапии мозговых опухолей. Поступление лекарств в мозг из кровотока ограничено гематоэнцефалическим барьером, но если сделать операцию и имплантировать в район опухоли разлагаемую таблетку, то можно обеспечить длительное поступление нужного препарата. Федеральное агентство США по пищевым продуктам и лекарственным средствам (ФДА), один из комитетов которого возглавляет и сам Лангер, одобрило в 1996 году

широкое применение подобных лекарственных форм — ваферов (вафлей).

Группа Цзи Хуа Вана из Национального университета Сингапура, применяя различные технические средства, в том числе электрораспыление и электропрядение, стремится улучшить результаты Лангера. В одной из работ они внедрились в волоконную матрицу противораковый препарат «Паклитаксель» — полусинтетический аналог природного препарата «Таксол», выделенного из коры тиса (см. «Химию и жизнь», 2004, № 7). Приведем некоторые детали, чтобы стало ясно, на какую стадию вышла эта работа. Диаметр волокон матрицы из биоразлагаемого полимера молочной кислоты удалось проварьировать от 10 нм до 10 мкм, меняя электропроводность раствора добавками органической соли. В этих волокнах «Паклитаксель» находился в состоянии твердого раствора, скорость его выделения линейно менялась пропорционально квадратному корню из времени. За два месяца матрица с нановолокнами теряла 80%, а с микроволокнами — около 60% препарата. Эффективность этого препарата проверяли *in vitro* на модельной культуре раковых крысиных клеток «Глиома 6». По мнению авторов, такой вафер может быть использован как альтернативное средство лечения опухолей мозга.

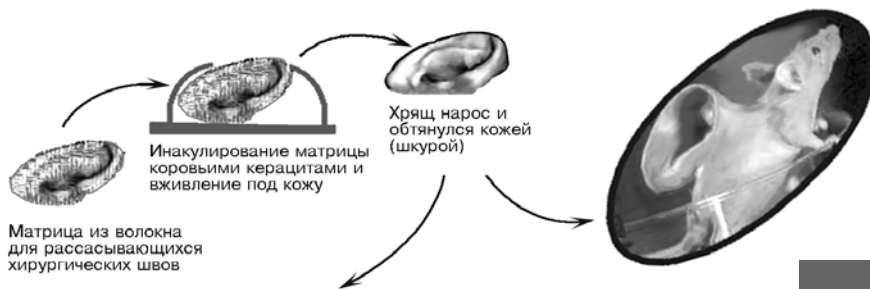
Чжань Фэн Ван (китайский однофамилец Цзи Хуа Вана) с соавторами достигли стадии испытания «Пакситакселя», внедренного в подобную микроволоконную матрицу, уже на живых мышцах, то есть *in vivo*. Образование опухоли у них вызвали введением клеток той же линии «Глиома 6». Таким образом, для любого изученного материала биоразлагаемой матрицы уже можно заранее выбрать условия электропрядения (диаметра волокна), чтобы обеспечить требуемую скорость высвобождения препарата в живом организме.

## За тканью ткань

В 1997 году Джозеф Ваканги, один из четырех братьев, успешно работающих в области биомедицины в контакте с Лангером, эффектно подвел итог своей восьмилетней работы созданием химерной «ушастой мыши». Под его руководством в матрицу в виде ушной раковины трехлетнего ребенка были внесены клетки коровьего хряща (хондроциты). Матрицу сформовали из саморассасывающихся волокон полигликолевой кислоты, которые хирурги используют для «бесшовных швов». Подготовленную матрицу, так называемый графт, поместили под кожу мутантной мыши. Она не имела шерсти, но, главное, не обладала иммунитетом, поэтому проблем с отторжением не возникло. Мышь сыграла роль биореактора — обеспечила условия для роста хряща, а также внешнюю защиту — раковина обтянулась безволосой шкурой. На спине бесшерстной мыши обрисовалось человеческое ухо, совсем как настоящее и почти такого же размера, как и она сама.

Конечно, это вызвало сенсацию. Научное достижение состояло вот в чем: делящиеся животные клетки могут сформировать на подложке лишь несколько слоев, далее подстилающие клетки начинают отмирать из-за недостатка питания и неэффективного удаления отходов жизнедеятельности. В объемной матрице ткань не только растет, но ее клетки сами распределяются по предназначенным им местам, закрепляясь там после рассасывания каркаса. Позже выяснилось, что рост клеток оказывается чувствительным и к шероховатости подложки в наномасштабе. Трехмерные матрицы стали компоновать из двухмерных слоев, получаемых техникой нанолитографии, нанопечати и другими.

Через десять лет третьим ухом обзавелся и человек. Им стал Стеларк — художник-футуролог из Австралии (настоящее имя Стелиос Аркадио), который не только считает, что человек несовершенен, но и предлагает способ поправить природу. Например, Стеларк спроектировал третью руку и нашел ей место рядом с правой. Конечности еще не научились выращивать, поэтому в качестве первого шага ему на левую руку в лабора-



*Схема выращивания третьего уха*

тории «Симбиотик А» жвивили ухо — копию его собственного. В дальнейшем ухо планируют радиофицировать, но это нас должно интересовать меньше, чем описание матрицы. А вот о ней ничего не сообщается, работа все-таки не строго научная. Известно, что графт получен с человеческими хондроцитами, выдерживался во вращающемся «микрогравитационном» био-реакторе и на него нанесли кожный покров, выращенный из стволовых клеток Стеларка.

Порой становится затруднительно провести грань между матрицей — каркасом будущей ткани и вафером — капсулой препарата. Группа исследователей из Гарвардской медицинской школы и Бостонского детского госпиталя пришла к выводу, что результаты первых клинических испытаний микрохирургической тканевой терапии инфарктов можно улучшить. Как показали опыты на крысах, вводимые в район поражения стволовые клетки сердечной мышцы (кардиомиоциты) растут в организме пациента медленнее и прекращают это делать быстрее, нежели при выращивании в регулируемой среде *in vitro*. Поврежденная сердечная мышца заживает быстрее, если одновременно с кардиомиоцитами вводить микрочастицы белковых нановолокон, включающие фактор роста FGF1. Белки также участвуют в регенерации ткани, помогая росту кровеносных сосудов. В работе были использованы короткоцепочечные пептиды и фактор роста. В растворе пептиды образовывали клубок нановолокон. Результаты можно было улучшить при использовании комбинации «фермент p38 MAP киназа/фактор роста FGF1», это позволяло также избежать образования шрамов на поврежденном участке сердца. Получаемую суспензию микроваферов с регуляторами роста и другими добавками можно вводить шприцем вместе со стволовыми клетками и повышать выживаемость стволовых клеток.

Различные модификации пептидных матриц уже получены методом электропрядения разными авторами, но они еще не опробованы в деле. Электропрядение обладает поистине неограниченными возможностями в выращивании различных тканей: кожной, костной, соединительной и даже нервной, а также кровеносных сосудов и клапанов сердца.

## Ремонтируем нервы

Среди тех, кому удалось восстановить поврежденный нерв, нередко называют имя другого Ваканти — Чарльза. Вместе с сотрудниками он сначала вызывал паралич крыс, удаляя участок периферического нерва размером в несколько милли-

метров. Нерв можно сравнить с электрическим кабелем — внутри изоляции тянутся нити аксонов. Восстановительную матрицу исследователи получали, раздувая пену биоразлагаемого сополимера молочной и гликолевой кислот, чтобы в ней появились вытянутые поры-каналы. Если в поврежденный участок помещали графт из такой матрицы со свиными стволовыми клетками, то через полтора месяца животное уже могло двигать конечностями.

Группа Рамакришны сделала несколько видов матриц для выращивания нервной ткани. Одну, из полилактида, получили методом разделения фаз двух жидкостей. Для изготовления другой создали микронамоточный станок. С его помощью на тефлоновую оправку навивали оплетку из микроволокон (сополимер молочной и гликолевой кислот + хитозан). Авторы надеются, что такая матрица также будет полезна для выращивания тканей с трубчатым каркасом (кровеносных сосудов, спинного мозга, кишечника). Они изготовили и матрицы методом электропрядения из микро- и нановолокон разной ориентации. Самые лучшие результаты были получены с матрицей из продольно ориентированных нановолокон полимолочной кислоты.

Отличный каркас для формирования нервной ткани получается с применением новой модификации техники электропрядения — «процесса электроспиннинга близкого поля» (NFES). От обычного он отличается стократным уменьшением расстояния между электродами — 3 мм вместо 30 см. Соответственно в пять раз уменьшается необходимое для вытягивания нити напряжение поля — 600 В вместо 30 кВ. Благодаря этому «электропряжа» не спутывается, и вместо нетканого полотна удается получить строго упорядоченную структуру. В результате волокна в тканом протезе располагаются вдоль его оси. Процесс NFES разработан в Калифорнийском университете (Беркли).

Свой рассказ в новых приложениях электропрядения мы завершим на той же теме бифункциональных матриц. Год назад опубликована работа, выполненная под руководством Кама Леонга из Университета Дьюка (Северная Каролина). Для изготовления матриц использовали биоразлагаемый сополимер  $\epsilon$ -капролактона и этилэтиленфосфата (PCLEEP). Тоненькие пластинки полимера сворачивали в тубы и склеивали раствором PCLEEP в дихлорметане. На все пластинки, кроме контрольной опыта, наносили методом электропрядения слой параллельно расположенных микроволокон диаметром 4–5 мкм. В одном случае в микроволокна при электропрядении внедряли человеческий глиальный нейротрофический фактор, стимулирующий регенерацию нервной ткани, и при этом был получен наивысший показатель восстановления нерва (44%). Для зарастания повреждения на участке 15 мм требовалось до трех месяцев. На протяжении этого времени нейротрофический фактор продолжал постоянно поступать из разлагающейся матрицы.

Эти и другие новые применения методов электропрядения пока проходят стадию испытаний и разработок. В ближайшее время многие из них, несомненно, войдут в практику.

*Статья написана при поддержке РФФИ*



# Ядерная энергетика и радиоактивные ОТХОДЫ

Член-корреспондент РАН, доктор  
химических наук

**А.М.Чекмарев**

В последние десятилетия уже никому не надо доказывать, что нефть пора экономить для производства пластмасс, лекарств, красителей и других необходимых продуктов, а запасы угля хоть и велики, однако использование его в качестве топлива становится все более опасным в связи с потеплением климата на Земле. Альтернативные источники энергии, такие, как солнечная энергия, энергия ветра, морских приливов и геотермальная энергия, по оценкам ученых, будут составлять в энергетическом балансе Земли менее 5–6% к середине XXI века. Пока что ядерная энергетика — единственная приемлемая альтернатива углю и нефти.

Первая в мире ядерная электростанция была пущена в СССР в 1954 году (что стало, мягко говоря, неожиданностью для всего мира). На время удалось преодолеть синдром ядерной бомбы, который был первым препятствием на пути развития мирной ядерной энергетики. С 1954 года и до первых крупных аварий (Три-Майл-Айленд, США, 1979; Чернобыль, СССР, 1986) эта отрасль развивалась во всем мире планомерно и достаточно быстро. После аварий во многих странах общественные организации стали выступать против. Но со временем природные катаклизмы и резкий рост цен на органическое топливо заставили правительства пересмотреть свои позиции по отношению к ядерной энергии. Сегодня наступает «ядерный ренессанс»: новые заказы на строительство ЯЭС, новые реакторы, работы по созданию новых видов ядерного топлива. В этой обстановке «зеленые» пытаются разыграть свой последний козырь: при работе ЯЭС накапливаются высокоактивные отходы, которые необходимо перерабатывать. Эта, как им кажется, не решенная до настоящего времени проблема — самое слабое место ядерной энергетики.

Однако история науки и техники не раз доказывала, что неразрешимые проблемы рано или поздно находят решения.

## Ядерный реактор

Чтобы понять, как накапливаются радиоактивные отходы в современном ядерном реакторе, познакомимся с устройством хотя бы одного из них.

Самый распространенный реактор (рис. 1) — с водой под давлением (PWR — pressure water reactor). В российской классификации такой тип называется водно-водяным. Это означает, что вода в нем и теплоноситель, и замедлитель нейтронов (ВВЭР — водно-водяной энергетический реактор).

Вода, омывая активную зону, в которой происходит цепная ядерная реакция, нагревается до температуры около 315°C (она не кипит, так как корпус и теплообменник герметично закрыты и давление в них 15–16 атм., отсюда английское название). Нагретая вода поступает в теплообменник паро-

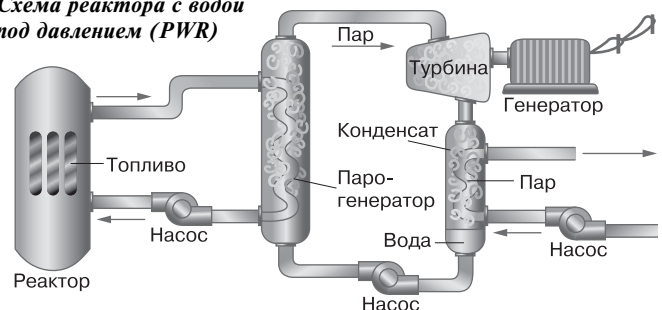
генератора, где трубки с горячей водой омываются конденсатом, образовавшимся после турбины.

Горячая вода первого герметичного контура отдает часть своего тепла воде второго открытого контура, которая вскипает. Пар вращает турбину, а она, в свою очередь, вращает генератор, вырабатывающий электричество. В конденсаторе пар превращается в воду, которая с помощью насоса снова подается в парогенератор. На случай теплового взрыва все содержимое реактора заключено в защитный колпак (контейнер), вместе с корпусом реактора он служит барьером безопасности.

Теперь об активной зоне. Она состоит из так называемых теплоделяющих элементов (твэлов) — трубок длиной 3,65 м и диаметром 10 м. Обычно их делают из сплава циркония, заполняют таблетками диоксида урана, потом гелием и тщательно запаивают с обеих сторон. Готовые твэлы собирают в пучки 17x17 трубок с помощью специальных решеток с отверстиями, которые удерживают их на определенном расстоянии друг от друга. Обычно реактор на 1000 МВт электрической мощности содержит около 200 таких сборок (40 000 — 50 000 топливных стержней — твэлов). Именно это количество образует критическую массу, в которой может поддерживаться цепная ядерная реакция. Часть трубок оставляют пустыми, и вместо таблеток урана в них помещают стержни управления и защиты (СУЗы), сделанные из элементов, сильно поглощающих нейтроны. Сначала это были кадмий, висмут, индий и серебро. Сегодня в состав стержней входят редкоземельные элементы самарий, европий, гадолиний. Гадолиний — рекордсмен по величине сечения захвата медленных нейтронов.

Когда критическая масса достигнута и все СУЗы опущены в активную зону, цепная реакция не идет. Затем стержни начинают постепенно поднимать — то есть уменьшать в активной зоне количество поглощающих элементов, и начинается разветвленная цепная реакция. Когда же количество выделяемой энергии достигнет величины, равной расчетной мощности реактора, стержни вдвигают обратно так, чтобы коэффициент размножения нейтронов лишь ненамного превосходил единицу (для поддержки цепной реакции). Дальше — только работа оператора, неоднократно продублированная автоматами: если мощность реактора падает, стержни надо немного выдвинуть из активной зоны, если растет — вдвинуть, то есть не допустить резкого развития цепной реакции. Вот так и работает реактор, производя

**1**  
*Схема реактора с водой под давлением (PWR)*



Сегодня будущее ядерной энергетики во многом определяется тем, что человечество решит делать с радиоактивными отходами. Этот процесс имеет свою предысторию. Можно было бы сказать: «Все началось с...», если бы тропа науки имела четкое начало. И уж точно она не имеет конца.



ядерную энергию, пар и электричество. Иногда после турбины помещают еще один теплообменник, который греется уже отработанным в турбине паром, а полученную горячую воду направляют на нужды бытового или промышленного теплоснабжения (иначе говоря, в батареи центрального отопления).

При работе реактора сгорает далеко не весь уран-235 (или плутоний-239), который входит в состав топливных таблеток. Происходит это из-за того, что в таблетках накапливаются продукты деления урана — целый набор элементов с массами атомов от 70 до 165. Происходит так называемое отравление реактора продуктами деления, поскольку многие из них имеют очень большое сечение захвата нейтронов. Особенно опасны в этом смысле самарий-149 и ксенон-135.

Накопление продуктов деления идет параллельно «сгоранию» делящихся материалов. Легко понять, что на каждый грамм распавшегося элемента (уран, плутоний, торий) должно образовываться около грамма осколочных элементов.

В мировой практике используют три топливных ядерных цикла (рис. 2). В разомкнутом цикле отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) не используют вовсе, несмотря на то что

в нем обычно остается не менее 0,8% U-235 (от первоначальных 2,5–3%). Замкнутый цикл бывает двух видов: можно использовать оставшийся U-235, а можно и уран и плутоний-239 — это сохраняет ресурсы делящихся материалов. Выбор того или иного цикла зависит от состояния ядерной технологии и уровня развития государства.

Сборки тепловыделяющих элементов необходимо периодически менять — извлекать твэлы с частично «выгоревшим» топливом и накопившимися осколками и помещать в реактор свежие. Обычная частота замены — около одной трети сборок в год (это значит, что за три года все твэлы меняют на новые).

Выгоревшее топливо — высокорadioактивное и очень горячее. При перегрузке обычно весь путь его транспортировки заполнен водой. А хранится оно в бассейне, причем над стержнями находится четырехметровый слой воды для эффективной радиационной защиты. Бассейн имеет специальную систему охлаждения и фильтры, которые удаляют из воды радиоактивные и другие загрязнения.

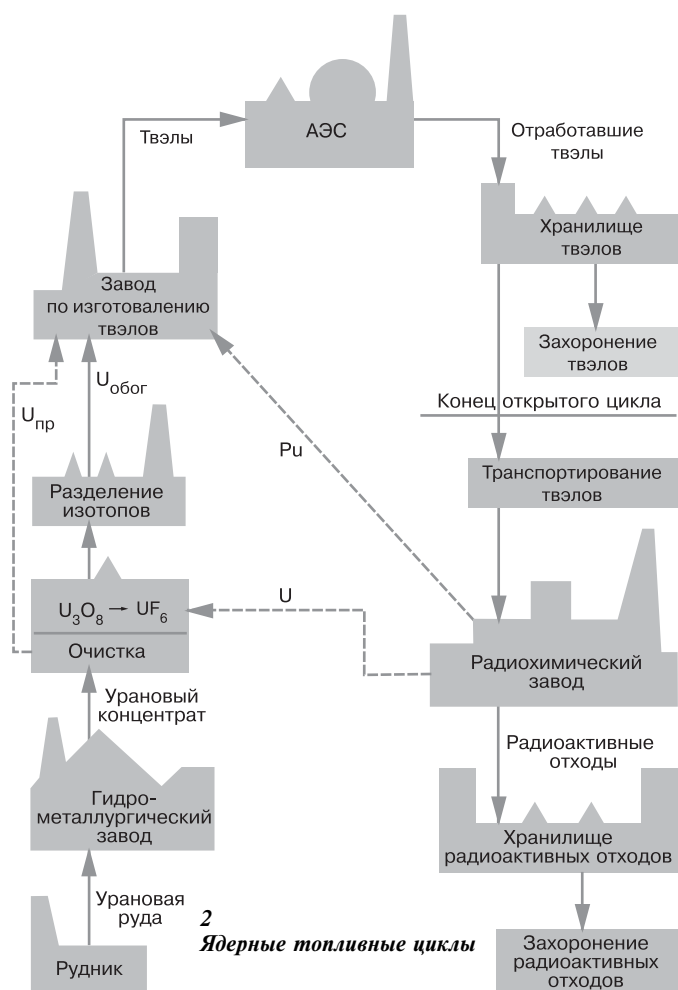
## Отработавшее ядерное топливо

Тут мы подошли к главному предмету повествования: к судьбе отработавшего ядерного топлива. Долгое время считалось, что ОЯТ — это отходы ядерной энергетики. Сегодня взгляды изменились. Во-первых, как мы знаем, в конце цикла весь U-235 не может быть «сожжен». Поэтому уран можно выделить и снова повысить в нем концентрацию U-235 до необходимого уровня (обогатить). Кроме того, в процессе работы реактора часть U-238 превращается в Pu-239, который тоже можно выделить и использовать в качестве ядерного топлива. Многие радиоактивные изотопы, входящие в состав осколочных элементов, находят полезное применение в технике, медицине, научных исследованиях (см. подверстку). Для ОЯТ вполне подходит знаменитое высказывание Д.И.Менделеева: «В химии нет отходов, есть неиспользованное сырье».

Если в стране принят замкнутый ядерный цикл, то выгруженное топливо после выдержки направляется на химическую переработку. Выдерживают его такое время, чтобы распалась основная масса короткоживущих нуклидов. Уже после 2–3-летней выдержки активность топлива определяется только сравнительно долгоживущими продуктами деления (цирконий, ниобий, стронций, цезий, церий и другие редкоземельные элементы, Pu,  $\alpha$ -активные трансурановые элементы).

Надо сказать, что выгруженное ОЯТ не обязательно хранят два-три года. Это зависит от того, какой топливный цикл использован (закрытый или открытый) и, следовательно, временное это хранение с последующей переработкой или вечное хранение без переработки. Существуют хранилища на время выдержки не менее 10 лет. В мире имеется опыт хранения ОЯТ в бассейнах более 20 лет.

Если твэлы направляют на переработку, то на радиохимических заводах их освобождают от оболочек, которые удаляют механически или растворяют. Иногда твэлы про-



2 Ядерные топливные циклы



3  
**Схема обращения с радиоактивными отходами:**  
 ОТ – отработавшее топливо; ГО – газообразные отходы; ВАО – высокоактивные отходы; НАО – низкоактивные отходы; САО – среднеактивные отходы; ТУЭ – трансуранные элементы.  
 Пунктир – теоретически рассматриваемые варианты

сто режут на куски вместе с оболочкой. Затем топливную композицию (оставшийся уран, осколки деления, плутоний, иногда куски оболочки) растворяют. Способов, как это сделать, довольно много, но сегодня чаще всего используют азотную кислоту. Затем разделяют, концентрируют и чистят все ценные компоненты методом экстракции: полученный водный раствор смешивают с органическим раствором специальных соединений-экстрагентов, которые извлекают из водной фазы нитраты элементов. Если повторить эту операцию много раз, то нужные элементы не только отделяются друг от друга, но и чистятся. В процессе этих химических манипуляций получают водные и органические растворы разной степени активности, а часть радиоактивных элементов при этом переходит в газовую фазу, где могут образовываться аэрозоли. Те фазы, в которые попадают неиспользуемые радиоактивные нуклиды, — это отходы радиохимического производства.

Обращаются с ними по-разному. Особое внимание уделяют высокоактивным отходам (ВАО), которые содержат более 99% активности отработавших твэлов. Активности ряда осколочных элементов в них сохраняется сотни лет, а трансурановых и некоторых осколочных нуклидов — тысячи лет. Основная задача — свести объемы отходов к минимуму и перевести их в форму, удобную для долгосрочного хранения или вечного захоронения.

Существуют требования, которым должны удовлетворять радиохимические заводы по переработке твэлов. Они предусматривают разделение всех отходов по типу и уровню опасности и регламентируют свойства продуктов на выходе после переработки. То, что выбрасывается заводом в окружающую среду, должно иметь уровень радиоактивности, сравнимый с природным. Чтобы выполнить эти требования, применяют разные методы.

## Отходы

Как сейчас хранят и перерабатывают накопленные отходы? Абсолютно все, что хранится на поверхности Земли, находится в надежных, многокорпусных хранилищах с дублированными системами охлаждения, вентиляции и контроля. Герметичность гарантируется постоянным контролем и профилактическими мероприятиями. Так можно хранить жидкие отходы, упаренные до солевого кека, прокаленные вещества и другие формы отвержденных отходов, а также непереработанное топливо. Со

временем, по мере совершенствования техники захоронения это все можно будет перезахоронить навечно.

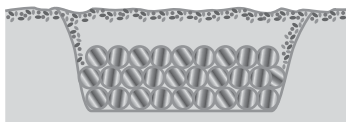
Поскольку отходы разные — газообразные, жидкие, твердые — и с разными уровнями опасности, вариантов переработки довольно много (рис. 3). Сразу обращу внимание, что сплошные линии — это хорошо отработанные способы, а те, что обозначены пунктиром, находятся в стадии разработки. Если о каждой ступени рассказывать отдельно, то получится большая монография. Поэтому прокомментирую лишь некоторые.

Надо сказать, что космос — самый верный способ изолировать опасные вещества, если не учитывать нерешенную проблему надежности запусков ракет. Но это очень дорого, поэтому имеет смысл говорить об изоляции таким способом наиболее опасных компонентов ОЯТ (например, актиноидов с их огромными периодами полураспада). Пока этот способ не реализован.

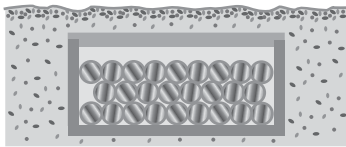
Как уже говорилось, жидкие высокоактивные отходы — это растворы, остающиеся после извлечения из них урана и плутония с помощью экстракции. На одну тонну ядерного топлива образуется 5–10 м<sup>3</sup> таких растворов. Сначала их упаривают в среднем в десять раз. Потом заливают в резервуары из нержавеющей стали от 70 до 1500 м<sup>3</sup> со змеевиками охлаждения, вентиляцией, системой контроля и автоматического поддержания заданных режимов. Все это помещают в бетонный отсек, который, в свою очередь, облицовывают нержавеющей сталью. Срок эксплуатации резервуара — 20–30 лет.

После этого времени отходы переводят в твердое состояние. Для этого раствор доупаривают (снова сокращая его объем в десять раз), остаточный сироп прокалывают до оксидов, а их вводят в состав стекол, бетона, синтетических минералов и т. п. Главное, чтобы получился химически, термически и радиационно стойкий продукт.

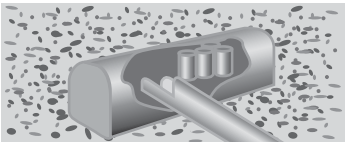
К примеру, начиная с 1951 года широко распространился метод, когда кальцинаты (оксиды) вводят в стекло. Расплавленное стекло может растворять, а после охлаждения прочно удерживать сравнительно большое количество радиоактивных оксидов. Главный недостаток стекла (первоначально это аморфное тело) — его последующая кристаллизация (все мы знакомы с помутнением старых стекол) и растрескивание. Тем не менее, создав еще несколько барьеров безопасности, таких, как бочка из нержавеющей стали, бетонные гнезда и т. п., а также соорудив хранилища в местах, куда не поступает вода, этот недостаток в



Захоронение в приповерхностных слоях (песок или глина)



Бетонный бункер (песок или глина)



Пустоты в горных породах (гранит)

#### 4 Принципы устройства хранилищ в приповерхностных слоях и пустотах горных пород

значительной степени можно преодолеть. Первая в мире промышленная, непрерывно работающая установка по добавлению в стекло высокоактивных отходов начала действовать в 1978 году в Маркуле (Франция), поэтому опыта в этой области накоплено достаточно. Иногда из стеклянной массы с ВАО получают шарики, которые помещают в свинцовую матрицу. Такой материал называют «витромет». В СССР эту технологию используют с 1974 года.

Средне- и низкоактивных отходов образуется при переработке гораздо больше — это различные промывные воды, растворы после осаждения радиоактивных соединений, растворы от дезактивации оборудования, помещений, растворы из системы очистки, вода из бассейнов выдержки ОЯТ и т. п. Завод по очистке ядерного топлива производительностью 1500 т в год дает 50—150 м<sup>3</sup>/сутки жидких среднеактивных отходов и 500—1500 м<sup>3</sup>/сутки низкоактивных. Их переработка состоит из двух этапов. На первом этапе сокращают объем и освобождают воду, которую можно использовать в технологических целях или сбросить без ущерба в окружающую среду. На втором этапе отходы чаще всего переводят в твердое состояние и передают на захоронение или долговременное хранение. Их обычно добавляют к битумам, цементам и т. п. Применяют также и технологию со стеклом. Битумы хороши, но горючи, к тому же их надо разливать в бочки. Поэтому их нередко заменяют искусственными полимерами или предпочитают цемент — то и другое можно хранить без специальной упаковки.

Обязательно очищают все газы, имеющие хоть немного повышенный уровень радиоактивности. Не будем перечислять подробно эти рутинные и хорошо отлаженные методики, с помощью которых улавливают иод, тритий, криптон, СО<sub>2</sub>, СО и другие газы.

При переработке ядерного топлива образуется очень много твердых отходов (на заводе ОЯТ мощностью 1400 т в год их образуется до 500 м<sup>3</sup> — то есть 420 кг на 1 т ОЯТ). Откуда столько? Это оболочки твэлов, конструкционные материалы, различные осадки. При контакте с радиоактивными элементами происходит нейтронная активация конструкционных материалов. Так, к примеру, компонент нержавеющей сталей — никель — всегда содержит следы сопутствующего ему в природе кобальта. Кобальт в поле интенсивного нейтронного облучения активируется, превращаясь в изотоп Со-60 — один из самых опасных, долгоживущих и с жестким  $\gamma$ -излучением. Поэтому теперь для зон, где материал подвергается достаточно интенсивному нейтронному



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

облучению, чаще применяют нержавеющие стали на основе хрома.

Твердые отходы, если они высокоактивные, прессуют, заливают пустоты свинцовым сплавом, бетонируют и хранят в металлических емкостях с водой. К средне- и низкоактивным отходам (фильтры, обтирочные материалы, спецодежда, обувь, бумага, лабораторная посуда, перчатки) подходят очень избирательно. Их сортируют на сжигаемые и несжигаемые, прессуемые, и определяют природу загрязняющих радионуклидов. Эти методики также отлажены хорошо.

Надо сказать отдельно об отходах, содержащих актиноиды. Дело в том, что они наиболее опасны — снижение их активности до уровня естественного фона длится десятки тысяч и миллионы лет. Захоронять их сложно, поскольку требуется непрерывный отвод тепла, учет возможных климатических и геологических изменений, а главное — это перекладывает проблему на плечи будущих поколений. Можно захоронять актиноиды в континентальные геологические формации (пещеры, соляные выработки, шахты), на дне океана или под него, в ледниковые зоны, удалять за пределы Земли и т. п. Практически все эти способы уже опробованы, и каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Самыми подходящими породами для захоронения считаются соляные формации, безводный гипс, сланцы и глины, граниты, вулканические породы. Пока идет выбор оптимального решения, предпочтение стоит отдать приповерхностному захоронению отвержденных отходов, как наиболее просто и полно контролируемому (рис. 4).

В любом случае, по оценкам международных организаций, захоронение всех отвержденных радиоактивных отходов надо производить не раньше чем через десять лет после выгрузки топлива из реактора. При этом значительная часть радионуклидов распадается и уменьшается тепловыделение, то есть они остывают. Тогда будут проще и транспортировка, и контроль теплового режима.

Еще раз повторю, что даже при самых благоприятных природных условиях на момент захоронения отходов надо предусматривать многобарьерную изоляцию: получать наиболее устойчивые соединения радионуклидов, распределять их в прочной матрице (стекло, керамика), помещать в контейнер из нержавеющей стали, захоронять в скважинах из стойкого материала, которые расположены в специальных глинистых породах с высокой сорбционной емкостью, и, наконец, предусмотреть еще один барьер из основной геологической формации, в которой устроено хранилище. Так можно гарантированно обеспечить безопасность человека и окружающей среды. Отходы никогда не захороняют навечно, если не соблюдены эти условия.

## Трансмутация

На схеме переработки отходов есть один процесс с не очень понятным названием «трансмутация». Дело в том, что еще в конце прошлого века об этом процессе говорили как об очень привлекательном, но трудно осуществимом, особенно применительно к самым «страшным» актиноидам. Се-

годня же практическим вопросам трансмутации посвящают специальные конференции. С широким применением трансмутации мы уже встречались: в ядерном реакторе под действием нейтронов «неделяющийся» U-238 превращается в делящийся Pu-239.

Столкнувшись с проблемой захоронения трансурановых элементов –  $\alpha$ -активных, долгоживущих, – ученые задумались. А нельзя ли их как-нибудь сжечь? Естественно, в переносном смысле, не разжигая огня. Оказалось, что можно. Облучить их нейтронами в обычном или специальном реакторе, чтобы они превратились в короткоживущие изотопы, и не придется захоранивать или хранить трансурановые элементы в течение тысячелетий. В глоссарии по ядерной энергетике термин «трансмутация» так и определяется: «Преобразование долгоживущих нуклидов в более короткоживущие или даже устойчивые, то есть нерадиоактивные».

Строго говоря, трансмутацию можно осуществить, облучая долгоживущие изотопы не только нейтронами, но и другими частицами, и даже  $\gamma$ -лучами. Однако нейтроны были и остаются главными орудиями ядерных превращений, только поток их должен быть очень интенсивным – порядка  $10^{15}$  нейтронов на  $\text{см}^2$  в секунду. Такие потоки теоретически можно создать в термоядерных реакторах, ускорителях частиц, энергетических реакторах на тепловых и быстрых нейтронах. Однако, скорее всего, понадобятся специальные реакторы – дожигатели.

Кроме сжигания долгоживущих малых актиноидов (Np, Am, Cm), надо обратить внимание на такие долгоживущие продукты деления ядер урана, как технеций-99, иод-129 и цезий 135. Их сжигание может привести к довольно интересным результатам. Например, при трансмутации технеция-99 образуются короткоживущие и стабильные изотопы рутения (одного из самых редких элементов платиновой группы). Кроме малой распространенности и высокой цены, металл интересен еще и тем, что был открыт в 1844 году русским химиком с не очень русским именем – Карлом Карловичем Клаусом и назван им в честь России (Ruthenia – так в позднелатинском языке называлась наша страна). Таким способом можно получить практически чистый стабильный изотоп рутения-100. Если создать мощные реакторы-дожигатели, то производство искусственного рутения будет сопоставимо с его производством из руд.

Трансмутация – прекрасный пример того, как ученые решают нерешаемые проблемы. Практическая реализация этого процесса уже не за горами.

## Стратегический резерв

Неспециалисты нередко полагают, что все осколки деления радиоактивны. Подавляющее их большинство действительно радиоактивно. Но нерадиоактивные тоже есть, и их можно попробовать выделить и использовать. Стоит ли овчинка выделки? Возможно, вопрос отпадет сам собой, если уточнить, какие это элементы.

В осколках деления радиоактивного топлива есть достаточно редко встречающиеся в земной коре, зато широко применяемые металлы платиновой группы: родий (Rh), рутений (Ru) и палладий (Pd). При азотнокислом выщелачивании отработавшего топлива все платиноиды переходят в раствор, где и остаются после выделения урана и плутония в виде азотнокислых  $\text{Pd}^{+2}$  и  $\text{Rh}^{3+}$ . Правда, есть и радиоактивный Ru-106 с периодом полураспада 1 год, и Pd-107 с периодом полураспада  $7 \cdot 10^6$  лет. Наибольший интерес представляют Pd и Rh.

В 1988 году на специальном совещании под эгидой Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ)

были сделаны экспертные оценки относительно природных ресурсов платиновых элементов, скорости их расходования и возможного количества в радиоактивных осколках. Эксперты пришли к выводу, что до конца XX столетия природные источники смогут удовлетворить растущий мировой спрос на эти металлы, однако к 2025 году количество рутения, родия и палладия в отходах ядерного топлива будет соизмеримо с природными ресурсами или даже превысит их.

Задачу немного осложняют радиоактивные изотопы. При этом для рутения с его периодом полураспада один год проблема может быть решена 30–50-летней выдержкой – к этому времени, если оценки верны, как раз оскудеют природные источники. С палладием дело обстоит хуже – уж очень большой период полураспада. Есть два выхода: заменять радиоактивный Pd в условиях, гарантирующих безопасность персонала и отдельно от нерадиоактивного природного, или отделять стабильный палладий от радиоактивного Pd-107, что сильно поднимет себестоимость продукта.

Тем не менее осколочные элементы отработавшего ядерного топлива – не только источник полезных радиоактивных элементов, но и стратегический резерв некоторых стабильных.

## Задачи и перспективы

За время существования ядерной энергетики накоплен огромный опыт изоляции и переработки отходов, их хранения и захоронения.

Решена проблема работы открытого и закрытого ядерных топливных циклов. Каждая страна может избрать свой, наиболее подходящий для нее путь. К примеру, можно выделять из отходов только уран и плутоний и использовать их повторно в реакторах, а с остальными изотопами пока не возиться – они будут не так опасны. Почему? Потому что когда в смеси есть еще и U-235 и Pu-239, может произойти случайное образование критической массы и начнется цепная ядерная реакция. Сегодня наряду с достаточно разработанными и прошедшими многолетнюю проверку способами выделения урана и плутония, такими, как Пурекс-процесс, появляются новые, которые могут оказаться еще надежнее.

К 2030 году ядерная энергетика России должна обеспечивать 25% доли электроэнергии, потребляемой страной. Естественно, увеличится и количество отработавшего ядерного топлива: к уже накопленным 20 тысячам тонн добавится немало. Впрочем, это все равно будет на несколько порядков меньше, чем объем отходов традиционной энергетики, которые тоже весьма радиоактивны.

В России и других странах, где есть предприятия по переработке ядерного топлива, его расценивают как сырье для производства оборотного урана, плутония, а также значительного числа полезных радиоактивных изотопов. Однако окончательный выбор наиболее надежных способов переработки – дело ближайшего будущего. Это же относится к хранению и захоронению радиоактивных отходов разного уровня активности, образующихся после переработки.

В течение ближайшего времени необходимо принять безошибочное решение: какой из успешно опробованных способов переработки ОЯТ, хранения и вечного захоронения ядерных отходов выбирает для себя каждая страна «ядерного пула». Время для раздумий дает происходящий сегодня переход от «мокрого» способа хранения ОЯТ в бассейнах выдержки к сухому. Дело в том, что продолжительность «мокрого» хранения ограничивается временем, после которого начинается коррозия твэлов – она достигает опасного





## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

уровня через 50 лет. Хранить ОЯТ в сухом виде можно 100 лет и больше. За это время надо сделать выбор. Основные принципиальные проблемы сухого хранения уже решены. На площадке строящегося завода РТ-2 к 2010 году должно быть возведено хранилище вместимостью 39 000 тонн, такого же типа хранилища появятся на других предприятиях. «Мокрое» хранение можно оставить только на площадках ядерных электростанций.

В России сейчас создается Единая государственная система автоматического контроля радиационной обстановки на всей территории страны – она станет гарантом безопасности населения. Все мероприятия, которые сегодня намечаются в системе Атомпрома России, направлены на реализацию принципов ответственности перед будущими поколениями, сформулированных МАГАТЭ.

1. Административное, социальное и финансовое бремя по обеспечению безопасности работы предприятий и изоляции отходов берут на себя поколения, непосредственно пользующиеся ядерной энергией.

2. Будущие поколения не должны принимать специальных мер по самозащите.

3. Будущая опасность для здоровья человека и для окружающей природной среды от хранения отходов не должна превышать ту, которая допускается сегодня.

4. Нельзя допускать степени повышения риска на территории сопредельных государств.

Безальтернативность использования ядерной энергии сегодня очевидна для тех, кто имеет возможность сопоставить факты. Но для окончательного оформления структуры ядерной энергетики нужны некоторые решения и перемены. Например, разработка новых видов топлива, новых безопасных конструкций реакторов, способов переработки ОЯТ и т. д. По всем этим направлениям ведутся работы, а в некоторых случаях они уже закончены. Вспоминается шутивное английское стихотворение:

*Не знала бед сороконожка,  
Бездумно двигаясь вперед.  
Вдруг лягушонок на дорожке  
Вопрос ей в шутку задает:  
«Скажи, дружок сороконожка,  
Когда выходишь ты в поход  
По этой маленькой дорожке,  
Какой ногой идешь вперед?»  
Задумавшись, сороконожка  
Лежит в канаве целый год.  
Уж заросла травой дорожка.  
Какой ногой идти вперед?*

Нужно сделать выбор – «какой ногой идти вперед» ядерной энергетике? Еще раз отмечу, что уже есть новые технические решения, многие из которых прошли практическую проверку. У нас ядерная отрасль, к счастью, в значительной степени сохранила научно-технический потенциал, а ее руководство заинтересовано в бесперебойной и безопасной работе.

# Применение ИЗОТОПОВ

**У**чет всех изотопов – природных, искусственно синтезированных, получающихся в результате деления – привел к следующим результатам. Около 350 изотопов девяноста элементов найдены в Солнечной системе (70 из них радиоактивны). В лабораториях мира синтезировано более 1600 изотопов. Для элементов с номерами меньше 83 в Менделеевской таблице чаще встречаются стабильные изотопы, чем радиоактивные.

Надо ясно представлять себе, что радиоактивные изотопы – это не всегда отходы, а весьма полезные носители излучения, без которых сегодня немислимо успешное развитие науки и техники. Приведем лишь некоторые примеры.

В 1958–1959 годах в США была создана фабрика по размножению мух. Личинки мух облучили  $\gamma$ -лучами радиоактивных изотопов и 50 млн. стерилизованных особей каждую неделю разбрасывали с самолета над территорией нескольких штатов. На протяжении двух лет рассеяли примерно 2 млрд. мух, поэтому вероятность размножения облученных самок и необлученных самцов была ничтожной. К 1960 году мухи, бич крупного рогатого скота, были полностью уничтожены на территории США. Такой метод стерилизации можно применять ко многим вредителям сельского хозяйства.

В 70-х годах прошлого века, когда много говорили о «зеленой революции», были выведены высокоурожайные, стойкие к болезням и засухе сорта риса и пшеницы. Это дало повод некоторым «защитникам природы» требовать отказаться от удобрений и прочей «химии» в сельском хозяйстве. Однако даже человек, считающийся отцом «зеленой революции», Норман Эрнст Борлоуг, называл главным ее достижением выведение высокоурожайных сортов, особо восприимчивым к удобрениям. И хотя основные сорта злаковых были получены с помощью обычной долголетней селекции, радиация и тут сыграла свою роль. К примеру, новый сорт пшеницы «Сонсора» категорически не понравился местному населению Индии из-за непривычного красного цвета. Сотрудники Индийского института с помощью  $\gamma$ -облучения всего за три с половиной года создали разновидность этой пшеницы янтарного цвета, сохранившую все ее качества. Такая же история произошла на Филиппинах с высокоурожайным сортом риса, который легко поддавался грибковым заболеваниям.

С помощью радиоактивного облучения можно уничтожать бактерии, грибки и прочие мик-



*Ученый-ядерщик в беседе с активисткой «зеленого» движения задает вопрос: «А где же вы будете брать электроэнергию, если не строить ядерных станций?»*

*Ответ: «Из розетки!»*

роорганизмы, которые в отдельных районах земного шара истощают или портят до 50% всех запасов продовольствия. Облучение весьма полезно и при консервации продуктов.

Радиоактивная обработка корнеплодов предупреждает их прорастание. Тем же способом можно замедлить созревание фруктов, предназначенных для хранения или транспортировки. Даже мясо после облучения хранится долго, а в продуктах птицеводства уничтожаются возбудители сальмонеллеза.

С помощью рентгеновской трубки определяют качество сварного шва и дефекты внутри металлических деталей. Рентгеновская установка позволяет обнаруживать включения и полости, которые могли стать причиной поломок и аварий. Принцип действия как в медицине: лучи по-разному проникают сквозь ткани и кости, что и видно на экране установки. Однако затащить во врачебный кабинет какой-нибудь сложный агрегат, длинную трубу или рельс затруднительно. Приходят на помощь радиоактивные изотопы с жестким  $\gamma$ -излучением, которые позволяют сделать установку переносной. Такой способ дефектоскопии применяют для проверки внутренних сварных швов трубы: источник излучения движется внутри нее, а экран — снаружи. Обычно в портативных  $\gamma$ -дефектоскопах используют изотопы Co-60 и Ta-182, Cs-137 и Eu-154.

При массовом производстве листового железа, стекла, киноплёнки надо контролировать толщину продукции, причем желательнее в непрерывном режиме. Если состав изделий не меняется, поглощенное ими излучение будет пропорционально толщине. Примерно так же измеряют плотность жидкости в потоке. Задача упрощается, если жидкость представляет собой смесь постоянных компонентов.

Наверное, все слышали об об-

разовании электрических зарядов на быстро движущихся лентах: при печатании газет, окраске шерстяных и шелковых нитей. Статические заряды могут притягивать частицы пыли, а возникшие разряды — даже приводить к взрывам. При трении края крыла самолета о воздух возникают статические заряды, которые могут представлять опасность. Присутствие в таких местах радиоактивных изотопов делает воздух электропроводным, статические заряды при этом «стекают» с мест образования и нейтрализуются.

Утомительную работу по подсчету готовой продукции (сигарет, тюбиков с пастой, пузырьков с лекарствами и т. п.) тоже легко делать с помощью источника излучения. Специальное устройство фиксирует, сколько раз перекрывается луч предметами на конвейере, и делать это оно может со скоростью до 10 000 предметов в минуту.

Подобрав подходящие радиоактивные изотопы, химические свойства которых те же, что и у стабильных, можно проследить путь химического элемента во время сорбции, экстракции, ректификации, химической реакции. Присутствие радиоактивных элементов в любой из фаз легко определяется чувствительными приборами. Это так называемый метод радиоактивных индикаторов или меченых атомов.

Можно упомянуть еще множество полезных применений радиоактивных изотопов. Радиоактивный углерод в исчезающе малых, но определяемых количествах в составе краски для печатания денег затрудняет работу фальшивомонетчиков и облегчает расследование преступления. Добавка того же углерода-14 в перерабатываемые продукты исключает отравление людей случайно образовавшимся CO, так как чувствительные счетчики мгновенно установят присутствие C-14 в воздухе завод-

ских помещений. Таким же способом можно устанавливать герметичность различных сосудов, трубопроводов и т. п.

Особое место занимает применение изотопов в медицине. Ампульные источники мягкого  $\gamma$ -излучения позволили создать небольшие передвижные рентгеновские установки, с помощью которых обследуют пациентов в отдаленных районах. Это помогло выявить туберкулез на ранних стадиях и увеличить процент выздоровления больных.

Всем известно о лучевой терапии раковых заболеваний. Сегодня все чаще применяют лекарства, содержащие радиоактивные изотопы. Эти лекарства обладают способностью концентрироваться только в злокачественных образованиях, облучая опухоль изнутри и благодаря малой энергии излучения почти не затрагивая соседние здоровые органы.

Очень удобны малогабаритные и долго работающие источники тепловой энергии, которую можно преобразовать в электрическую — ведь небольшие количества многих радиоактивных изотопов заметно греются. Поэтому изотопы используют в автономных маяках, бакенах и т. п.

Они действительно всюду, но и по этому поводу не стоит волноваться. Сбор и захоронение радиоактивных изотопов, которые используются в повседневной жизни, а не на атомных станциях (обычно это мало- и среднеактивные отходы), имеют многолетнюю историю, и техника такого захоронения хорошо проработана. Главная забота устроителей «могильников» — выбор подходящей площадки.



# 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 однотоочечным 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



Для подводной съемки требуется не совсем обычное оборудование (на фото — автор статьи)

# Репортаж из-под воды

А.Семенов



Многощетинковый червь *Nereis virens* большую часть жизни проводит на дне и лишь одну неделю лета плавает у самой поверхности моря

Александр Семенов — выпускник кафедры зоологии беспозвоночных животных Биологического факультета МГУ. После окончания учебы он пошел работать на Беломорскую биологическую станцию им Н.А.Перцова, где, еще будучи студентом, прошел не одну полевую практику. Сейчас он сам достает практикующимся студентам учебный материал со дна моря, а попутно фотографирует удивительных зверей, которых там встречает. И делает это Саша профессионально. Подводных макрофотографов такого класса — тех, кто умеет делать портреты маленьких существ, обитающих на большой глубине, — во всем мире можно пересчитать по пальцам. Если же говорить конкретно о фауне Белого моря, то, похоже, Саша единственный, кто показывает миру его обитателей во всей красе. Теперь их могут увидеть и читатели «Химии и жизни».



*Красочные расцветки бокоплавов — на удивление удачный способ маскировки, ведь водоросли, среди которых они живут, такие же яркие*



**Б**ольшинство людей уезжает летом на юг — отдыхать и загорать, купаться и нырять в теплом океане. Но мало кто знает, что на Севере в это время кипит работа в холодных, полных живности морях. Одно из мест, где изучают подводную фауну Севера, — Беломорская биологическая станция МГУ. Вопреки мнению, что все самые красивые звери живут в тропических водах, можно смело заявить, что северные моря не менее богаты разнообразнейшими зверями, зачастую куда более любопытными, чем цветастые рыбки и кокосовые крабы. На каждом квадратном метре дна

здесь можно встретить десятки самых невероятных животных причудливой формы, со странными повадками и удивительным образом жизни. Все это безумно интересно наблюдать, поэтому давайте проведем небольшую экскурсию в глубины Белого моря.

Пока мы будем идти на лодке к месту погружения, то наверняка встретим проплывающего мимо огромного (15–25 см) червяка цвета «синий металлик». Это *Nereis virens*, многощетинковый червь, который поднялся к поверхности, чтобы выметать в воду свои половые продукты. Основную часть жизни nereисы проводят в своих норах на дне, под камня-

ми, строя большие слизистые сети и поджидая добычу. Они — страшные хищники с двумя острыми челюстями, которыми вполне могут цапнуть и человека. Челюсти прячутся в глотке, которая выворачивается в тот момент, когда nereис хватает жертву. Достаточно неприятная картина, но завораживающая. Когда у них наступает время размножения, их конечности-параподии видоизменяются и становятся похожими на весла. Nereисы обретают способность отлично плавать — всего на одну неделю лета. Сотни тысяч nereисов устремляются со дна к поверхности моря, где плавают подобно морским змеям, разрезая водную гладь на множество частей. При желании их можно наловить и зажарить или сварить — они вполне съедобные, мы пробовали. Не забудьте только посолить.

Заморив червячка, отправимся на дно. Нырнем сразу на глубину метров в 15, в зону красных водорослей, где всегда кипит жизнь. Основную массу зверей здесь составляют морские козочки, *Caprella linearis* и *Caprella septentrionalis*, — маленькие ракообразные, размером не больше двух сантиметров, которые зацепляются ножками за любой субстрат и, широко раскинув конечности, клешнями отлавливают проплывающую мимо пищу. В море существуют постоянные приливно-отливные течения, поэтому вода все время проносит какие-то взвешенные частицы органики, одноклеточные водоросли и микроскопических планктонных животных. Именно это козочки и вылавливают из толщи воды. Обычно их так много, что на водоросли или губке нет места, где ни сидела бы коза. Иногда они переползают с одного места на другое, сгибая свое тонкое тело подобно гусеницам. Довольно нелепый способ перемещения для ракообразных, но так уж устроены у них конечности: три пары цепких ножек в задней части и большие ловчие и ротовые конечности спереди, а вот посередине тела им зацепиться-то и нечем.

Рядом с козами, где-нибудь под листом водоросли или в тени, сидят бо-



*А это, так сказать, лицо многощетинкового червя *Nereis virens*, который изображен на предыдущем развороте*

*Морской ангел взмахивает нежными крыльями*

коплады. В Белом море их более 230 видов, так что здесь можно увидеть рачков самых разнообразных форм и расцветок, а размеры их варьируют от миллиметра до 4–5 см. Собственно, так же как и козочки, бокоплады относятся к ракообразным. Они ведут

*назвали морскими козочками. А вот по-английски их называют skeleton shrimp — «креветка-скелет»*

*Из-за длинных торчащих антенн, напоминающих рога, этих рачков*



*Этот необычный дикобраз — редкий голожаберный моллюск *Coryphella polaris**



*Nymphon grossipes*,  
морской паук,  
несет кладку  
специализированными  
яйценосными ножками.  
Яйца всегда вынашивает самец



преимущественно ночной образ жизни: с наступлением ночи выбираются из-под кустов, выкапываются из дна, вылезают из норок, выгрызенных в стеблях ламинарий, и десятками и сотнями кружат в нескольких сантиметрах от дна в поисках пищи. Бокоплавы практически всеядны, их даже считают санитарами моря, так как кроме пойманной самостоятельно добычи они с удовольствием подъедают и свежеумерших животных.

Помимо многочисленных ракообразных, в зарослях багрянок живут и другие крайне интересные группы животных. Одна из таких групп — голожаберные моллюски. Это, на мой взгляд, самые невероятные создания на нашей планете. Форма тела и расцветка у отдельных видов голожаберников разнятся настолько, насколько это вообще можно себе вообразить. Чаще всего это небольшие (1,5–2 см) неторопливые мягкотелые моллюски с причудливыми выростами по всему телу и кустистыми лепестками жабр. Их можно найти на колониях гидроидных полипов, в зарослях мшанок или просто переползающими с одного места кормления на другое. Питаются они, объедая эти самые колонии гидроидов — загрызают сидячих медуз, утилизируют медуз погибших... Некоторые голожаберники питаются мшанками, асцидиями или губками, но это реже. У некоторых из них есть интересная особенность: они не переваривают стрекательные клетки съеденных кишечнотелых (это те самые клетки, нематоциты, с помощью которых медузы жгутся, — оружие и защита всех желетелых). Голожаберные моллюски каким-то образом переправляют эти клетки в разные участки своего тела, чтобы самим защищаться от более крупных хищников. Как только к такому моллюску кто-то прикасается, из стрекательных

клеток выстреливает длинная, зазубренная на конце нить, которая пробивает мягкие покровы нападающего. Никакая рыба не захочет его попробовать дважды! На Белом море достаточно много разных голожаберников, но в этом году к нам попал в руки редкий вид — *Coryphella polaris*. Она отличается очень длинными и яркими папиллами и огромными, похожими на рога, рыжими ринофорами — органами химического чувства. Ни у кого из беломорских голожаберников таких нет!

Еще одна удивительная группа животных, которую мы можем встретить на дне, — это морские пауки. Они вовсе не родственники привычным нам наземным паукам, не плетут паутины и не ловят мух. Это совершенно отдельный класс членистоногих. Морские пауки выглядят достаточно необычно: у них очень длинные широко расставленные ноги, в которые заходят выросты пищеварительной и половой систем, и очень маленькое тонкое тельце, в передней части которого есть небольшой бугорок с четырьмя простыми (то есть не фасеточными, как, к примеру, у мух) глазами. Головной конец несет вооруженные клешнями конечности — хелифоры, чувствительные пальпы и хобот. Размеры пауков сильно варьируют — от 4 мм до 70 см в размахе ног, но беломорские виды, к примеру *Nymphon grossipes*, редко вырастают больше 2–3 см. Благодаря своему внешнему виду и покровительственной окраске пауки прекрасно маскируются в зарослях водорослей, так что далеко не каждому удастся заметить медленно вышагивающего по листу багрянки нимфона.

Морские пауки очень интересно питаются: они едят прикрепленных ко дну или малоподвижных беспозвоночных с мягким телом — чаще всего это бывают кишечнотелые. Наши

виды питаются гидроидными полипами: удерживая клешней ножку гидроида, хищник погружает конец хобота в окружающую полип чашечку и высасывает его, после чего неторопливо шагает к следующему. Если потревожить или напугать паука, то он моментально складывает ножки вместе, падает на бок и кубарем скатывается с насиженного субстрата, после чего планирует ко дну. Оказавшись в относительной безопасности, он расставляет ноги, переворачивается в нормальное положение и быстро прячется в какое-нибудь укрытие.

А уже поднимаясь на поверхность, если повезет, в толще воды можно увидеть самое красивое и грациозное создание наших северных морей — морского ангела, *Clione limacina*. Этот крылоногий моллюск — один из прекраснейших пловцов на свете. Движения крыльями, которые он совершает, больше всего напоминают сильно замедленные взмахи крыльев бабочки. Смотреть, как морской ангел неторопливо плывет и, плавно изгибаясь, меняет свой курс, можно часами. Самые крупные ангелы дорастают до пяти сантиметров. Они питаются другими, совсем крохотными крылоногими моллюсками — морскими чертями (подотряд Thecosomata). У охотящегося ангела из головы высовываются ловчие щупальца, которыми он, как в капкан, ловит чертика. При этом вся его медлительность вмиг исчезает, и ангел показывает такие рекорды скорости, которые и не снились другим моллюсками (не считая головоногих, конечно). А вот самого ангела никто особо не ест — в его организме вырабатывается вещество, которое делает его несъедобным.

Все эти уникальные животные — лишь малая часть огромного и разнообразного подводного мира. Погружаясь на дно, вы каждый раз будто попадаете на другую планету, где встречаете ее обитателей и с интересом наблюдаете за ними. Я считаю, что ничего увлекательнее подводных приключений нет на свете, а поэтому советую и вам попробовать!

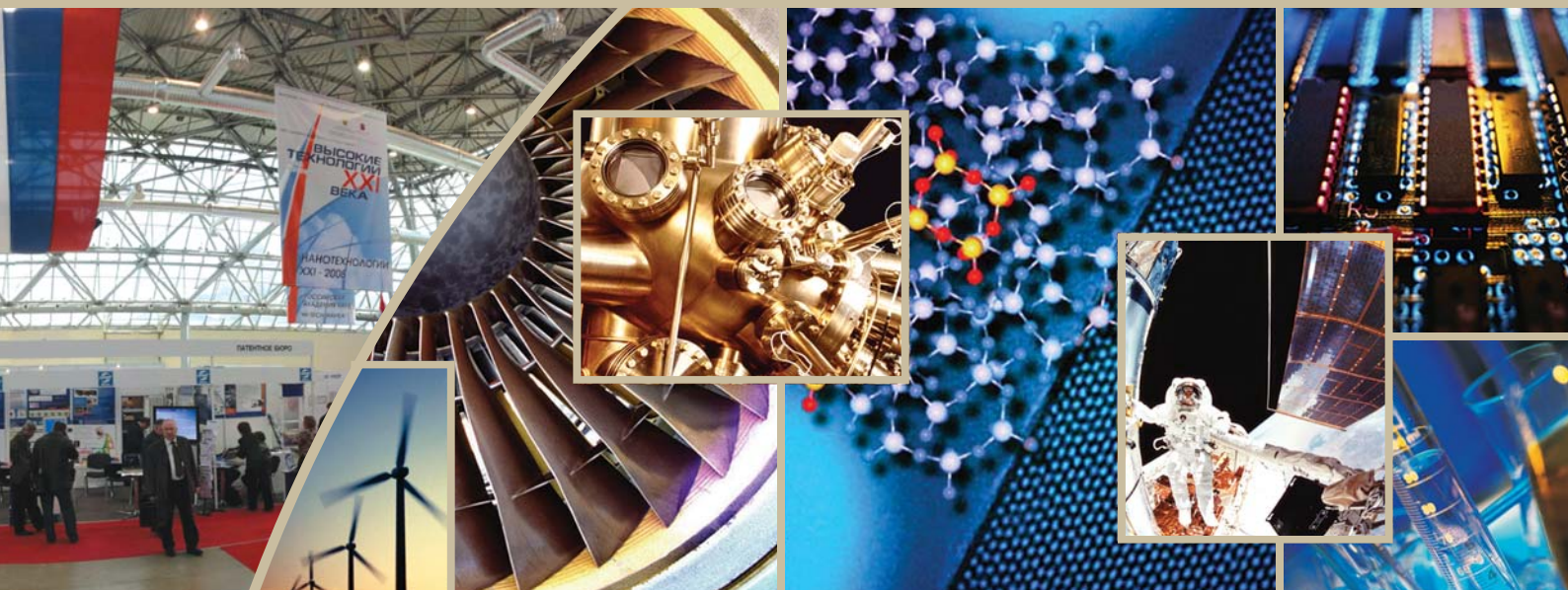


*Миссия Форума - содействие развитию инновационных процессов в России, международного научно-технического и делового сотрудничества.*



Форум является одним из крупнейших мероприятий инновационной направленности в России. Ежегодно в Форуме участвуют более 500 компаний из 40 регионов РФ и 20 стран ближнего и дальнего зарубежья.

**21-24 апреля 2009 года**  
**Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»**



# 10 ЮБИЛЕЙНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ** HIGH TECHNOLOGY OF **XXI** **ВЕКА**

**Организаторы:**

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации  
Департамент науки и промышленной политики города Москвы  
Институт экономики и комплексных проблем связи ОАО «ЭКОС»  
Российский фонд развития высоких технологий  
Московская торгово-промышленная палата  
Московская ассоциация предпринимателей  
Министерство промышленности и науки Московской области  
ЗАО «Экспоцентр»

**Под патронатом**

Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

**Устроитель - ООО «ЭКСПО-ЭКОС»**

тел.: + 7 (495) 332-35-95, 332-36-01, 331-23-33  
e-mail: vt21@vt21.ru

**www.vt21.ru**

**Приглашаем принять участие в мероприятиях Форума:**

■ **10-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»**

**Тематика экспозиции:**

нанотехнологии и новые материалы  
биотехнологии и медицина  
энергетика и экология  
авиационно-космические технологии  
телекоммуникационные системы  
информационные технологии  
радиоэлектроника  
лазерные технологии  
машиностроение

**Выставочные салоны:**

«Hi-Tech-МЕГАПОЛИС»  
«НАУКОГРАД»  
«ТЕХНОПАРК»  
«Hi-Tech-НАУКА»

**Специализированные выставки:**

«НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»  
«ЭНЕРГИЯ XXI – 2009»  
«НЕОГЕОГРАФИЯ XXI – 2009»

■ **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ – СТРАТЕГИЯ XXI ВЕКА»**

■ **КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА**

■ **БИЗНЕС-КЛУБ**

■ **ПРЕЗЕНТАЦИИ**



ТПП РФ





ПЯТЫЙ МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС  
«БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»



МОСКВА, РОССИЯ  
16 - 20 марта  
**2009**

7-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
«МИР БИОТЕХНОЛОГИИ' 2009»

Под патронажем  
Правительства Москвы

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

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

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ  
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ»**

**Руководители:**

академик РАН **А.И. Арчаков**, директор Института биомедицинской химии РАН;  
академик РАН **А.И. Мирошников**, зам.директора Института биорганической химии  
им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Председатель Научного Совета  
Пушкинского научного центра РАН

**СЕКЦИЯ 1. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»**

**Руководители:**

академик РАН **А.М. Егоров**, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова;  
член-корр. РАН **А.Г. Габиров**, зав. отделом ИБХ им. М.М. Шемякина  
и Ю.А. Овчинникова РАН

**СЕКЦИЯ 2. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»**

**Руководители:**

академик РАСХН **Л.К. Эрнст**, вице-президент РАСХН;  
академик РАСХН **И.А. Тихонович**, директор ВНИИ сельскохозяйственной  
микробиологии РАСХН;  
член-корр. РАСХН **П.Н. Харченко**, директор ВНИИ сельскохозяйственной  
биотехнологии РАСХН

**СЕКЦИЯ 3. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»**

**Руководители:**

академик РАН и РАСХН **В.А. Быков**, директор Института ВИЛАР;  
член-корр. РАН **Е.С. Северин**, генеральный директор ВНЦ молекулярной  
диагностики и лечения;  
д.б.н. **А.С. Яненко**, зам.директора ФГУП ГНЦ ГосНИИгенетика

**СЕКЦИЯ 4. «НАНОБИОТЕХНОЛОГИЯ»**

**Руководители:**

академик РАН **Р.В. Петров**, член группы экспертов по биобезопасности при  
ЮНЕСКО;  
академик РАН **А.И. Арчаков**, директор Института биомедицинской химии РАН;  
академик РАН и РАСХН **К.Г. Скрабин**, директор Центра «Биоинженерия» РАН

**СЕКЦИЯ 5. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»**

**Руководители:**

академик РАСХН **И.А. Рогов**, президент МГУ прикладной биотехнологии; академик  
РАН **В.А. Тутельян**, директор НИИ питания РАН

**СЕКЦИЯ 6. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»**

**Руководители:**

профессор **Н.Б. Градова**, РХТУ им. Д.И. Менделеева;  
профессор **Г.А. Жариков**, НИЦ токсикологии и гигиенической регламентации  
биофармацевтических препаратов Минздравсоцразвития РФ

**СЕКЦИЯ 7. «БИОКАТАЛИЗ И БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**Руководитель:**

член-корр. РАН **С.Д. Варфоломеев**, директор ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН,  
заведующий кафедрой МГУ им. М.В. Ломоносова

**СЕКЦИЯ 8. «БИОГЕОТЕХНОЛОГИЯ»**

**Руководители:**

профессор **Г.В. Седельникова**, Центральный научно-исследовательский  
геологоразведочный институт цветных и благородных металлов;  
профессор **Э.В. Адамов**, Институт стали и сплавов

**СЕКЦИЯ 9. «ИННОВАЦИИ, ФИНАНСЫ И БИЗНЕС»**

**Руководители:**

профессор **Д.А. Рототаев**, д.т.н., генеральный директор ОАО «Московский комитет  
по науке и технологиям»;  
**С.В. Крюков**, Председатель Совета Директоров РОО «Росагробиопром»;  
к.т.н. **Е.Н. Орешкин**, зам. декана, МГУ им. М.В. Ломоносова;  
профессор **Д.И. Цыганов**, д.т.н., зам.генерального директора ОАО «МКНТ»

**СЕКЦИЯ 10. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ»**

**Руководители:**

академик РАСХН **Е.И. Титов**, ректор МГУ прикладной биотехнологии;  
профессор **Т.В. Овчинникова**, руководитель Учебно-научного центра ИБХ  
им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, ММА им. И.М. Сеченова;  
профессор **В.И. Панфилов**, проректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

**СЕКЦИЯ 11. «БИОИНФОРМАТИКА»**

**Руководители:**

член-корр. РАН **Н.А. Колчанов**, заместитель директора ИЦиГ СО РАН, Новосибирск;  
профессор **В.В. Поройков**, заместитель директора ГУ НИИ БМХ РАН, Москва

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ:  
«ПРОБЛЕМЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ. БИОЭТИКА.  
ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ»**

**Руководители:**

академик РАН **М.П. Кирпичников**, декан биологического факультета МГУ  
им. М.В. Ломоносова, член Президиума РАН, Председатель ВАК;  
член-корр. РАН **С.В. Нетесов**, проректор по научной работе  
ГОУ ВПО «Новосибирский государственный университет»;  
член-корр. РАН **Б.Г. Юдин**, руководитель проекта ЮНЕСКО «Биоэтический форум»;  
академик РАН **В.А. Тутельян**, директор Института питания РАН

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ СИМПОЗИУМЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ  
ЧЕРНОМОРСКОЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ**

**Руководители:**

профессор **А. Атанасов**, Президент Черноморской Биотехнологической  
Ассоциации;  
профессор **А.Г. Голиков**, исполнительный секретарь Черноморской  
Биотехнологической Ассоциации

**РОССИЙСКО-ШВЕЙЦАРСКИЙ СИМПОЗИУМ  
«УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»**

**Руководитель:**

профессор **Н.В. Меньшутина**, декан РХТУ им. Д.И. Менделеева

**РОССИЙСКО-ФИНСКИЙ СИМПОЗИУМ  
«ВИММ-БИЛЛЬ-ДАНН ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ» - КОМПАНИЯ «ВАЛИО»  
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР СИМПОЗИУМА -  
«ВИММ-БИЛЛЬ-ДАНН ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ»**

**КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**Председатель:**

академик РАН **В.И. Швец**  
**Зам. председателя:** Т.В. Овчинникова, профессор ММА им. И.М. Сеченова, руково-  
дитель Учебно-научного центра ИБХ им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН

**Условия участия в конкурсе на сайте:**

<http://www.mosbiotechworld.ru/rus/konkurs.php>

Прием тезисов и заявок на участие в Конгрессе до 15 ЯНВАРЯ 2009 г.

**Тематика выставки:**

Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринарии, геологии, промышленных производств, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе. Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований. Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы. Промышленная и лабораторная безопасность.



По вопросам участия в конгрессе и выставке обращаться в ЗАО «Экспо-биохим-технологии»:  
Адрес: 117218 Россия, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 34, офис 552  
Телефон/факс: (495) 981 70 51, 981 70 54, 939 72 85  
E-mail: aleshnikova@mosbiotechworld.ru, lpkrylova@sky.chph.ras.ru, atv@biomos.ru  
Internet: www.mosbiotechworld.ru



# Международный фейерверк

А.И.Косарев

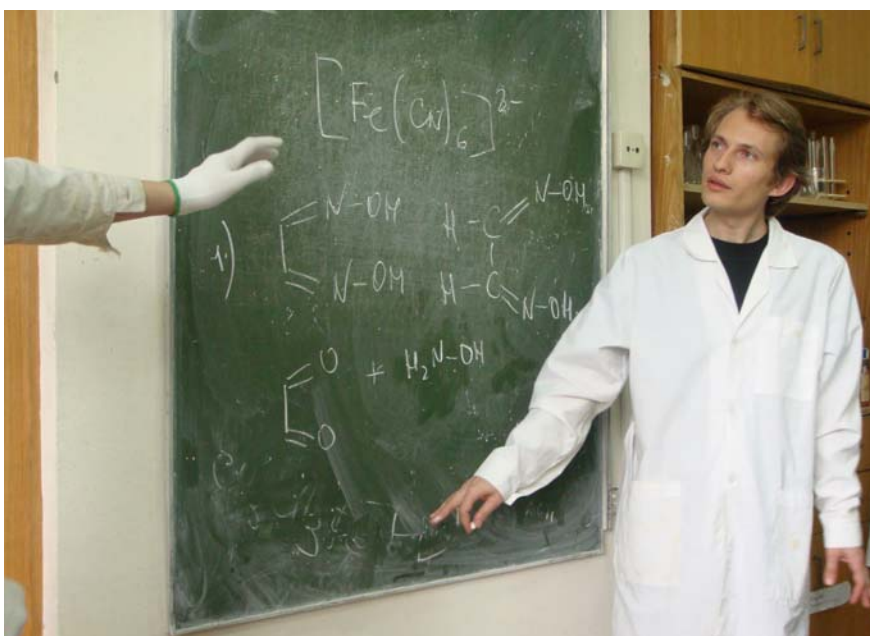
МИЛСЕТ (Mouvement International pour le Loisir Scientifique et Technique) – это международная общественная организация, объединяющая молодежные научные ассоциации, центры, клубы из более чем 80 стран всех континентов. Организация была создана в 1987 году в Квебеке (Канада) во время Международной выставки молодежных проектов EXPO SCIENCE INTERNATIONAL, которая прошла по инициативе Правительства провинции Квебек и, по оценкам экспертов, стала значимым международным событием. Было решено проводить такие выставки ежегодно в разных странах мира. Со временем под эгидой МИЛСЕТ стали проходить региональные выставки, молодежные конгрессы, стажировки, дистанционные проекты (например, Science Photo Contest – конкурс научных фотографий, Science Day for Youth – день молодежной науки и др.). С проектами МИЛСЕТ можно ознакомиться на сайте [www.milset.org](http://www.milset.org). С 1992 года Россия – член МИЛСЕТ. Одним из самых значимых событий в истории МИЛСЕТ стало проведение EXPO SCIENCE 2003 в Москве, на Всероссийском выставочном центре. Эта выставка оказалась самой представительной за всю их историю. Координатором проекта выступил Департамент образования города Москвы.

Московские школьники ежегодно принимают участие в выставках EXPO SCIENCE. Так, Московский городской дворец детского (юношеского) творчества (МГДД(Ю)Т) направлял делегации школьников на выставки в Сантьяго (Чили, 2005), Веракрус (Мексика, 2006), Дурбан (ЮАР, 2007), Лима (Перу, 2008). Работы наших ребят неизменно получали высокие оценки экспертов.

В этом году МГДД(Ю)Т и Лицей № 1553 «Лицей на Донской» выступили с инициативой проведения Международной исследовательской школы в Москве. Проект был поддержан Международным секретариатом МИЛСЕТ. Руководителем проекта стал директор Дома научно-технического творчества молодежи Московского городского дворца детского (юношеского) творчества А.В.Леонтович. Главная идея мероприятия – выполнение исследовательских проектов коллективами школьников из разных стран мира и регионов России. Проекты были разработаны молодыми учеными из Москвы, Мексики, Португалии, Греции в области химии, биологии, физики, психологии, лингвистики, робототехники, кристаллографии, астрономии. В этой статье рассказывается о проекте в области химии, которым руководил заведующий лабораторией химии Дома научно-технического творчества молодежи А.И.Косарев.



*Замысел и его претворение  
(автор статьи и руководитель работ — на фотографиях слева)*



**К**огда работа химической секции Международной школы только планировалась, встал вопрос: что предложить в качестве объекта исследования? Вариантов оказалось много. Можно было бы получать красители, интересные органические вещества, извлекать соединения из природных объектов (растительного сырья), изучать необычные реакции. Но для таких работ, как правило, требуются горючие или токсичные органические растворители, специальные меры безопасности. В конце концов выбрали такую тему: «Синтез комплексных соединений металлов с органическими полиазотистыми лигандами». Впоследствии решили, что металл будет один — медь,

а лиганды и их стехиометрические количества — разными.

Смысл проекта заключался в том, чтобы научить ребят основам химического эксперимента, необходимым для препаративного получения веществ. С помощью этих базовых знаний мы хотели получить несколько новых соединений, перспективных для создания пиротехнических изделий — но не любых, а пригодных для использования в помещениях. Обычные составы жечь в комнате нельзя. При их горении выделяется много тепла, что грозит пожаром, образуется большое количество едких и токсичных газов (диоксида серы, хлористого водорода, оксидов азота),

взвешенных частиц, неорганических веществ (оксидов и хлоридов магния, алюминия), окрашивающих пламя компонентов (соединений бария, бора, стронция и других). Вот бы придумать такие пиротехнические составы, которые давали бы при горении малотоксичные, неопасные продукты и немного дыма.

Вещества для подобных составов можно поискать среди соединений, содержащих азот. Известно, что в полиазотистых структурах со связями N—N, где мало углеродных атомов, выделение энергии происходит не столько за счет окисления углерода, сколько за счет распада этих связей в лиганде с образованием азота. Для некоторых



индивидуальных веществ это утверждение справедливо, но для составов его нужно проверять с учетом конкретных условий.

Выполнение работы подразумевало следующие этапы:

- 1) получение солей меди, необходимых для работы (нитрат, хлорид, перхлорат);
- 2) получение лигандов, необходимых для образования комплексов: глиоксима, диаминоглиоксима, 5-аминотетразола, 4-амино-1,2,4-аминотриазола, 3,4-диаминофуразана;
- 3) получение самих комплексов меди с этими лигандами;
- 4) выяснение состава и строения полученных комплексов, в том числе с привлечением физико-химических методов анализа;
- 5) проверка составов в действии: горят ли они сами, и если горят, то окрашивают ли пламя и в какие цвета (оттенки цветов);
- 6) представление работы и полученных результатов на конференции.



*Коллекция препаратов  
пополнилась*



*Беналь Хепсогутлу – руководитель турецкой группы*

Мы не знали заранее, каков у ребят уровень знаний по химии, есть ли у них навыки экспериментальной работы. Большинство регистрирующихся для участия в школе указывали, что хотят делать проект в области химии, однако их пришлось распределить примерно поровну между девятью проектами. Было ясно, что в работе нашей секции примет участие не более 6–8 человек.

В выполнении проекта приняли участие четверо ребят из Турции и столько же из России, в возрасте от 15 до 17 лет. Жили они в пансионате «Звенигород», а экспериментальную работу выполняли в лаборатории химии Дома научно-технического творчества молодежи на Донской улице.

Ребятам понравилась предложенная нами тема. Оказалось, что школьники из Турции органическую химию еще не изучали. Двум девочкам ранее приходилось определять методом газожидкостной хроматографии компонент, образующийся при некоем технологическом процессе, но препаративное получение веществ было и для них в новинку. Турецкую делегацию сопровождала учитель химии Беналь Хепсогутлу, которая очень помогла нам, переводя с английского на турецкий и объясняя суть некоторых процессов своим подопечным. На английский переводили воспитанники лаборатории химии ДНТТМ Антон Лукашевич (лицей «Вторая школа»), Сергей Архипенко (студент химического факультета МГУ), Владимир Грицун (студент лечебного факультета ММА им. Сеченова), педагоги ДНТТМ Иван Санин (студент РХТУ им. Мен-

делеева) и Елена Моисеевна Гурвич (заведующая лабораторией геологии ДНТТМ).

Каждый участник школы синтезировал один лиганд, а затем некоторые поменялись синтезированными веществами и получали комплекс уже с другим лигандом. В общей сложности было получено десять образцов комплексов. Результаты работы юные химики и их товарищи с других секций представили на конференции в Московском городском дворце детского (юношеского) творчества на Воробьевых горах. Демонстрация их пламяокрашивающих свойств происходила во время церемонии закрытия школы в подмосковном пансионате Звенигород.

Часть работы, связанную с анализом структуры полученных комплексов и оптимизацией процесса их получения и выделения, ребята продолжают в новом учебном году. Благо у московских школьников есть такая возможность: лаборатория химии ДНТТМ работает с заинтересованными детьми практически ежедневно. Турецкие друзья забрали с собой образцы синтезированных ими веществ, в том числе лигандов, и при дистанционной поддержке из Москвы тоже продолжают исследования – попробуют получить комплексы с другими металлами.

Авторы фотографий:  
Ишиль Ешиль (Турция),  
М.Литвинов



# Лед, который не тает



«Семь Пядей» — первая в России сеть магазинов и интернет-магазин умных развлечений. Здесь вы найдете интеллектуальные наборы, конструкторы, наборы для исследований, сборные модели, наборы для творчества, настольные игры, развивающие игрушки и многое другое.

## Сеть магазинов

«Семь Пядей» — официальный дистрибьютор компаний «Qiddycome», «Gakken», «Gigo», «Maxitronix», «Capsela», «Sky-Watcher», «Optitech», «Lyonaees» и «Bornimago».

Первый магазин с торговой маркой «Семь Пядей» был открыт в 2006 году, сегодня в России работают десять магазинов.

**С**лово кристалл происходит от греческого *krēstallōs*, что первоначально означало «лед», а в дальнейшем — «горный хрусталь». Много веков назад горный хрусталь считался льдом, который замерз до такой степени, что потерял способность таять. Именно благодаря этому, кристаллы получили свое нынешнее название.

Людей всегда поражала правильность и красота форм, которые природа придает различным материалам. Вследствие необычного цвета, безупречной симметрии и ослепительного блеска кристаллов, наши далекие предки приписывали им потусторонние и магические свойства. Считалось, что идеальная форма того или иного кристалла способствует развитию у его владельца особых способностей, а также его покою и душевной гармонии.

Кристаллы в природе растут крайне медленно, их уникальные и восхитительно красивые экземпляры можно увидеть в музее.

Однако каждый человек может самостоятельно вырастить разноцветные кристаллы размером до не-

скольких сантиметров, которые будут блестеть как драгоценные камни. Это нетрудно сделать при помощи оригинального набора «Чудесные кристаллы» производства компании QIDDYCOME, который создан специально для юных исследователей. Набор «Чудесные кристаллы» способствует развитию у детей интереса к науке, учит их проведению первых экспериментов. Дети могут в увлекательной игровой форме вместе с родителями получить представление о кристаллической природе некоторых веществ, разнообразии их размеров и форм, исключительности их свойств.

Можно своими руками создать целую коллекцию разноцветных кристаллов и веществ, имеющих кристаллическую природу — у вас получится настоящий сад камней, бижутерия и т.д. Удачное сочетание химических веществ, входящих в набор, позволяет добиться потрясающих результатов, на которые у природы уходят сотни лет.

Кандидат физико-математических наук

**П.В. Морозов**

Москва (495) 363-01-90 Санкт-Петербург (812) 333-17-17 Нижний Новгород (831) 218-54-63  
<http://www.7pd.ru>

# Памяти Льва Львовича Киселева



*В редакции нашего журнала Льва Львовича Киселева знали не только как талантливого, плодотворно работающего ученого с широким кругозором, остроумного и обаятельного собеседника. Он был желанным автором и консультантом, рекомендовал нам других специалистов, которые могли написать что-то интересное, а им рекомендовал нас. Время Лев Львович ценил, как никто другой. Оно было расписано очень точно и жестко, о чем он всегда честно предупреждал. И все же для общения с журналистами драгоценный ресурс обычно находился. В этом Л.Л.Киселев следовал той же традиции, что и его учитель Владимир Александрович Энгельгардт. Он не напускал туману, не намекал, что заниматься наукой могут лишь посвященные и что неспециалист никогда не поймет глубокие научные истины. Говорил Лев Львович очень четко и продуманно, поправляя то, что он рассказывал, почти не приходилось. С его подачи наш журнал подготовил серию статей про геном человека – предмет, очень ему близкий. Лев Львович придумал план публикации, подобрал возможных авторов, сам надиктовал первую статью.*

*В этом номере журнала об академике Л.Л.Киселеве вспоминает его товарищ с университетских времен, Евгений Васильевич Раменский.*

Кандидат химических наук  
**Е.В.Раменский**

*О милых спутниках, которые наш свет  
Своим сопутствием для нас животворили,  
Не говори с тоской: их нет;  
Но с благодарностию: были.*

В.А.Жуковский. Воспоминание

Помню Льва Киселева восемнадцатилетним. Крепкий, худой, высокий, спортивный, с густой копной волос. Сразу после поступления в университет его отобрали для занятий легкой атлетикой. И, судя по результатам, не ошиблись. Облик легкоатлета он сохранит до конца дней.

Студенты, поступившие на биолого-почвенный факультет Московского университета в 1954 году, первыми начали учебу в новом высотном здании. Здесь, на юго-западной окраине, с прицелом на долгие десятилетия создавали новый центр Москвы. Университет стал его символом. Жизнь казалась прекрасной, как в песне: «Когда взойдешь на Ленинские горы, захватит дух от гордой высоты...» Впрочем, горы, как и сегодня, звали Воробьевыми – по здешнему селу. Чтобы «взойти» на эту высоту, медалистам предстояло собеседование. Его проводили еще в историческом здании на Моховой. Молодых людей, поступавших на биофак, было замет-

---

*В основу этих заметок о крупной и яркой личности Л.Л.Киселева легли собственные впечатления автора. Объективную картину его достижений можно найти в статьях, приуроченных к 70-летию ученого: Лев Львович Киселев. «Молекулярная биология», 2006, т.40, с. 563; РНК-белковые взаимодействия на начальных и конечных этапах биосинтеза белков в работах Л.Л.Киселева. «Биохимия», 2006, т.71, вып.8, с.1129.*

но меньше, чем девушек, а уж для блистательного юноши, золотого медалиста Льва Киселева препятствий к поступлению и быть не могло.

Наше знакомство со старым зданием было недолгим. А путь до нового – неблизок. На Горы тогда добирались в перегруженных автобусах от Калужской площади или Киевского вокзала. Линию метро туда пока не дотянули, и нам еще предстояло на субботнике, перед сдачей станции «Университет», мыть мраморные стены ее вестибюля и выносить строительный мусор. Автобус маршрута № 1 разогнался по улице, тогда еще Калужской, мимо здания президиума Академии наук, мимо дома № 33 – Биоотделения АН – и выкатывал на Воробьевское шоссе вдоль кромки Воробьевых гор. Автобусы, идущие от Калужской площади и Киевского вокзала, поворачивали у гранитной ограды над обрывом смотровой площадки, устремляясь к высотному зданию. За спиной, за рекой оставались и неповторимый дальний обзор столицы, и неприглядный барачно-промышленный вид Лужнецкой поймы. Стадиона тогда не было – на его обустройстве нам тоже еще предстояло поработать. А по другую сторону от главного здания, вдоль современного Ломоносовского проспекта, где спустя полвека выстроят огромное роскошное здание библиотеки, простирался огромный пустырь. Там на лыжных трассах мы сдавали нормы. Ретрограды брюзжали: «Университет осатлел на Моховой, а здесь – МГУ».

Мы были детьми войны. От университетской роскоши – новеньких, с иголочкой зданий с диковинными крутящимися дверями и двумя бассейнами, со скоростными лифтами, с лакированной дубовой мебелью и ползущими лентами досок в аудиториях, отличных демонстрационных плакатов, выполненных профессионалами, – дух захватывало. Хотелось верить песне: «И куда ни пойдешь, всюду счастье найдешь,

нам открыты все пути...» Первая экзаменационная сессия кое-кому поубавила эйфории. Студенческая жизнь сильно отличалась от школьной, и учиться нужно было по-другому.

Кумирами тех лет были физики, этикие умники, спортсмены и плейбои. Примечательно: в регистрационном окошечке университетской поликлиники дежурная, бегло глянув на Льва Киселева, обычно спрашивала: «Факультет физический?» Впрочем, физики не всегда оказывались главными героями. Военная кафедра собрала на вводную лекцию юношей – физиков и биологов. Полковник подчеркивал высокую секретность программы, по которой будут готовить физиков, офицеров запаса. «А у биологов...» Физики снисходительно засмеялись. Но полковник продолжил: «...секретность еще выше». Физики стихли.

Чего стоило разоренной и обескровленной войной стране дальновидное решение – «храм науки на Ленинских горах», стало понятно не сразу. Его возвели по воле Генералиссимуса, с использованием труда заключенных. Кстати, по одному из проектов главное здание следовало увенчать гигантской скульптурой Сталина. Хорошо, что этого не произошло. Наше поступление в университет пришлось на время перемен, через год-два после смерти Сталина его статус понизили. В наших семинарских методичках по истории партии он покинул триаду «классиков марксизма», перейдя в «деятели партии и правительства».

Вскоре мы поняли, что не все прекрасно в монументальных стенах биофака. Последняя лысенковская чистка лишила факультет многих замечательных профессоров и преподавателей. Уже не было первого отечественного профессионального генетика А.С.Серебровского, выдающегося дарвиниста И.И.Шмальгаузена, физиолога растений Д.А.Сабина. На их кафедрах сидели ставленники Т.Д.Лысенко. Както в Большой биологической аудитории довелось услышать из уст самого «народного академика» одно из его «прозрений». Он убеждал аудиторию, что крошечная птичка пеночка время от времени путем диалектического скачка откладывает большое яйцо, из которого вылупляется... кукушонок. А на дворе была середина XX столетия – «века генетики».

И все же факультет оставался привлекательным для потомков «больших родителей». На одном лишь нашем курсе учились Рада Никитична Хрущева-Аджубей, внук Дзержинского Феликс, сын Михаила Шолохова, Галина Шостакович, внук крупного дарвиниста академика А.Н.Северцова Алексея, сын будущего президента АН СССР А.П.Александрова Александра, дочь атомного министра А.П.Завенягина Евгения. Из-за красавицы Завенягиной нас постоянно посещал неотразимый старшекурсник Владимир Познер. Но и в таком окружении Лев Киселев заметно выделялся своим жизненным, остроумным, культурным и научным эрудитом.

Еще на нашем курсе учились Елена и Наталья, дочери университетского профессора А.А.Ляпунова, ученика великого математика Н.Н.Лузина. У Алексея Андреевича были широкие научные интересы. Еще до войны, до фронта он работал вместе с биологами круга Н.К.Кольцова – выдающегося ученого, автора нескольких фундаментальных для современной биологии идей. А у нас на факультете были десятки студентов, сомневающих в правоте «лысенковской биологии». Обычные советские студенты, они отличались от основной части курса лишь тем, что знали больше и были связаны со старшими биологами. Однокурсники из Восточной Германии нам осторожно сочувствовали – они тоже знали, что существует «richtig Genetik» – истинная генетика.

В доме у Ляпуновых собирался студенческий кружок. Слушали лекции Ляпунова (по вариационной статистике) и гонимых биологов тех лет. Наташа Ляпунова отвечала за науку в комсомольском бюро факультета, а Лев Киселев, участник семинара, возглавлял комсомольское бюро курса. В декабре 1955 года большим событием стало выступление



## ПАМЯТЬ

Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского у Ляпуновых. Это было его первое появление в Москве после освобождения. Тимофеевы-Ресовские не видели родного города 30 лет. Послушать младшего коллегу приехал и коллега первого поколения, опальный академик М.М.Завадовский. Явление Тимофеева-Ресовского, живого классика естествознания, было ошеломляющим. Не остались равнодушными и власти. Семинар был запрещен. А кружковцев, как это тогда называлось, захотели «крепко ударить по рукам». (Подробнее о «деле сестер Ляпуновых» см. «Знание – сила», № 8, 1998.)

Партком биофака потребовал созвать комсомольское собрание курса, чтобы осудить студентов – участников домашнего, а потому казавшегося особенно опасным кружка. Студенты осмелились слушать «невозвращенца, пособника фашистов!» На самом деле Тимофееву-Ресовскому в 1937 году его учитель Н.К.Кольцов, по сути, запретил возвращаться в СССР на верную смерть. Сын Николая Владимировича, антифашист, член подпольной организации, погиб в застенках гестапо. Лев Киселев, уже тогда замечательный оратор, мастер слова, звучащего и написанного, секретарь комсомольской организации курса, выступил с яркой и убедительной речью. Он упомянул и героически погибшего Дмитрия Тимофеева-Ресовского, и то, что не все наши ученые, даже печатаемые в «Ботаническом журнале», согласны с «теориями» Лысенко, и о решении создать в Институте биофизики АН СССР лабораторию радиационной генетики.

В итоге решение собрания: «Осудить нездоровый интерес и увлечение менделизмом-морганизмом, имеющие место у части наших комсомольцев. Помнить, что основой биологической науки являются решения августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 года... За участие в кружке... за политическую близорукость и покровительство членов кружка, что несовместимо с обликом комсомольского вожака, вывести Киселева из состава бюро», – не было единодушным. «Кто против?» И под недоуменными, а то и недоброжелательными взглядами наших однокурсников поднялось несколько десятков рук. Наташа Ляпунова получила «строгий выговор с последним предупреждением». Нам повезло – как раз тогда, 25 февраля 1956 года, на закрытом, заключительном заседании XX съезда Н.С.Хрущев выступал с докладом о «культе личности». Это и помешало возможным дальнейшим исключениям. А «близорукость» второкурсника Киселева и других кружковцев окажется трезвым взглядом и дальновидностью.

Как-то еще студентом, за столом, в узком кругу, обычно сдержанный Лева рассказал свою историю. Она была драматичней романов его знаменитого дяди – Вениамина Александровича Каверина. В 1940 году его отец, крупнейший ученый Лев Александрович Зильбер, был арестован в третий раз. Прощаясь, он прижал к себе четырехлетнего Леву. Мать Левы, Валерия Петровна Киселева, ждала в это время второго ребенка. (Позже, умирая, она скажет, что самое страшное в жизни – арест.) В ноябре 1941 года Лева, его грудной брат Федя с матерью и тетей, спасавшиеся от бомбежек столицы в Новом Иерусалиме, были увезены в Германию. Отец исчез в советском концлагере, а его семья – в немецком рабочем лагере. Брак родителей не был тогда зарегистри-

рован, и мальчики носили русскую фамилию матери. Помогло и то, что Валерия Петровна знала немецкий язык. Трижды побывав на волосок от смерти, они все-таки выжили. Зильбер был освобожден в марте 1944 года усилиями его брата В. Каверина и друга, первооткрывателя советского пенициллина Зинаиды Виссарионовны Ермольевой. Лев Александрович вернулся в пустую холодную квартиру, где памятью о его сыновьях оставались лишь детские игрушки. Сведений о семье не было. Когда Красная армия вошла в Германию, открытка, отправленная на родину, дала знать Зильберу: его семья выжила!

Интересная подробность – вспоминая эти события, В.А.Каверин допустил ошибку, лестную для племянника. Он посчитал, что в СССР писал умница Лев. На самом деле девятилетний ребенок ни читать, ни писать еще не умел. Летом 1945 года Лев Александрович добился самолета в Германию и чудесным образом отыскал родных в пересыльном лагере в Бреслау.

Родительский дом на Живописной улице, рядом с Серебряным Бором, был прочной опорой для Льва. Здесь царил дух благополучной семьи: хлебосольство, широкие культурные интересы и дружеские связи, общие торжества, шуточные домашние представления. Так было вопреки нависшей вскоре после войны угрозе четвертого ареста Льва Александровича, человека редкого мужества. В шутивном стихотворном послании жене 31 декабря 1958 года он напишет: «Сын у тебя – совсем жених... /Сказать же нету сил моих, /Как Валенька боится, /Что Левка оженится» (Л.Л.Киселев, Е.С.Левина. Лев Александрович Зильбер. М.: Наука, 2004, с.515.) Этот дух сохранили Лев и его жена и после ухода из жизни его родителей. В этом доме Лев Львович проживет до конца своих дней. Для гостя каждый визит сюда становился праздником.

Леву отличала взрослость, не отменявшая естественного юношеского озорства. На практике в Чашникове после первого курса, летом 1955 года, он с друзьями поселился в палатке, которую называли «палаткой лордов». А на прощальном острове распевал крамольные частушки-издевки над лысенковщиной: «Из пеночки – в кукушку, из елочки – в сосну. Зачешешь тут макушку, поверишь в сатану. И кое-что еще, о чем болтать не надо, и кое-кто еще, о ком болтать нельзя». Другим номером была «Генетическая Катюша», сочиненная остроумнейшим генетиком М.Л.Бельговским.

В шеренге исполнителей плечом к плечу стояли не одни лишь зеленые первокурсники, но и студенты-«ветераны»: будущие министр СССР Николай Николаевич Воронцов и академик, крупнейший современный микробиолог Георгий Александрович Заварзин.

XX столетие справедливо считают веком не только генетики, но и биохимии. На втором курсе предстоял выбор кафедры, и Киселев выбрал биохимию животных. Кафедра Сергея Евгеньевича Северина была, безусловно, лучшей среди экспериментальных биологических кафедр факультета. Северин блестяще поставил практикум и курсы лекций. Выпускники выделялись прекрасным знанием химии. Даже краткое перечисление воспитанников кафедры тех лет впечатляет: будущие академики В.П.Скулачев, С.В.Шестаков, В.А.Гвоздев и Л.Л.Киселев. Киселев был дипломником аспиранта Скулачева. Трое из академиков в своей дальнейшей работе успешно соединили биохимию с генетикой.

В 1959 году подошло к концу время студенчества. Позиции лысенковцев по-прежнему были крепки. Чего стоило хотя бы такое их политическое достижение – в Программе партии, утвержденной в 1961 году, был пункт об обязанности членов КПСС поддерживать лысенковское «учение». Получив возможность участвовать в государственном распределении специалистов, лысенковцы биологического факультета подготовили очередной удар по крамольным выпускникам. Рассказывали, что их планы были сорваны благодаря «сговору ака-

демиков»: президента Академии наук химика А.Н.Несмеянова, физиков А.П.Александрова, И.В.Курчатова, И.В.Обреимова и биохимика В.А.Энгельгардта. Выпускники попали в лучшие научные институты. С.Е.Северину не удалось оставить Льва Киселева в аспирантуре на кафедре. В характеристике, утвержденной партбюро, он именовался «менделеевистом-морганистом, борющимся с учением Лысенко и не признавшим ошибок». Дорога в режимный Институт атомной энергии, где возник Радиобиологический отдел и куда распределились несколько крамольников, ему была закрыта из-за германского плена. А у «осторожного» В.А.Энгельгардта, набиравшего молодежь в создаваемый им новый Институт радиационной и физико-химической биологии (позже Институт молекулярной биологии), все получилось. По легенде, университетское письмо о неблагонадежности Льва Киселева Владимир Александрович благополучно «затерял». И одаренный молодой исследователь на всю свою научную жизнь обосновался на улице Вавилова, 32. Через 17 лет Энгельгардт передаст Киселеву свою лабораторию.

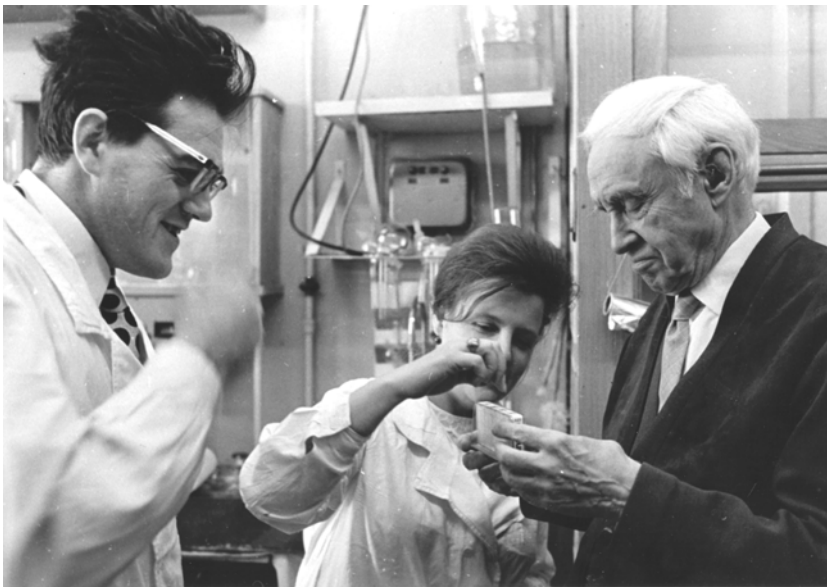
Когда-то Лев Зильбер с гимназическими друзьями выбрали своим девизом: «Счастье в жизни, а жизнь в работе». Лев Львович и его жена сохраняют эту замечательную традицию. Список трудов Л.Л.Киселева превышает 400 названий. Первые стали университетские публикации в соавторстве с С.Е.Севериним и В.П.Скулачевым. Они шли в русле классического направления – о сопряжении дыхания и фосфорилирования. В новом институте Киселев становится молекулярным биологом и начинает изучать транспортную РНК. Одна из его первых работ была выполнена вместе с двоюродным братом, физиком и электронным микроскопистом Николаем Киселевым. Они впервые сумели оценить размеры и форму этих молекул. Препарат высокого качества получил для исследования Лев Киселев. Культура эксперимента, привитая молодому исследователю Севериним и Энгельгардтом, проявилась и в следующей курьезной истории. Однажды моя давняя знакомая, молодой химик, которая работала со Львом, пожаловалась на его педантизм. Лев увидел, что, собирая установку, она смазывает слюной каучуковые трубки. «Так не годится, пойми, в слюне ферменты, и результат может быть искажен!» В ее жалобе слышалось восхищение.

В начале 1960-х Киселев приступил к исследованиям первых ступеней биологического синтеза белков, занявшись строением и функциями молекулы-посредника – транспортной рибонуклеиновой кислоты. Он впервые высказал гипотезу о белково-нуклеиновом узнавании. Это предполагало прямое участие антикодонного триплета тРНК в узнавании «своей» (той же аминокислотной специфичности) аминоацил-тРНК-синтетазы. Позже эти данные будут подтверждены многими исследователями. Разные исследовательские подходы к триптофанил-тРНК-синтезае животных, примененные в лаборатории Киселева, сделали этот объект одним из наиболее изученных среди ферментов такого типа в клетках высших организмов.

Киселеву и его сотрудникам с помощью фермента – обратной транскриптазы в условиях скудного финансирования удалось осуществить в пробирке синтез нескольких генов на матрице РНК. Эти работы проводились в рамках международного проекта «Ревертаза», которым руководил В.А.Энгельгардт, и в 1979 году были удостоены Государственной премии СССР.

В начале 1990-х годов Лев Киселев приступил к исследованиям уже не начальных, а конечных стадий биосинтеза белков. Он внес огромный вклад в область исследований, известную как терминация (окончание) трансляции белкового синтеза. В частности, именно он обнаружил, что в клетках эукариот два белка с известной структурой, но еще не известной функцией служат факторами терминации белкового синтеза. Эти белки были названы eRF1 и eRF3. В од-





*Лев Львович Киселев,  
его жена, Людмила Юрьевна Фролова,  
и их учитель, директор  
Института молекулярной биологии  
Владимир Александрович Энгельгардт*



## ПАМЯТЬ

ном из факторов, eRF1, ответственном за «узнавание» стоп-кодона, был выявлен универсальный трипептид, присутствующий в факторах терминации этого класса всех организмов и нужный для отщепления вновь образовавшегося пептида от рРНК. Стало ясно и то, что разные фрагменты аминокислотной последовательности факторов терминации первого класса (eRF1) у низших эукариот, например инфузорий, запрещают «узнавание» одного или двух из трех существующих стоп-кодонов, в то время как у высших организмов аналогичный фактор узнает все три стоп-кодона.

Одновременно в лаборатории Льва Киселева велись работы по онкогеномике – изучению генов, иногда приводящих к перерождению клетки в опухолевую. Их итогом стало исследование некоторых генов человека в норме и патологии, создание молекулярных методов диагностики онкологических заболеваний и авторские свидетельства на эти методы. Работы Киселева получают мировое признание и войдут в учебники, а их автор – в круг лидеров мировой молекулярной биологии.

Научные регалии, награды и должности моего героя даже трудно перечислить. Среди них золотая медаль В.А.Энгельгардта, присуждаемая Президиумом РАН. У генетиков всего мира особенно ценится международная золотая медаль Грегора Менделя Чехословацкой академии наук. Эту награду и престижный грант «Human Frontier Science Programme» Киселев также получил. Из международных научных связей особенно тесными были связи с Францией. В 1996 году он выиграл первый международный конкурс «Chaire Internationale Blaise Pascal», в котором участвовали 22 биолога. И все же я не назвал бы Льва Киселева «русским европейцем». Убежден – вернее считать его «европейским русским».

Журнал «Молекулярная биология» посвятил второй номер за 2002 год памяти Р.Б.Хесина. Главный редактор Л.Л.Киселев дает к нему свое вступление. В отличие от некоторых поверхностных наблюдателей и даже участников упоминаемых в статьях событий Лев Львович относился к тем немногим, кто увидел глубинную суть интереснейшего явления: «Благодаря Р.Б.Хесину («научному внуку» Кольцова через Серебровского. – Е.Р.) и вопреки Т.Д.Лысенко в отечественной генетике не прервалась кольцовская тема, получившая в трудах Р.Б.Хесина и его школы новое, молекулярно-биологическое звучание». Лев Львович, будучи сыном крупнейшего ученого, глубоко ощущал собственные научные корни, восходящие и к университетской школе академика С.Е.Северина, и академические – от В.А.Энгельгардта, считавшего своим единственным учителем (еще по Народному университету А.Шаньявского) Н.К.Кольцова.

В свое время Киселев купил неизвестный портрет Н.К.Кольцова, выполненный знаменитым скульптором и художником Н.А.Андреевым. Меня поразила и почти мистическая связь Киселева со своим «научным дедом» Кольцовым. Людмила Юрьевна Фролова, его жена и соратница, родилась в доме и училась в школе, расположенных стена к стене с Кольцовским институтом на Воронцовом поле, 6. Кстати, на этом месте в 1812 году стояла усадьба канцлера А.А.Безбородько, и Наполеон отсюда оглядывал «покоренную» Москву. Такие явления принято обозначать как «гений места». А вот и еще одно связующее звено (или итог всех связей?): Лев Львович возглавил в нашей стране работы по международному проекту «Геном человека». В этом мировом проекте соединились научные интересы Кольцова – и матричная гипотеза ученого о передаче наследственных свойств с помощью молекул, способных к репликации, и его же пионерские исследования 20-х годов по биохимической генетике человека. В завершающем тысячелетие 2000 году итоги проекта признали крупнейшим научным достижением.

В книге, посвященной своему отцу, Лев Львович убедительно отстаивал приоритет отечественной науки. Он документально показал: явление генетической трансформации у бактерий было открыто вовсе не Ф.Гриффитом, о чем нам твердят все учебники и энциклопедии, а Л.А.Зильбером, за пять лет до британского микробиолога. Открытие было опубликовано за рубежом и доложено на Международном микробиологическом конгрессе в Вене, где присутствовал и Гриффит! Точно так же в свое время поступил и Л.А.Зильбер, опубликовав работу о полузабытом тогда первооткрывателе вирусов Д.И.Ивановском. Остро ощущая современное печальное положение нашей науки, Л.Л.Киселев действовал во всех возможных направлениях. Помню, как несколько лет назад он откликнулся на просьбу прочесть в Биологическом музее им. К.А.Тимирязева лекцию для школьных учителей о состоянии молекулярной биологии. Кто еще из академиков согласился бы на это? Разумеется, узнав о лекции, послушать Киселева съехались не только учителя.

Еще молодым сотрудником Лев Киселев при переноске тяжелого прибора повредил сетчатку глаза. С годами он все сильнее терял зрение. В конце жизни фатальная болезнь долго не могла одолеть его. Лев Львович лечился и вновь выходил на работу. А сотрудники так и набрасывались на него – всем он был нужен позарез. Как он мог работать? Непонятно. Встретив меня за два месяца до кончины, с пристрастием спросил: «Что у тебя с книгой? Хотел тебе звонить».

«Львиная доля» не была легкой. Повседневное мужество сродни подвигу – вот точное определение его бытия. Так было и в детстве, и в конце жизни. Говорят, не жил тот, кто не испытал войну, любовь и бедность. Под «бедностью» в случае Л.Л.Киселева я понимаю жестокие лишения в плену. Через эти испытания он прошел успешно. В подарок же от судьбы Лев Львович получил ни с чем не сравнимое счастье истинного ученого – быть первым.



# Для чего нам нужны запахи

Доктор биологических наук  
**Б.П.Суринов**,  
зав. лабораторией радиационной  
иммунологии  
Медицинского радиологического  
научного центра, Обнинск

*Юноша пахнет козленком,  
а девушка благоухает,  
как нарцисса цветок.*  
Гораций

## Поиски и встречи

Как люди узнают друг друга? Знамого можно издали признать по голосу, одежде, походке. Сведения о незнакомце получают из официальных документов – паспорта, анкеты или хотя бы визитной карточки. Компетентные органы идентифицируют личность по папиллярным линиям, рисунку радужной оболочки и группе крови, а с недавних пор и по ДНК.

А как обстоит дело с распознаванием сородичей у животных? Определять последовательность нуклеотидов в ДНК или группу крови они не умеют, и документов у них нет, но зато большинство из них обладает способностью оставлять пахучие метки. И по такой «запаховой визитке» они узнают о ее хозяйке несравнимо больше, чем мы способны выяснить из паспорта, пусть даже биометрического, или служебной анкеты с историей болезни в придачу.

Например, грызуны в большинстве своем ведут ночной образ жизни, и запахи для них – главное средство коммуникации. В экспериментах на грызунах ученые и установили роль хемосигналов, или феромонов, во взаимоотношениях животных. Сначала феромонами называли летучие вещества, выделяемые животными в окружающую среду и вызывающие определенные реакции у других особей того же вида. Позднее оказалось, что существует и межвидовая хемосигнализация.

Интерес к феромонам возник при изучении насекомых. Толчком послужила загадка: как самцы многих видов бабо-



чек узнают, что за несколько километров их ожидает готовая к спариванию самка, и безошибочно ее находят? Удобным объектом для таких экспериментов оказался тутовый шелкопряд. Его самка имеет очень крупные железы, которые образуют малолетучий эфир ненасыщенного алифатического спирта. При готовности к спариванию гормональный сигнал активизирует гидролитические ферменты, которые и расщепляют эфир. В результате освобождается летучий гексадекадиен-10,12-ол-1, названный бомбиколом (от латинского названия бабочки *Bombux mori*). Самец, обладая чувствительными анализаторами, летит на запах и обретает невесту, если, конечно, его не опередит другой претендент. В 1959 году этот механизм расшифровал немец Адольф Бутенандт с сотрудниками. Концентрация бомбико-

ла, которую ощущает самец, составляет  $10^{-12}$  мкг в 1 мл воздуха, причем воспринимает он только один из четырех существующих стереоизомеров. Концентрация ничтожная, а какой эффект!

Узнав о феромонах насекомых, ученые постарались применить эти сведения на практике. Успех пришел не сразу. Американскому исследователю Мартину Джекобсону понадобилось 30 лет, чтобы выделить половой аттрактант самок непарного шелкопряда, наносившего большой ущерб североамериканским лесам. Вещество назвали гиптолом (d-10-ацетокси-гексадецен-7-ол-1). В дальнейшем химики синтезировали его аналог, с помощью которого защитники леса заманивали самцов непарного шелкопряда в ловушки. В итоге самки оставались без женихов и потомства, а популяция вредителей со-



кращалась. С тех пор со многими насекомыми-вредителями успешно борются с помощью их собственных феромонов. Затраты на исследования велики, но себя оправдывают.

Насекомые используют феромоны не только для привлечения полового партнера. С помощью летучих веществ муравьи, термиты, пчелы и другие социально организованные виды регулируют свою численность, обозначают маршруты, демонстрируют роль в сообществе, отпугивают врагов, подают сигнал тревоги, извещают о добыче и даже успешно мимикрируют, чтобы проникнуть в чужое жилище и заставить его обитателей обслуживать пришельцев. Регуляторное значение феромонов настолько велико и специфично, что одно время даже предлагали называть их экогормонами. Немаловажную роль иг-

рают хемосигнализация и обоняние у рыб и земноводных, но мы все же вернемся к млекопитающим. Изучение их феромонов проходило параллельно с исследованиями насекомых.

### Сигнал к деторождению

В 50-е годы австралийский исследователь Уэсли Уиттен заметил, что у самок лабораторных мышей при скученном содержании удлиняется эстральный цикл и это снижает частоту их спаривания. Это происходило даже в том случае, когда мыши не могли ни видеть, ни слышать друг друга. Протяженность эстрального цикла, как оказалось, регулировали летучие химические сигналы. Это явление по праву считают первым в истории исследованием феромонов млекопитающих, а сделанное откры-

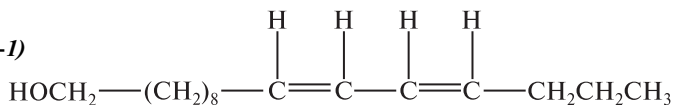
тие названо «феноменом Уиттена». Впоследствии он же обнаружил и другой эффект – присутствие в группе половозрелого самца или образца его мочи синхронизирует эстральный цикл у самок мышей, а значит, и повышает количество готовых к спариванию с ним самок.

В дальнейшем усилиями многих ученых было установлено, что феномен Уиттена наблюдается не только у мышей. Групповое содержание влияет на размножение представителей самых разных систематических групп млекопитающих, от сумчатых до приматов. Хемосигнализация помогает животным регулировать свою численность и осуществлять естественный отбор. Способов ограничить рождаемость с помощью феромонов несколько. Например, хемосигналы взрослых половозрелых самцов мышей и крыс угнетают сперматогенез у молодых. И это понятно – взрослые уже утвердили свое право иметь потомство, а молодежи еще предстоит доказать биологическую полноценность.

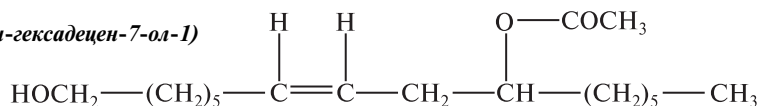
Еще один впечатляющий пример влияния феромонов на млекопитающих описала в 1959 году английская исследовательница Хильда Брюс. Если из клетки с оплодотворенными мышами-самками не позднее чем через пять суток удалить самца и заменить чужим, не участвовавшим в оплодотворении, то развитие беременности прекращается, а через некоторое время самки готовы к спариванию с новым самцом. Даже если вместо чужого самца в клетку поместить образец его мочи, последствия будут такими же.

Этот феномен, названный «эффектом Брюс», вызвал целый каскад исследований механизмов хемосигнализации у млекопитающих. И оказалось, что мыши, да и крысы прекрасно различают по запаху «своих» и «чужих», самцов и самок, родственников и неродственных особей. Каждому отдельному животному присущ собственный одортип – уникальный комплекс запахов, своеобразный химический паспорт, содержащий исчерпывающую информацию. Большая часть этой информации закодирована в генах главного комплекса гистосовместимости.

**Бомбикол**  
(гексадекадиен-10,12-ол-1)



**Гинтол**  
(d-10-ацетокси-гексадецен-7-ол-1)



Этот комплекс ранее был объектом пристального внимания иммунологов и трансплантологов, так как именно от него зависит совместимость или несовместимость тканей донора и реципиента при трансплантации.

## Запахи и гены

Еще в 1974 году американец Льюис Томас выдвинул гипотезу, согласно которой механизмы распознавания чужеродных белков-антигенов и запахов тела имеют общее эволюционное происхождение. С его точки зрения, распознавание экзогенных химических веществ имеет жизненно важное значение для самых разных видов животных. И современные данные о том, что за формирование сигналов одортипа отвечает главный комплекс гистосовместимости, ответственный не только за распознавание чужеродных антигенов и представление их участвующим в иммунном ответе клеткам, говорят в пользу этой гипотезы. Правда, роль главного комплекса гистосовместимости в продукции летучих хемосигналов, несмотря на усилия многих исследователей, еще далеко не ясна.

Феромоны выделяются с мочой не в свободной форме, а в виде комплекса с основным белком мочи – так называемым главным мочевым белком. Комплексообразование с белками продлевает жизнь хемосигнала, фиксирует его в среде обитания. По летучести можно даже классифицировать роль хемосигнала – предназначен ли он для кратковременного, однократного эффекта или для длительного, как, например, для обозначения прав на определенную территорию. У взрослых половозрелых самцов мышей и крыс масса главного мочевого белка составляет до 10% суточного белкового баланса. У самок эта величина меньше. Именно самцы в большей степени, чем самки, обеспокоены демонстрацией своего значения и своих возможностей. Тот факт, что организм тратит такое большое количество белка на обеспечение хемосигнализации, также говорит о ее высокой жизненной значимости.

Мы уже сказали, что феромоны регулируют рождаемость. Но этим их функции не исчерпываются. Животные умеют по запаху распознавать степень родства, то есть сходства генотипов потенциальных половых партнеров. От точности его определения зависит жизнеспособность потомства, а стало быть, и выживаемость группы и популяции. В отличие от людей у животных нет права на ошибку. Брачный период короткий, и нужно успеть выбрать такого партнера, который обеспечит здоровое

потомство. Близкородственные браки никому не на пользу. А если брачная пара образована далекими по родству самцом и самкой, то их потомство будет обладать высоким генетическим разнообразием, как говорят генетики – высокой гетерозиготностью. Следовательно, будут высоки приспособляемость и выживаемость потомства в неблагоприятных условиях последующей жизни. Таким образом, необходимость «добрачного» определения степени родства по «запаховым визиткам» имеет вполне рациональную биологическую основу.

А как люди выбирают себе невест и женихов? По любви, по расчету, а кое-где за них это делают родители. Как бы то ни было, по данным статистики, половина человеческих браков распадается, и к этому относятся достаточно спокойно. Долгое время бытовало представление, что обоняние не играет существенной роли в человеческих взаимоотношениях, хотя ему противоречит великолепно развитая парфюмерная промышленность. Да, по сравнению с мышами, крысами, собаками и волками обоняние у людей слабое. Достаточно сказать, что в эпителии обонятельной области у человека на площади около 10 см<sup>2</sup> содержится приблизительно 10<sup>7</sup> рецепторов, тогда как у немецкой овчарки – 2,2х10<sup>8</sup>. Однако чувствительность к запахам определяет не только обонятельный эпителий. В распознавании физиологически значимых хемосигналов более важную роль играют другие структуры: отдельный вомероназальный орган (малозаметное образование под сводом неба), тройничный нерв и слизистая глоточной области, тогда как обонятельный эпителий воспринимает неспецифические запахи общего порядка. Скорее всего, реакция на запахи зависит от сочетания всех этих структур.

По всей вероятности, при выборе брачного партнера люди также используют обонятельный механизм распознавания генотипа. Как показал большой статистический анализ семейных пар, проведенный несколькими группами ученых, комбинации генов у не склонных к расставанию, устойчивых семейных пар отличаются большим разнообразием, чем у быстро разошедшихся супругов, а генетическое разнообразие родителей обеспечивает повышенную гетерозиготность детей. И если животные при брачных отношениях умеют определять разнообразие генных комбинаций по запаху, то и у людей может иметь место нечто подобное.

Описанному у животных главному комплексу гистосовместимости у людей соответствует так называемый

комплекс HLA. Так вот, если у мужа и жены имеется совпадение более чем по трем генам этого комплекса, то при вынашивании ребенка возникают серьезные проблемы – велика частота выкидышей. Таким образом природа снижает вероятность появления потомства с низкой гетерозиготностью. Очевидно, она не очень доверяет слабому обонянию человека, поэтому для гарантии жизнеспособности потомства устанавливает еще и такое препятствие: организм матери реагирует на генетически близкий плод.

## Аромат успеха

Гетерозиготность – это здорово, но большое значение имеет и положение партнеров в обществе. У животных для демонстрации общественно-положения существует иерархическая хемосигнализация. Среди мышей и крыс, как и других групповых животных, всегда имеется лидер, или, точнее, доминантный самец. Определить его достаточно просто – он первым подходит к кормушке, а спит в центре группы, где теплее. Имеет он приоритеты и в отношениях с самками. Но стоит пометить его мочой самца-пария, как лидер утрачивает привычное подчиненное отношение к нему других особей. Его претензии на власть заканчиваются нападениями других самцов. И наоборот – самец-пария, будучи помечен мочой самца-лидера, вызывает почтение у остальных членов группы.

У читателя может сложиться впечатление, что хемосигнализация у млекопитающих осуществляется с помощью мочи. Дело в том, что выделяемые с мочой феромоны лабораторных грызунов достаточно подробно исследованы. Но у других видов более важными могут быть выделения специальных желез, расположенных, например, в области головы и шеи, гениталий, анального отверстия. Когда кошка трется о ваши ноги, она не только привлекает к себе внимание, но и метит своей химической меткой – утверждает свои права на вас. Так ее дикие сородичи оставляют метки в природной обстановке. У человека ведущую роль играет не моча, а выделения потовых желез.

Интересный эксперимент провели ученые из Новосибирска под руководством профессора М.П.Мошкина. Группе студенток анонимно предлагали оценить в баллах запах фильтровальных бумажек, пропитанных потом успевающих и неуспевающих студентов противоположного пола. Естественно, что применение парфюмерии при этом полностью исключалось. Оказалось, что девушки, особенно в «восприимчивой» стадии менструального



цикла, различают запахи студентов успевающих и не очень. А вот во время экзаменационной сессии запаховые различия мальчиков были не столь ощутимы, в основном за счет снижения запаховой привлекательности успешных студентов. На них, вероятно, больше сказывается экзаменационное волнение, эмоциональный стресс — им есть что терять, в отличие от привычных троечников. Но не исключено и другое объяснение: ресурсы организма направлены на мобилизацию интеллекта, а не на демонстрацию мужской привлекательности.

Интересно, что эти сведения перекликаются с опытами на животных, выполненными в лаборатории радиационной иммунологии Медицинского радиологического научного центра (Обнинск). Мы показали, что у мышей, подвергнутых слабым воздействиям ионизирующей радиации или стрессу, существенно нарушаются межполовые обонятельные реакции. Причем некоторые изменения прямо противоположны реакциям, необходимым для оптимальной репродуктивной стратегии. На основании тех и других наблюдений можно дать совет: не заниматься решением матримониальных задач и выбором пары в периоды нездоровья или эмоциональных проблем

И еще один вопрос: правильно ли мы делаем, пользуясь парфюмерией? Фактически мы маскируем свои собственные запахи, заменяем их искусственными. Если запахи играют у людей пусть не столь важную, как у животных, но хоть какую-то роль при выборе брачного партнера, то мы рискуем получить не самого подходящего для нас супруга. Конечно, это всего лишь предположение, но стоит над ним задуматься и хотя бы не злоупотреблять дезодорантами, потому что избыток синтетических ароматов часто действует отталкивающе.

## О болезни и смерти

Итак, хемосигнализация играет важную роль в жизни млекопитающих, по крайней мере, в обеспечении потомства оптимальной для последующей жизни комбинацией генов. Есть, конечно, и другие признаки, по которым самцы и самки выбирают наиболее подходящих партнеров, но мы здесь говорим только о хемосигналах.

А если потенциальный брачный партнер — носитель скрытой болезни? Оказывается, что запахи помогают и в этом случае. Общеизвестен афоризм: «В здоровом теле — здоровый дух». Конечно, мы существенно понижаем высокий его смысл, заменив «дух» на «запах», но здоровый организм действительно обладает соответствующим

запахом, точнее, не пахнет болезнью. Еще в древности врачи знали, что недуги можно распознавать по характерным запахам. Обследуя больного, опытный доктор не брезговал понюхать его мочу. Так, больных некоторыми формами диабета сопровождает запах ацетона. Пациентам с шизофренией тоже свойствен характерный и, говорят, не самый приятный запах.

«Пахнет» болезнью и моча нездоровых животных. Как показали многочисленные эксперименты, самцы мышей, зараженные паразитами или патогенными бактериями, выделяют феромоны, понижающие их привлекательность для самок. Так возникло представление о том, что больные животные продуцируют вещества, снижающие контакты между особями, и таким образом предотвращают распространение инфекции. Это очень логичная гипотеза, но ей противоречили другие данные, которые свидетельствовали не о снижении, а повышении частоты контактов. Так, мыши, зараженные вирусом клещевого энцефалита или получившие инъекцию бактериального эндотоксина, выделяли хемосигналы, привлекающие здоровых собратьев. Логичного объяснения таким фактам не было до тех пор, пока исследователи не стали работать с животными, облученными ионизирующей радиацией.

Преимущества ионизирующей радиации заключаются в том, что этот повреждающий физический фактор легко дозировать и в зависимости от дозы предсказать последствия. Важно и то, что он не вносит в организм чужеродные молекулы. Инфекционные агенты тоже можно дозировать, но в точности предвидеть характер развития болезни нельзя. Эксперименты с радиацией допустимы только там, где есть необходимые источники излучений, защита и дозиметрическая аппаратура, виварий для содержания животных и приборы для оценки их состояния. Всем этим располагает Медицинский радиологический научный центр в Обнинске. Ученые этого центра, в том числе и автор данной статьи, на протяжении нескольких лет изучали влияние радиации на поведенческие и иммунные реакции лабораторных животных. («Химия и жизнь» коротко рассказывала об этих экспериментах в № 2 за 2008 г.) Мы установили, что мыши, подвергнутые воздействию ионизирующей радиации в дозах, не вызывающих летальных повреждений (4 и 6 Гр), выделяют с мочой хемосигналы, которые привлекают здоровых особей. Причем повышенной привлекательностью обладали как выделения облученных

мышей для здоровых животных, так и моча здоровых — для облученных. Сам феномен сомнения не вызывал, но было совершенно непонятно, зачем больным и здоровым животным собираться вместе. Казалось бы, они должны избегать друг друга. Ситуация стала яснее, когда мы облучили мышей и крыс еще более низкими дозами (1 Гр) ионизирующего излучения. Оказалось, что в этом случае у облученных мышей, сутки дышавших выделениями интактных животных, существенно и надолго повышается иммунная реактивность, а у облученных крыс восстанавливаются нарушенные показатели крови. Поэтому, вероятно, здоровые и больные грызуны и стремятся друг к другу: одни — укрепить иммунитет, другие — поддержать собрата по виду и не допустить развития эпидемии. При более высоких дозах 4 и 6 Гр этот эффект не проявился. Очевидно, при таких дозах животные временно утрачивают резерв иммунных компонентов, которые могут реагировать на целительные хемосигналы сородичей, хотя их выделения все равно привлекают интактных грызунов.

Ситуация изменилась, когда вместо небольших доз радиации мы применили высоколетальные, при которых массовая гибель животных наступает уже через несколько суток после облучения. При этом в ранние сроки их выделения практически не привлекали необлученных особей (укреплением иммунитета умирающего не спасти), а в период гибели появились совершенно другие, отталкивающие хемосигналы.

Те же закономерности имели место не только после облучения. Интактных животных привлекали выделения мышей, перенесших стресс или страдающих от злокачественной опухоли. А мыши, уже умирающие от рака или отравленные солями тяжелых металлов, выделяли сигналы, отталкивающие собратьев по виду.

Очевидно, существуют хемосигналы болезни, демонстрирующие другим особям группы наличие того или иного недуга. А свойство привлекать или отталкивать здоровых животных зависит от стадии развития и глубины патологии.

Подтверждение такому суждению мы



обнаружили в давней статье нашего соотечественника, профессора М.Д. Синайского, который руководил крупной терапевтической клиникой и, очевидно, обладал чувствительным обонянием. В 1938 году он описал характерные для разных болезней запахи, в том числе и запах — предвестник смерти, появляющийся за несколько дней до гибели больного, независимо от диагноза. В те годы не было аппаратуры, позволяющей хоть как-то охарактеризовать химическую природу таких запахов, поэтому описание Синайского было основано на субъективных чувственных характеристиках. Например, запах больного хронической, непрогрессирующей формой туберкулеза он характеризовал как запах прелого сена. К сожалению, в наши дни в отношении химической природы запахов, регулирующих жизнедеятельность животных или демонстрирующих наличие болезни у животных и человека, известно немного. Исследования природы феромонов млекопитающих были куда менее успешными, чем с насекомыми. Дело в том, что реакция последних на феромоны их сородичей носит автоматический характер. Она однозначна, и для ее осуществления может быть достаточно одного вещества, как, например, в случае полового аттрактанта тутового шелкопряда. У млекопитающих нет такой строгой определенности, и в реакциях на хемосигналы сородичей они имеют больше степеней свободы и возможность выбора. Так, при поиске брачного партнера мыши и крысы не только ориентируются на половые аттрактанты, но и оценивают генотип партнера, который в одортипе представлен комбинацией нескольких компонентов. Причем не обязательно, что общий смысл сигнала непосредственно зависит от количественно преобладающего вещества. Академик В.Е. Соколов, возглавлявший советскую школу исследователей феромонов, в свое время даже выдвинул гипотезу о том, что реакция животных на хемосигнал может зависеть от сочетания двух и более веществ. Продемонстрируем это на простом примере. Допустим, физиологическая реакция реципиента зависит от наличия или отсутствия в хемосигнале двух компонентов, которые мо-

гут образовывать следующие комбинации: присутствует первый, но отсутствует второй компонент (+/-), присутствуют оба (+/+), отсутствуют оба (-/-), отсутствует первый, но присутствует второй (-/+). Таким образом, особь-индуктор имеет возможность вызывать у реципиента четыре различных реакции. К настоящему времени сведения, полученные усилиями американского исследователя феромонов Милоша Новотны и большой группы его коллег — об участии в образовании одортипа нескольких химических веществ, — в основном подтверждают такое суждение.

Пахучие вещества, выделяемые и обоняемые животными, представляют самые разные классы химических соединений. Помимо высоколетучих эфиров, кетонов и спиртов есть и малолетучие стероиды, жирные кислоты и даже пептиды. Механизмы хемосигнализации многообразны. Не исключено, что в распознавании некоторых феромонов участвуют и вкусовые рецепторы. Известен механизм, обеспечивающий дистантную связь матери и детеныша у грызунов, когда для выработки хемосигнала необходимо поедание экскрементов с последующей переработкой их в хемосигналы микрофлорой кишечника.

В медицине очень важна точность диагностики. Поэтому внимание ученых и привлекают запахи, сопровождающие различные заболевания у человека, как и хемосигналы экспериментальных животных при патологиях. В последние годы исследователи активно работают в двух направлениях. В одном из них надежды возлагаются на аппаратуру, способную различать пахучие вещества. Наука уже располагает высокочувствительными газовыми хроматографами. Обнадеживает и устройство, называемое «электронным носом». Тем не менее примеров успешного внедрения таких приборов в широкую клиническую практику пока не видно.

Другой подход основан на использовании животных с развитым обонянием, которых можно адресировать на распознавание определенных запахов. Попытки использования собак для диагностики злокачественных опухолей описаны в серии статей в

авторитетном медицинском журнале «Lancet». Собаки не достигли 100%-ной точности, но медицина мирится и с 70—80%-ной надежностью диагностических методов. Точность диагностики достигается одновременным учетом нескольких показателей, так что актуальными остаются как разработка аппаратного анализа летучих выделений пациентов, так и подготовка животных-сенсоров с высокочувствительным обонянием.

Итак, у животных, а не исключено, что и у человека, существует механизм, который с помощью обоняния и хемосигналов позволяет узнавать членов своей группы, подбирать оптимальных брачных партнеров для получения жизнеспособного потомства и даже оказывать своего рода «госпитальный эффект» — диагностировать болезни и поддерживать больных, повышая их иммунитет.

#### Что еще можно почитать про обонятельные хемосигналы:

**Киршенблат Я.Д.** Телергоны — химические средства воздействия животных. М.: Наука, 1968.

**Соколов В.Е., Зинкевич Э.П.** Химическая коммуникация млекопитающих. // *Наука и человечество*, М: Знание, 1979, с. 129–137.

**Макарчук Н.Е., Калугев А.В.** Обоняние и поведение. Киев: КСФ, 2000.

**Мошкин М.П., Герлинская Л.А., Евсиков В.И.** Иммунная система и реализация поведенческих стратегий размножения при паразитарных прессах. // *Журнал общей биологии*. 2003, т. 64 (1), с. 23-44.

**Мошкин М.П., Герлинская Л.А., Нагатоми Р.** Химическая коммуникация полов и физическое здоровье. // *Наука из первых рук*. 2005, 2 (5), с. 43-53.

**Новиков С.Н.** Феромоны и размножение млекопитающих. Л.: Наука, 1988.

**Суринов Б.П.** Аверсивные, отталкивающие интактных особей хемосигналы мышей при радиационном, токсическом поражении и злокачественном росте // *Доклады Академии наук*. 2007, т.414, № 4, с.554–556.



## БИОХИМИЯ

### Алкогольная кома и отравление аммиаком

*Выпив лишнего, можно пострадать и от продуктов собственного метаболизма. Алкогольное отравление мешает печени обезвреживать аммиак. К такому заключению пришли специалисты Военно-медицинской академии (Санкт-Петербург), наблюдая за крысами, которым ввели чудовищную дозу этанола (vladton@mail.ru).*



Аммиак образуется в кишечнике в процессе разложения аминокислот. Это нормальный процесс, но аммиак – токсичное вещество, поэтому организм принимает меры к его обезвреживанию. Аммиак с кровью поступает в печень и там превращается в мочевины. Однако в организме, отравленном алкоголем, эта функция печени нарушена. В результате аммиак кишечного происхождения поступает в кровоток и усугубляет токсическое действие этанола.

Исследователи работали с беспородными крысами, которым в желудок вводили этанол в дозе, вызывающей кому – в таком состоянии животные лежат без чувств. Контрольные крысы получали воду в том же объеме. Через три часа у животных брали пробы венозной крови из вен, впадающих в печень и выходящих из нее. Оказалось, что концентрация аммиака в крови, прошедшей через печень экспериментальных крыс, была в несколько раз выше, чем у контрольных животных. Их печень практически не очищала кровь.

При тяжелом алкогольном отравлении аммиак накапливался не только в крови, но и в межклеточной жидкости брюшины. Скорость его накопления возрастала в три раза. По мнению исследователей, у животных в состоянии алкогольной комы аммиак кишечного происхождения поступает в кровь, минуя печень.

Упившихся личностей иногда пытаются привести в чувство нашатырным спиртом. При этом к избытку собственного аммиака добавляют дозу извне. Исследователи вводили крысам этанол в разных дозах, а потом помещали на три часа

в атмосферу, содержащую аммиак в концентрации, безвредной для здорового животного. Но для пьяных крыс такая ингаляция смертельно опасна. После нее уровень аммиака в крови возрастал в 2,4 раза по сравнению с пьяными животными, которые аммиаком не дышали. Крысы в алкогольной коме дышат реже и потребляют в 2,5 раза меньше кислорода, чем трезвые. Ингаляция аммиака снижала эти показатели на 31 и 44% соответственно.

Ученые пришли к выводу, что острая алкогольная ин-

токсикация повышает уровень аммиака в крови, а это, в свою очередь, увеличивает смертность среди отравленных алкоголем крыс. очередное подтверждение старой мудрости: излишества вредны.

## ГЕНЕТИКА

### Гены спортивной успешности

*Глядя на малыша, пришедшего в спортивную секцию, тренер пытается определить, будет ли из него толк: одного старания мало, нужны еще и физические данные. Возможно, вскоре на помощь тренеру придет молекулярная генетика. Исследования ученых биофака МГУ имени М.В.Ломоносова поддержало Федеральное агентство РФ по науке и инновациям в рамках программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» (Bondareva@gmail.com)*

Специалисты обобщили известные данные о 29 генах, которые можно назвать генами спортивной успешности. Их продукты отвечают за мышечное сокращение, гемодинамику, энергетический метаболизм, рост, восстановление мышечных волокон, рост и функционирование соединительной ткани, а также влияют на газообменные функции крови.

Сегодня ученым известно более 10 млн. вариативных участков, или полиморфизмов генома человека. Некоторые из этих полиморфизмов связаны с проявлением

выносливости, скоростно-силовых качеств или же с развитием гипертрофии скелетных мышц. Существуют также гены, ограничивающие физическую деятельность человека. Следствием в лучшем случае станет прекращение роста результатов, а в худшем – заболевания, такие, как гипертрофия миокарда левого желудочка. Неудивительно, что развивается особая дисциплина – спортивная генетика.

Например, логично предположить, что гены, кодирующие белки скелетных мышц, могут повлиять на результаты спортсмена. Ученые исследуют полиморфизмы этих генов у спортсменов и неспортсменов – и действительно обнаруживают, что один из вариантов гена ACTN3 (ген белка б-актина 3) у успешных спринтеров и силовиков встречается чаще, чем у аутсайдеров. Особенно заметна роль этого гена у женщин.

Известны гены, влияющие на ударный объем сердца и снижающие выносливость спортсменов, гены, продукты которых участвуют в регуляции роста и восстановления мышечных волокон. Есть и ген, полиморфизм которого влияет на массу тела и ожирение у женщин. Среди спортсменов обладательниц «жирного» варианта очень мало.

Спорт – это не только победы, но и травмы, и тренеру важно знать, велик ли риск у его подопечного. Многие выдающиеся спортсмены страдают ломкостью костей (она развивается с возрастом) и артритом. Ученым известны гены, полиморфизмы в которых определяют предрасположенность к этим заболеваниям. Один из них – ген б1-цепи коллагена 1 (COL1A1). Некоторые мутации этого гена связаны с уменьшением плотности кости и ее массы, а также с разрушением межпозвоночных дисков.

Кроме того, спортивная успешность зависит от генов, определяющих газообменные свойства крови и способность мышц использовать кислород.

В настоящее время специалисты все внимательнее изучают индивидуальные различия в реакции организмов спортсменов на выполняемые упражнения, наследственную предрасположенность к развитию и проявлению физических качеств. Достижения ученых в этой области, безусловно, помогут в подготовке будущих чемпионов.



# Ханс Бете: через атомные ядра – к звездам



Тысячи лет люди смотрели на небо, видели свет далеких звезд и нашего родного Солнца. Наконец они додумались до вопроса, откуда берется необходимая для излучения энергия. И только в XX веке ученые смогли ответить на него, для чего им пришлось выдвинуть принципиально новые концепции и развеять старые заблуждения. Еще в не столь далеком 1911 году будущий знаменитый астрофизик Артур Эддингтон написал в статье для Британской энциклопедии, что свечение звезд вызывается их гравитационным сжатием.

Лишь после того, как в 1920 году физики выяснили, что масса ядра гелия меньше суммы масс составляющих его частиц (как тогда полагали, четырех протонов и двух электронов), они начали догадываться, что в этом «дефекте масс» лежит ключ к проблеме. Ведь ранее была установлена эквивалентность массы и энергии, выражаемая эйнштейновской формулой  $E = mc^2$ . И в книге «Внутреннее строение звезд» (1926) Эддингтон уже говорил о процессе синтеза гелия из водорода как наиболее вероятном источнике энергии.

Однако расчеты показывали, что температура внутри звезд недостаточна для соединения ядер (для преодоления ими кулоновского отталкивания), поэтому коллеги скептически отнеслись к идее Эддингтона и даже насмеялись над ним. На что тот, по словам другого английского астрофизика Фреда Хойла, «с некоторым раздражением советовал им пойти поискать место погорячее».

«Насмешка – лучшее испытание для истины» (Ф.Честерфилд), и гипотеза о внутризвездном термоядерном синтезе его выдержала. Благодаря тому что несколько физиков почти одновременно, в 1928 году, обосновали возможность чисто квантового «туннельного эффекта» – прохождения (туннелирования) частицы сквозь потенциальный барьер. Тогда слияние ядер может происходить уже при более низкой температуре.

Как видим, идея о ядерных реакциях, вызывающих энерговыделение в звездах, в конце 20-х годов уже витала в воздухе. Но представления о структуре атомного ядра в то время были ошибочными, поскольку единственными известными частицами оставались

протон и электрон; из них-то и составляли ядра, что приводило к нелепым выводам. Только в 1932 году, который назвали годом чудес, открыли тяжелый изотоп водорода дейтерий, а также новые элементарные частицы – нейтрон и позитрон. В том же году Вернер Гейзенберг и Д.Д.Иваненко независимо выдвинули гипотезу, что ядра состоят из протонов и нейтронов.

Именно тогда начала бурно развиваться ядерная физика, и одним из лидеров в этой области стал немецкий физик Ханс Альбрехт Бете (1906–2005).

Он родился в Страсбурге в семье профессора медицины, учился во Франкфуртском университете, а в 1926 году, то есть сразу после публикации статей основателей квантовой теории, открывших новую эру в физике, стал аспирантом Арнольда Зоммерфельда в Мюнхене. Два года спустя Бете защитил диссертацию, в которой применил только что появившийся формальный аппарат к рассеянию электронов на кристаллах.

После этого стал преподавать, одновременно работая над новыми приложениями квантово-механических методов; установил тесные контакты с группами Эрнеста Резерфорда, Энрико Ферми, Нильса Бора. В 1935 году Бете эмигрировал из фашистской Германии в США, где вскоре стал профессором в Корнелле (штат Нью-Йорк).

Весной 1938 года Ханс принял участие в конференции по астрофизике в Вашингтоне. Среди ее организаторов был Георгий Гамов, который в автобиографической книге «Моя мировая линия» (М: Наука, 1994) писал: «Бете тогда ничего не знал о внутренности звезд, но все – о внутренности ядер. Конференция была очень интересной, просто захватывающей, и к концу ее Бете выступил с возможной схемой ядерных реакций, включающих водород и углерод...»

А сам Бете вспоминал, что там обсуждали различные аспекты физики звезд, но вот ответа на главный вопрос – откуда же берется в них энергия? – найти не могли. Разумеется, все уже понимали, что ее источником должны быть ядерные, а не химические процессы, но какие именно? По

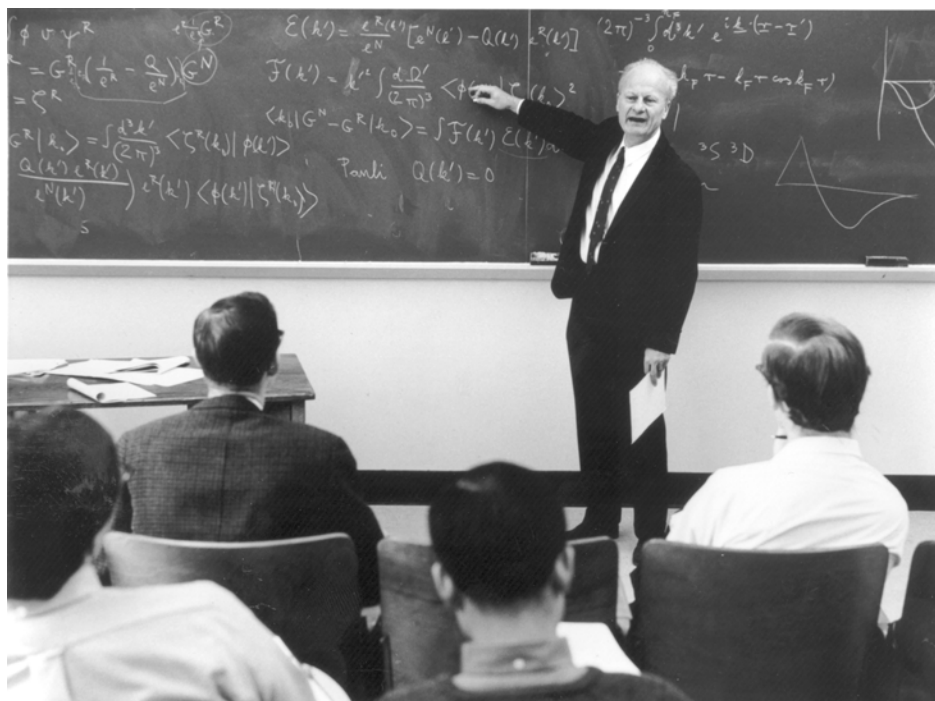






Фото www.news.cornell.edu



Таблица 1

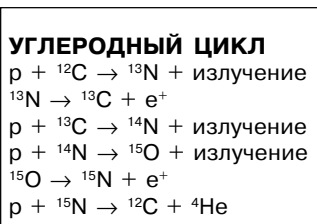
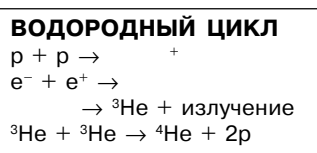


Таблица 2



его мнению, от физиков-ядерщиков тогда требовали слишком многого: чтобы они сразу объяснили и выделение энергии, и нуклеосинтез, то есть образование в звездах множества химических элементов.

Бете же решил сначала сконцентрироваться на одной стороне медали – энергетической. Он стал перебирать легкие элементы Периодической системы, стараясь отыскать возможные ядерные реакции с их участием. И только когда дошел до углерода, сумел нарисовать целостную картину. Согласно предложенной им схеме, в ходе шести последовательных реакций, среди которых имеются как слияния, так и распады ядер (с испусканием позитронов), четыре протона превращаются в одно ядро гелия (см. таблицу 1). Главное, что на каждом этапе цикла высвобождается энергия, а на некоторых из них рождаются фотоны – возникает излучение.

Сначала в игру вступает устойчивый углерод-12, который снова появляется в самом конце, так что он может принять участие в новом таком цикле, то есть использоваться многократно. Значит, он служит как бы катализатором, а образующийся гелий-4 пополняет запас этого элемента в

звезде. Все выглядело логично и красиво, и эта схема вошла в учебники как углеродно-азотно-кислородный цикл (CNO-цикл; обычно его называют просто «углеродным»); независимо от Бете его открыл также немецкий физик Карл фон Вейцзеккер (1912–2007).

А незадолго до вашингтонской конференции Чарльз Кричфилд, бывший аспирант Гамова, предложил другую цепь реакций (см. таблицу 2). В ней сначала соединяются два ядра водорода, затем происходит аннигиляция электрона и позитрона, потом возникает гелий-3, наконец из двух таких ядер образуется гелий-4. Но при расчетах Кричфилд столкнулся с трудностями, которые смог преодолеть только вместе с Бете. Так появилась их совместная публикация 1938 года об этом протон-протонном, или водородном, цикле.

В обоих рассмотренных каскадах реакций исходным материалом служат протоны, из которых через ряд промежуточных стадий образуются ядра гелия. Бете показал, что на Солнце и еще меньших звездах ведущую роль играет водородный, а в более массивных, таких, как Сириус (в них температура выше), – углеродный цикл.

Проверка всего комплекса реакций, расчеты их скоростей в зависимости от температуры заняли у Бете шесть недель. Он смог не только разобраться в энергетике звезд, но и многое прояснить в их эволюции. Его обстоятельная статья, ознаменовавшая рождение современной астрофизики, вышла в 1939 году.

Бете суждено было сыграть важную роль в американском атомном проекте: в 1943 году он возглавил теоретический отдел в Лос-Аламосской лаборатории. Затем, в период холодной войны, он стал активным борцом за прекращение производства и испытаний оружия массового поражения, выступал против программы «звездных войн» президента Рейгана.

Исследователя привлекали как фундаментальные, так и прикладные проблемы. В сферу его интересов входили квантовая электродинамика, физика твердого тела, элементарные частицы, ядерные реакторы, материаловедение, радиолокация... О Бете говорили, что он знает почти все почти обо всем. А его молодой сотрудник Ричард Фейнман заметил: «Если где-нибудь в эксперименте появляется хорошее число, то профессор Бете непременно должен вывести его из теории».

Так что заслуги Бете не ограничивались раскрытием тайн небесных светил – за долгую жизнь ему удалось охватить многое. Время от времени он снова обращал взор ad astra и пытался уточнить модели нейтронных звезд, белых карликов и черных дыр, не забывая и про загадки физики Солнца.

А в 1967 году Бете получил Нобелевскую премию – «за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся процессов генерации энергии звезд». Член Шведской академии, представляя лауреата, сказал, что у того есть несколько других работ, каждая из которых заслуживает отдельной премии. И все же Бете стал первым ученым, удостоенным высшей награды именно за достижения в астрофизике.

**Л.Каховский**



# Возможная экзобиология

О.К.Шулюпин

Демокрит в V в. до н. э. впервые допустил, что число разумных миров во Вселенной бесконечно. Почти через две тысячи лет эту гипотезу воскресил Джордано Бруно и получил широкое признание. Станислав Лем в середине XX века предположил, что внеземные цивилизации гораздо старше земной, несравненно могущественней и не общаются друг с другом по причинам, не связанным с этикой.

В настоящее время немало людей считают нашу биосферу единственной, в том числе и потому, что явных следов деятельности иных цивилизаций мы не наблюдаем. Однако, на мой взгляд, наиболее весомым доказа-



Художник К.Ставрова



## А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

должна была предшествовать химическая эволюция, образование и накопление разнообразных макромолекул.

Абиогенный синтез — ненаправленный, у «древа» химической эволюции должны быть побочные ветви и тупики. Известно, что при химическом синтезе углеводов и аминокислот образуется рацемическая смесь изомеров. Белки современных организмов состоят в основном из альфа-аминокислот, но синтезировать можно и бета-, и гамма-аминокислоты... Боковые заместители у абиогенных аминокислот тоже могут быть гораздо разнообразнее, чем у биогенных. Не исключено, что среди них были и галогенпроизводные.

Но все эти аналоги биомолекул достаточно устойчивы и к биологическому, и к химическому распаду! Например, для питания и в качестве структурных элементов нашему метаболизму подходят только левовращающие аминокислоты (отдельные правовращающие аминокислоты используют только некоторые микробы и в очень ограниченном количестве). Следовательно, продукты абиогенного синтеза должны были бы присутствовать в древних осадках. Ведь даже карбоновые кислоты, весьма «съедобные», были найдены в отложениях возрастом около 3 млрд. лет (Палеонтология и эволюция биосферы, Л.: Наука, 1983). Однако палеонтологических следов соединений, которые могли бы быть продуктами абиогенного синтеза, нигде не обнаружено. Впору задать вопрос: да была ли на Земле химическая эволюция, предшествующая биологической?

Далее. Для химической эволюции нужны определенные физико-химические условия: высокие температуры, большое количество водорода, отсутствие кислорода, отсутствие жидкой воды (она будет существовать исключительно в виде пара), сильно восстановленная атмосфера. Эти условия были спрогнозированы А.И.Опариным в начале XX века и воспроизведены Стэнли Миллером и Гарольдом Юри в середине XX века: они провели синтез биогенных молекул из аммиака, углекислого газа, водорода и паров воды под действием ультрафиолета и электрических разрядов.

Водород, который образуется в результате геохимической деятельности, улетает в космос из-за слабого тяготения нашей планеты. Этот факт сам по себе полностью отрицает возможность химической эволюции на Земле, поскольку при синтезе восстановленных соединений на основе углерода водород из воды не может перейти на углерод. М.А.Федонкин, Г.А.Заварзин и другие специалисты по ранним этапам эволюции утверждают, что атмосфера Земли до появления фотосинтетиков была бескислородной. В то же время геохимические данные говорят обратное — кислород был, причем в количествах не менее 10% (Бгатов В.И. История кислорода земной атмосферы. М.: Недра, 1985). Геохимики решали свои проблемы, и нет оснований им не доверять. Геохимические данные показывают также, что на Земле всегда было много жидкой воды. Но многие органические синтезы проходят только в безводной среде. А при

тельством в пользу существования и активности внеземных цивилизаций служит сам факт наличия жизни и разума на Земле.

### «Недостающие звенья» химической эволюции

С точки зрения логики возникновение и развитие жизни и разума как высокоорганизованных систем должно было идти от простого к сложному. Понятие сложности не просто формализовать, но можно принять его на интуитивном уровне. В частности, биологической эволюции

имевшихся условиях гарантирован достаточно быстрый небиологический распад сложных восстановленных соединений на углеродной основе.

Рассмотрим подробнее ситуацию с аммиаком, источником азота в биомолекулах. Абиогенный (если пренебречь участием человека) химический синтез аммиака происходит при высоких давлениях и температурах из эквимолярной смеси водорода и азота, в присутствии катализатора — губчатого железа, в отсутствие кислорода, паров воды и соединений серы, отравляющих катализатор, и никогда не проходит до конца. Но Миллер и Юри брали готовый аммиак. А дальнейшие синтезы идут в условиях, при которых невозможно образование аммиака, ведь для наших живых систем нужны и соединения серы, и вода.

Уже на этом уровне существует явный труднопреодолимый разрыв между простыми веществами и предшественниками биогенных молекул. Увеличение же молекулярного веса и сложности химического состава биогенных молекул увеличивает неустойчивость синтезов — для них требуются все более сложные условия, различные катализаторы на разных стадиях, увеличивается количество побочных продуктов и снижается выход основного.

## Фотосинтез как внеземная разработка

Но это еще не все. Из палеонтологических данных следует, что самая старая органика на Земле представлена строматолитами, остатками цианобактерий (синезеленых водорослей). Их возраст оценивается в 2,5—3 млрд. лет. Прямых доказательств более раннего существования живых организмов нет, косвенные же можно оспорить.

А появились они приблизительно тогда, когда температура понизилась примерно до современного уровня — до того было слишком жарко. Теория происхождения Земли в виде конденсации газопылевого облака с последующей бомбардировкой метеоритами, предполагает, что на ранних стадиях температура поверхности Земли и атмосферы была выше точки кипения воды. (По современным представлениям, океаны на Земле возникли не позднее 3,8 млрд. лет назад. — *Примеч. ред.*) Кроме того, есть палеонтологические данные, которые свидетельствуют в пользу одновременного сосуществования с цианобактериями более сложно устроенных эукариот, которым вдобавок нужен кислород в количестве не менее 5% от современного. Но даже цианобактерии — не самые простые по строению микроорганизмы. Их геном не менее чем в десять раз превосходит размером геном большинства бактерий. Цианобактерии имеют сложную клеточную стенку, существуют как в виде одиночных клеток, так и в форме нитчатых конгломератов, способны эффективно размножаться на минеральных средах в присутствии солнечного света в широком диапазоне внешних параметров. Они заселяют практически все земные ареалы. Цианобактерии фиксируют газообразный азот, фотосинтетически активны. Вдобавок они представлены многочисленными формами. У них различная морфология, биохимия и состав генома, даже на уровне содержания G—C пар. (Такого широкого разброса по этому параметру нет ни в какой другой таксономической группе!) И все это многообразие сложных биологических форм появляется на Земле как бы из ничего. Поневолле задумаешься о возможном «внешнем воздействии».

Что касается фотосинтеза, выяснился удивительный факт: в спектре излучения Солнца у земных растений он идет не оптимально. Солнечный свет, достигающий поверхности Земли, обладает максимальной интенсивнос-

тью в сине-зеленой и зеленой областях спектра (от 450 до 550 нм). Однако именно в этой области поглощение света молекулой хлорофилла минимально! Хлорофиллы *a* и *b* имеют максимум поглощения в фиолетовой области примерно при 440 нм, а хлорофилл *a* в дальней красной, 770 нм. Интенсивность же фотосинтеза максимальна в интервалах 410—450 и 640—680 нм, в приблизительно том соотношении со спектром поглощения листьев растений. (Почему эффективность падает при свете с длиной волны более 700 нм, читатель может выяснить самостоятельно, найдя в учебнике или Интернете первый и второй эффекты Эмерсона.)

В конце 60-х годов XX века в бывшем Институте почвоведения АН СССР (ныне ИФПБ РАН, Пушкино) группа исследователей под руководством И.И.Свентицкого совместно с Саранским электроламповым заводом разработала газоразрядную лампу низкого давления для теплиц, спектр излучения которой имел два максимума, в красной и синей частях спектра. В свете этих ламп выход биомассы на киловатт электрической мощности оказался в два раза выше, чем в свете ламп со спектром Солнца. Состав газовой смеси для лампы подобран так, что листья растений при их свете кажутся черными, а это значит, что они поглощают весь падающий свет, с минимальным отражением. Свет такой лампы человеческий глаз воспринимает как сиреневый.

Напрашивается предположение: земные фотосинтезирующие организмы возникли (или, возможно, были целенаправленно созданы) в биосфере с центральной звездой, которая излучала свет преимущественно в красной и синей частях спектра. Может быть, имела место двойная система из красной и синей звезд. Поэтому система фотосинтеза отвечала прежде всего такому спектру электромагнитного излучения. Но гибкость конструкции позволила фотосинтезирующим микроорганизмам выжить и в свете желтой звезды.

Способность к фотосинтезу и азотфиксации ставит подобные организмы в основание трофической пирамиды, даже при неоптимальном использовании источников энергии. (Может быть, кому-то показалось проще и быстрее расселять уже имеющиеся формы, чем разрабатывать новые организмы? Кстати, земным специалистам по геной инженерии, которые работают над повышением продуктивности сельскохозяйственных растений, стоило бы попробовать повысить эффективность фотосинтеза в спектре Солнца.) Такие абсолютные автотрофы нарабатывают органическое вещество из минерального сырья и выделяют кислород, обеспечивая условия для развития аэробного дыхания и эволюции более сложных по питательным потребностям гетеротрофов. Широкий же разброс генетических и физиологических параметров цианобактерий, возможно, означает, что первичным цивилизациям было неясно, какие именно бактерии лучше всего подойдут для выживания в условиях древней Земли, и они засеяли множество разнообразных видов, предоставив им возможность выживать под давлением естественного отбора конкретной биосферы.

Но почему же поиски других форм жизни, кроме земной, не дают результатов? Возможно, потому, что мы неверно задали критерии поиска.

## Есть ли микроорганизмы на Марсе?

Когда мы ищем себе подобных во Вселенной, подчас мы ищем не «других разумных», а «других белково-нуклеиновых». Так, поиски жизни на Марсе предполагали существование микроорганизмов, похожих на земные по



питательным потребностям. При этом не учитывалось, что даже на Земле существует масса некультивируемых микробов. Из окружающей среды высевают лишь часть тех клеток, которые видны под микроскопом на предметных стеклах обрастания, помещаемых на некоторое время в почву или ил, либо в мазках клинического материала. При этом почвенная микрофлора, например, образует больше колоний на агаризованных почвенных вытяжках конкретного ареала, чем на гидролизатах и вытяжках животного и растительного сырья. Есть олиготрофы — микробы, которые не растут на богатых средах, а только на достаточно бедных. И даже среди непривередливых легионелл встречаются некультивируемые штаммы.

Отсюда понятно, что шансов высеять что-либо из марсианского грунта в любом случае немного. Его элементный состав известен лишь приблизительно: по данным рентгенофлуоресцентного спектрометра «Викингов», он содержит кремний (13–15%), железо (12–16%), кальций (3–8%), алюминий (2–7%), титан (0,5–2%). И это результат локального анализа. По аналогии с Землей (а Марс — планета земного типа) разброс по составу между пробами, взятыми в разных точках, может оказаться весьма значительным. К сожалению, автору не удалось установить точный состав сред, на которые высеивали марсианские пробы. Но совершенно очевидно, что отрицательный результат не доказывает отсутствия микроорганизмов на Марсе. Кто знает, может быть, им требовались незначительные количества лития, а натрий, присутствующий в земных питательных средах, для них токсичен?

В пользу множественности белково-нуклеиновой формы жизни и ее потенциального разнообразия говорят многочисленные факты. Например, известно, что минеральный состав крови всех животных близок к минеральному составу морской воды. Однако не исключено, что состав и количество солей в среде, где развивалась жизнь, могут быть иными в других биосферах. Система переноса электронов в наших митохондриях построена на железосодержащих белках. Медь в таких реакциях более эффективна с точки зрения физхимии, но в литосфере Земли меди мало по сравнению с железом. В то же время кровь многих беспозвоночных переносит кислород с помощью медьсодержащих белков, такие системы более эффективны, чем железосодержащий гемоглобин (Шноль С.Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М.: Наука, 1979). Не будем задаваться вопросом, откуда взялись медьсодержащие переносчики в крови осьминога, но этот пример хорошо показывает, насколько иной может оказаться биохимия внеземных организмов — даже если предположить сходство изначальных условий.

В экспериментах на липидных мембранах возникает разность потенциалов в растворах, содержащих вместо привычных калия с натрием литий, цезий или рубидий, а

вместо хлора — другие галогены. Это редкие и рассеянные элементы в нашей биосфере — но, возможно, на других планетах они присутствуют в достаточных количествах. Может быть, на какой-то планете литию предназначена та же роль, что натрию — на Земле. Вообще говоря, разность потенциалов в гетерогенной системе могут обеспечивать не только щелочные металлы и галогены, но любые катионы и анионы. При этом формы жизни, существующие в условиях, «нетипичных» для Земли, хорошо известны земным биологам.

Стафилококк растет в присутствии солей лития, токсичных для многих других бактерий, и при концентрации хлорида натрия до 10%, подавляющей рост большинства микробов. Некоторые кишечные бактерии растут в присутствии солей селена, а дифтерийная палочка устойчива к солям теллура, ядовитым для большинства других микробов, существующих в тех же биотопах. Есть бактерии, устойчивые к цианидам и азидам в высоких концентрациях. Известны бактерии, живущие в очень кислых средах. Есть почвенная микрофлора, устойчивая к солям ртути, кадмия и мышьяка, токсичным для большинства других бактерий. Описаны микробы, способные расти в воде, охлаждающей ядерные реакторы, а также термофильная микрофлора, существующая при температуре, близкой к кипению воды при нашем атмосферном давлении.

Следовательно, нет физико-химических ограничений на существование иных биосфер с иным соотношением химических элементов, иной температурой и уровнем радиоактивного излучения. На базе экстремальной микрофлоры могут возникнуть и более сложные живые системы. И в таких биосферах организмы должны отличаться от земных как по биохимии, спектру биогенных молекул, так и по морфологии, мировосприятию, мировоззрениям и, возможно, по этике. Будет ли высшая нервная деятельность обитателей далеких миров, чьи нейроны проводят сигнал с помощью других ионов, отличаться от нашей, и если да, то чем именно — вопрос пока теоретический. Но исключать такую возможность нельзя.

Автор приносит глубокую благодарность профессору С.Э.Шнолю за постановку задачи и поддержку в работе над этим материалом

Желающие обсудить проблемы экзобиологии могут обратиться к Олегу Константиновичу Шулюпину по адресу [olkoshu@rambler.ru](mailto:olkoshu@rambler.ru).



# Хлеб и его предки

Кандидат биологических наук  
**С.Ф.Коваль**

**Х**леб, лепешки, блины, лапша, клецки, каша настолько привычны для нас, что мы никогда не задумываемся о том, когда и в каком порядке они появились на нашем столе. Поскольку эта еда многие столетия была и остается главной в рационе человека, то давайте познакомимся поближе с хлебом и его родственниками. Тем более что в процессе одомашнивания растений человек настолько изменил их и способы кулинарной обработки урожая, что сегодня мало кто себе представляет, с чего, собственно, все началось.

Умение испечь пышный коровай всегда было обязательным для женщины-славянки. Именно коровай, а не каравай, потому что у славян во многих ритуалах жертвоприношения он заменял символ плодородия — корову. Выпекали его в виде круглого хлеба с рожками. Превращение зерна в хлеб наши предки воспринимали как таинство, в котором участвуют три великие стихии — породившая зерно земля, вода и огонь. Потому хлеб почитался особо. Хлеб с солью славяне считали священными, отсюда и «хлебосольство» — готовность принять гостей и угостить их всем, что есть в доме.

Конечно, хлеб в его современном виде возник не сразу. Если оставить в стороне сырое зерно, которое ели в глубокой древности, то первым предшественником хлеба была каша из цельных зерен. Древние греки перед посевом справляли особый обряд: во всех домах в грубые глиняные горшки складывали различные злаки (зерно ячменя, гороха, пшеницы) и варили священную кашу — всезерние. И сегодня в обрядах разных конфессий прочно сохраняются древние кулинарные рецепты, вспомним хотя бы наши блины.

Самый простой вариант древней каши можно приготовить, и я это иногда делаю. Хорошо промытые зерна пшеницы варят на сильном огне в большом объеме воды примерно полчаса. Затем воду сливают, и пожалуйста — берите ложку и ешьте, пока горячая. Несколько ложек в охотку могут доставить удовольствие,



но как постоянная пища... Нет, увольте, все же я современный человек!

До нашего времени дожили очень древние рецепты каш, которые даже сейчас используют иногда на похоронах. Правда, мы особенно не задумываемся об их особом значении. Это кутья и коливо.

Для колива нужно 2 стакана ячневой крупы, 1 стакан мака, 1 стакан молока, 2–3 столовые ложки меда, 2 столовые ложки клюквенного или смородинового варенья. Крупу промыть, отварить в воде на умеренном огне, все время снимая пену. Как только крупа начнет выделять слизь, лишнюю воду слить, а кашу переложить в другую посуду, добавить молоко и варить, все время помешивая, пока крупа не станет мягкой и каша не загустеет. Отдельно залить мак крутым кипятком и оставить на пять минут, пока он не распарится. Затем воду слить, мак промыть, снова залить крутым кипятком, слив его, как только начнут появляться капельки жира на поверхности воды. Распаренный мак перетереть в ступке, до-

бавляя по половине чайной ложки кипятка к каждой столовой ложке мака. Мак смешать с загустевшей, размягченной ячневой кашей, добавить мед, молоко, прогреть на слабом огне 5–7 минут, непрерывно помешивая, потом снять с огня и заправить вареньем.

В рецепте колива используется ячневая крупа, то есть дробленое зерно ячменя, освобожденное от пленок. Разваривается она за 40–45 минут и увеличивается в объеме примерно в пять раз. Но можно использовать и другой вид ячменной крупы — перловую. Она содержит меньше клетчатки и привлекательней на вид. С перлового зерна сначала удаляют цветочные пленки, затем ядро шлифуют — при этом снимается большая часть плодовых и семенных оболочек, а также часть алейронового слоя. (Так называется слой клеток, расположенный непосредственно под плодовой оболочкой зерна. Он содержит большое количество белка, которое при размолу уходит в отруби. Потому хлеб с отрубями очень богат полно-



ценным белком.) Зерна становятся овальными или круглыми, с гладкой поверхностью. Такая крупа варится 60—90 минут и увеличивается в объеме в пять-шесть раз. Каша получается рассыпчатой, но, когда остывает, становится жесткой, поскольку набухший при варке крахмал легко отдает воду.

Каким должно было быть зерно для первой каши? Прежде всего, с большим содержанием белка, то есть питательным, при этом каша должна легко перевариваться в человеческом желудке. Другое требование — способность зерна развариваться и становиться мягким. Это действительно очень важно. Например, семена овощного гороха мы обычно убираем недозрелыми, в фазе молочной спелости. Созревший же горох годится только на семена. Однажды у меня накопилось довольно много таких семян, и я попытался сварить из них кашу. Но горох остался твердым, хотя я заранее замочил его и варил целый день. Оказалось, что даже внутри одного вида *Pisum sativum* L. существует генетическое разнообразие по способности семян развариваться.

Для древней каши равно годились зерна пшеницы, ячменя, гороха, чечевицы и т. д. Из некоторых видов зерна при варке экстрагируется много растворимых веществ, тогда каша получается слизистая — размазня. Но самая вкусная — рассыпуха. По старой русской традиции кашу готови-

ли от двух до четырех часов в русской печи на «вольном духу», когда печь остывала после выпечки хлебов. Ее делали медленно, не в металлической кастрюльке, а в глиняном горшке или толстостенном чугушке.

Конечно, если в каше попадает шелуха зерновых пленок, это неприятно. Потому самым древним этапом переработки большинства видов зерна — пшеницы, ячменя, овса, проса, гречихи — было освобождение его от цветочных чешуек. Для этого зерно толкли пестом в больших дубовых ступах (примерно такого же размера, как у Бабы-яги), а оно должно было при этом не расплющиваться и легко освобождаться от пленок. Те виды злаков, которые трудно обрушивались, постепенно выходили из рациона. В лучшем случае их могли хранить как зерно для корма скота. Сеяли же только те образцы, которые давали вкусную, рассыпчатую, чистую от шелухи кашу.

При обрушивании зерно неизбежно дробилось, так что крупа появилась естественным путем. А некоторая часть разбивалась в пыль — так человек познакомился с мукой еще до изобретения мельницы. Потом появилась и сама мельница. Тысячелетия в каждом доме женщины ранним утром мололи зерно и делали муку на день — это был символ спокойной, мирной жизни. Поскольку мука жизненно необходима каждому человеку, то жернова запрещалось брать в залог.

Что представляла собой ручная мельница? Древнейшей мельницей была каменная терка, состоящая из двух плоских камней. Нижний имел длину около 50 см, ширину 30 см, толщину примерно 6 см и немного вогнутую поверхность. По нему взад-вперед двигался меньший по размеру камень, а засыпанное между ними зерно растиралось в муку. Такие терки известны археологам еще с начала неолита, их возраст до 8 тыс. лет.

Позднее поступательное движение верхнего камня заменили вращением — это было более экономично. Каменная терка превратилась в мельницу, состоящую из двух плоских базальтовых камней-жерновов, причем нижний вкапывали в землю. Зерно для помола поступало через верхнее отверстие, а муку сыпали на расстеленный холст или в большое плоское блюдо, стоящее у нижнего края мельницы. Потом на поверхности жерновов стали делать насечку (чтобы зерно лучше растиралось), а на нижнем камне еще и углубленные бороздки, по которым мука сыпалась из мельницы. Такие мельницы были широко распространены в Древней Греции и Палестине библейских времен, то есть не позднее полутора тысяч лет до н. э.

Замешенную с водой муку можно было есть сразу в виде болтушки или киселя. Кисели (гороховые, овсяные, ржаные, пшеничные) считаются древнейшим кушаньем — им не менее тысячи лет. Для их приготовления требовались совсем другие свойства зерна, нежели для каши. При варке каши вещества слабо экстрагируются в кипяток, потому она становится рассыпчатой. А кисель (это коллоидный раствор) состоит из сильно набухших веществ, экстрагированных из зерен. В наше время зерновые кисели практически забыли. Им на смену пришли ягодные на крахмале, которые появились почти на 900 лет позже зерновых.

В исторических романах иногда упоминается и такое кушанье, как толкно. Это блюдо готовили из зерна овса, выдержанного всю ночь в

Ручная мельница,  
XI—XII век



Ступа и пест к ней



теплой русской печи. Мука, полученная после выдерживания овса в печи, теряла способность образовывать клейковину, зато хорошо набухала в воде и быстро густела. Толокно замешивали с охлажденной кипяченой водой, приправленной солью. В сухом виде толокно, как и ржаную муку, выдавали служилым людям в качестве продовольственного пайка.

В какой-то момент мучную болтушку пролили на горячие камни очага, и получился блин. Когда это произошло, неизвестно, но славяне знакомы с ними не менее полутора тысяч лет. Нашим предкам славянам блины напоминали Солнце, «умирающее» каждую зиму и «воскресающее» весной. Поэтому и сегодня блины обязательно пекут на поминках и еще на Масленицу, когда язычники праздновали окончание холодной зимы и победу Солнца, жизни, весны. Масленичное изобилие блинов имеет непосредственное отношение к языческому обряду поедания бога для утверждения его союза с людьми. Поскольку блин — символ Солнца, его ели только руками. Разрезать блин ножом или протыкать вилкой считалось великим грехом, поскольку это значит ранить Солнце и обреку людей на голод.

Каких только блинов не пекли на Масленицу — гречневые, пшеничные, манные, постные, с яйцами, луком и сметками, блины скороспелые гурьевские, царские, пшеничные со взбитыми сливками. Западная Европа мало знакома с нашими блинами и принимает за них толстые, жирные и совсем невкусные олады. Каким должен быть блин? Тонким, почти прозрачным, даже кружевным по краям. Для того чтобы сделать такой блин, потребовались новые свойства зерна. Его белки должны образовывать клейковину, то есть сеть из сцепленных молекул, которая не дает блину развалиться. Позже, когда появился печеный хлеб, качество клейковины стало основным требованием кулинаров к зерну и муке.

Изобретя блины, человек впервые встретился с дрожжами. Понятное дело, что их нельзя было купить в магазине, поэтому использовали пивную или квасную гущу и даже отстой из кувшинов, в которых бродило молодое вино. В качестве закваски могли использовать и прокисшее пресное тесто, в которое дикая культура дрожжей попадала вместе с пылью. Существует много видов дрожжей, соответственно и продукты брожения у них разные. Клетки винных дрожжей легко превращают сахар в спирт и угле-

кислый газ, но плохо расщепляют крахмал на сахара. Квасные дрожжи образуют небольшое количество спирта и много органических кислот, потому квас имеет кислый вкус. Пивные расщепляют крахмал удовлетворительно, на троечку, но самое главное — кроме спирта и углекислого газа они производят ароматические вещества, придающие пиву его неповторимый вкус. Понятно, что в зависимости от того, какие дрожжи использовали, получалось разное качество печеного продукта, и конечный выбор на древней кухне зависел от национальных пристрастий и традиций. Для блинов в принципе годится любой вид дрожжей. Но лучше всего — хлебные, которые образуют много углекислого газа и мало кислот. Дрожжевые блины по сравнению с пресными лучше отстают от сковородки, они более пышные, но и более толстые. Тонкого ажурного блина на дрожжах не получишь.

Если жидкое тесто, пролитое на горячий камень, породило блины, то тесто, вылитое в кипяток, дало начало клецкам, галушкам и лапше. Густо замешанное тесто для галушек, видимо, и было предшественником теста для хлеба. Если варить тесто в кипятке, то из него переходят в воду экстрактивные вещества. Положите в кипяток побольше теста, и все оно расплывется — получится что-то вроде киселя или жидкой каши. Значит, для приготовления галушек, клецек и тем более лапши и макарон тесто не должно сильно набухать и разваливаться, а должно содержать мало растворимых в кипятке веществ. В идеале после варки лапши или макарон вода остается прозрачной.

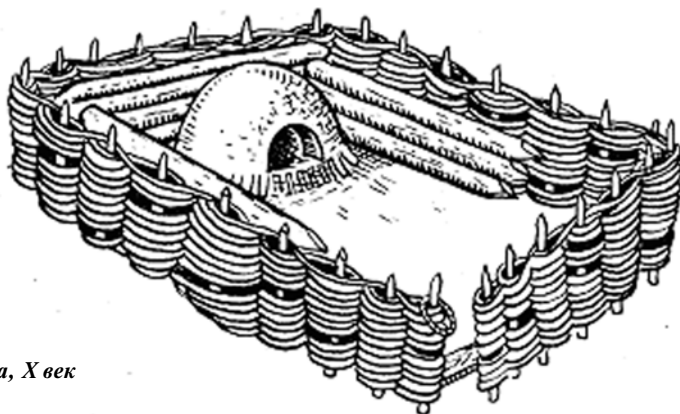
Что это значит? А то, что для приготовления такой еды опять изменились требования к зерновым культурам. Зерно для каши не годится для галушек, равно как и зерно для пива и кваса не подходит для блинов. Сейчас мы готовим галушки из обычной пшеничной муки (для лучшей связанности добавляют яйца),

полученной из мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. А вот макароны изготавливают из муки твердой высокобелковой пшеницы *T. durum* Desf. Селекционеры потратили много сил на то, чтобы поднять макаронное качество мягкой пшеницы до уровня твердой. И все-таки твердую пшеницу заменить не удастся. Кстати, лапша и макароны стали первыми хлебными консервами, которые могут храниться неограниченное время, «на черный день».

Самый древний хлеб был пресным, без дрожжей. По консистенции он, скорее всего, напоминал наши галеты. Понятно, что такой хлеб приходилось выпекать в виде лепешек. Позднее в тесто стали добавлять закваску для получения кислого, дрожжевого хлеба. Он был намного вкуснее пресного, но зато быстро черствел.

Почему хлеб занял такое почетное место среди других изделий из зерна и муки? Иногда отвечают: «Потому, что хлеб вкусный». Это справедливо для современного белого хлеба из пшеничной муки, но особое положение хлеб занял еще в то время, когда его пекли из ячменя или ржи. Дело в том, что хлеб, как никакой другой продукт, дает ощущение сытости на очень долгое время. Поел человек без хлеба, наелся до отвала, а скоро опять хочется есть. Если же пообедал с хлебом (даже при самом скромном наборе других кушаний), то и сыт надолго. Это происходит потому, что хлеб очень медленно переваривается, то есть трапеца с хлебом дольше задерживается в желудке, не переходя в кишечник. Известно, что первый сигнал голода — не недостаток запасов в организме, а пустой желудок. Поэтому чувство сытости быстро исчезает, если вы едите диетические, легко усвояемые продукты — например, сваренные на пару. И напротив, тяжелые для желудка жареные блюда дают более долгое насыщение.

Простейший способ выпечки хлеба в древние времена заключался в том,



*Русская печь для выпечки хлеба, X век*





что лепешки из густо замешенного теста клали на раскаленные на костре камни или в горячую золу. Тесто готовили из муки мелкого помола и растительного масла; поэтому выпеченные из него лепешки назывались «лепешками на елее» или «с елеем» (елей — старинное русское название оливкового масла, употреблявшееся до конца XIX в. Оно объединяло два сорта оливкового масла — высший и низший). Эти лепешки отличались от тех пресных хлебов, которые лишь смазывали маслом.

Специальные хлебные печи появились уже в Древнем Египте, не позднее 1500 лет до н. э. Лепешки через отверстие клали в раскаленную печь на внутреннюю перегородку, причем печи делали не в жилых домах, а во дворах. Печи были такими огромными, что в них одновременно пекли хлеб до десяти женщин. В Средней Азии и сейчас в таких печах делают традиционный лаваш. До сих пор специально для выпечки лаваша в Средней Азии выращивают местную пшеницу *Triticum turanicum* L. Урожай она дает невысокий и не может конкурировать с современными сортами, но лепешки из нее очень вкусны и неделю не черствеют даже на самаркандской жаре.

Почему хлеб черствеет? Крахмал и белки печеного хлеба — это коллоид, молекулы которого связаны с большим количеством воды. При хранении хлеба коллоиды стареют, то есть теряют воду и перестают быть упругими. Хлеб становится жестким и крошится. Древние люди выпекали лепешки из тетраплоидных видов пшеницы с числом хромосом ( $2n = 28$ ) и с относительно крупным зерном (*T. turanicum* Jakubz., *T. turgidum* L., *T. durum* Desf.). Твердая пшеница *T. durum* Desf. — древнейшая культура, но из нее до сих пор получают макаронное зерно. Тетраплоидные пшеницы имеют очень упругую, но малоэластичную клейковину. Хлеб из них не был пышным, но черствел медленно.



Пышную, мягкую (и более вкусную) булку дает только мягкая гексаплоидная пшеница *Triticum aestivum* L. с числом хромосом  $2n = 42$ . Как она возникла? В давние времена какая-то тетраплоидная пшеница случайно опылилась пылью родственного пшеницам злака эгилопса тауши (эгилопсы — родственные пшеницам злаки, которые и сейчас в диком виде растут на Кавказе, в Турции и Иране), в результате чего появились гексаплоидные пшеницы ( $2n = 42$ ; или:  $14 + 14 + 14$ ), в том числе и такая важная для нас мягкая пшеница. Третий комплект хромосом, принесенный эгилопсом тауши, обеспечил уникальные свойства: растяжимость и эластичность клейковины зерна. Кроме того, оказалось, что мягкая пшеница лучше других растет в самых различных условиях. Она дает хороший урожай и на юге, и на севере; в степной и в лесной зоне. Потому именно мягкая пшеница и стала главной хлебопекарной культурой человечества. Хлеб из нее пышный, вкусный, но быстро черствеет. Сначала он был по карману только зажиточным людям, бедняки же продолжали есть ячменный хлеб.

Почему хлеб мягкий? Способность давать тесто большого объема, образовывать при выпечке пышную, мягкую булку зависит главным образом от количества в зерне запасных белков и от их качества. Стоит опара в тепле, в ней работают дрожжи, которые превращают крахмал муки в сахар и сбраживают его, — образуются спирт и углекислый газ. Углекислый газ разрыхляет тесто, оно растягивается, наполняясь пузырьками углекислого газа, и увеличивается в объеме. В какой-то момент давление в пузырьке становится настолько сильным, что он разрывается и газ выходит наружу. Мы слышим, как тесто пытит, дышит — из него выходит часть углекислого газа. Тесто при этом оседает.

Чтобы удержать газ, тесто должно быть эластичным, то есть растягиваться без разрывов. Эту эластич-

ность, или, как говорят технологи, газоудерживающую способность, и обеспечивают запасные белки зерна. Здесь важно не только их количество, но и величина создаваемой ими эластичности. При замесе муки с водой молекулы запасных белков образуют упругую сеть, которая и дает тесту эластичность. Такой белковый комплекс называется клейковиной.

Если эластичность теста мала, то хлеб не поднимется и булка будет плоской и плотной. Именно такой хлеб получается из муки ячменя, овса или кукурузы. Чем крепче связаны молекулы белков в эластичную сеть клейковины, тем пышнее будет хлеб, но тем труднее ферментам желудочного сока разрушить этот комплекс. Потому пышный мягкий пшеничный хлеб труднее усваивается. (Недаром после операции на желудке или кишечнике есть хлеб больному позволяют в последнюю очередь. Разрешают только сухари — они легче перевариваются.) Он и менее питателен по сравнению с ржаным. Кроме того, просеянная мука без отрубей потеряла большую часть витаминов группы В, которые содержатся в оболочке зерна. Здесь вкусовые и диетические достоинства хлеба вступают в неразрешимое противоречие: грубый хлеб с отрубями питательнее, но менее вкусный.

Как можно улучшить клейковину муки? Этот секрет известен всем хозяйкам, которые даже не слышали о клейковине. Когда мы замешиваем тесто на молоке, сыворотке или добавляем в него куриные яйца, то вводим в него белки, которые также могут связывать тесто, увеличивая его упругость и растяжимость.

Русский ученый К.А. Тимирязев назвал ломоть хорошо испеченного хлеба величайшим достижением человеческого ума. Вот это по-нашему. Не самолет, не диск с записью модных исполнителей, а коровай хлеба.





# Мудрствуя лукаво



Майк Гелприн

ФАНТАСТИКА

Первым увидел Мудреца Стражник. Он всегда первым видел незнакомцев, потому что охранял подвешенный мост. Многие в городе говорили, что мост вовсе не нужно охранять, поэтому и Стражник не нужен. Однако Король был другого мнения, поскольку боялся покушений. Что такое покушения, никто, кроме Короля, не знал, но на то Король и был Королем, чтобы бояться таких диковинных вещей, о которых никто не знает. Еще Король боялся землетрясений, тараканов и странствующих рыцарей, а больше он ничего не боялся, потому что был очень храбрым и мужественным королем.

Мудрец подъехал к мосту, сидя задом наперед на осле. Стражник очень удивился, потому что никогда не видел мудрецов и не знал, что ехать задом наперед на осле для них — привычное дело. Стражнику было простительно, поскольку даже сам Король этого не знал. Но и Королю было простительно, потому что в городе никогда не было ни одного Мудреца. Правда, в книгах было написано, что мудрецы бывают, но мало ли что написано в книгах? Книжник на то их и сочинял, чтобы никто не верил.

— Кто ты, незнакомец? — спросил Стражник и, как положено стражникам, выставил перед собой меч. Меч был очень тяжелым и острым, Кузнец выковал его для Стражника по приказу самого Короля. Кроме Стражника, ни у кого в городе мечей не было, потому что они тут никому не нужны. В самом деле, зачем, например, Трактирщику, Строителю или Книжнику меч, не говоря уже, к слову сказать, о Короле или Принцессе?

— Скажи, добрый человек, — заговорил незнакомец, не обращая внимания на меч, потому что, сидя на осле задом наперед, его не видел, — есть ли в городе мудрецы?

— Нету ни одного, — честно ответил Стражник. Он был очень порядочный и никогда не врал, не мошенничал и не брал взятку, потому что кому-кому, а стражникам не положено делать такие вещи.

— Это прекрасно, добрый человек, — обрадовался незнакомец. — Хорош бы я был, приехав в город, где уже есть другой Мудрец. А скажи мне, найдется ли в городе дом, в котором можно пристойно жить?

— Домов много, — сказал Стражник, — а будет еще больше, потому что Строитель все время новые строит. Ты, почтенный, сможешь выбрать любой себе по вкусу.

Мудрец въехал в город, по-прежнему сидя на осле задом наперед, и всем встречным сразу говорил, что он Мудрец. Ему, конечно, никто не верил, потому что если предположить, что мудрецы на свете бывают, то полу-

чится, что бывают и другие вещи, о которых писал Книжник и в которые никто не верил.

— Если бывают мудрецы, то может статься, что и странствующие рыцари бывают, — шепнул Трактирщик Фальшивомонетчику, поставив перед ним пятаю по счету кружку. За четыре предыдущих тот уже расплатился фальшивыми дублонами. Фальшивомонетчик был очень щепетильным и всегда рассчитывался заранее, потому что, кто знает, не забудет ли он это сделать, когда вдрызг напьется.

— М-да, почтенный, — сказал Фальшивомонетчик, — вполне может такое статься, вполне. Если так рассуждать, то может оказаться, что и землетрясения, не дай бог, бывают, раз уж Книжник о них пишет.

Оба с уважением посмотрели на Книжника, который сидел в дальнем углу и, как обычно, писал, время от времени обмакивая павлинье перо в чернильницу. Про Книжника все как один говорили, что он не нужен, но Король имел другое мнение, потому что, не будь Книжника, не стало бы вещей, в которые никто не верит. В отличие от Фальшивомонетчика Книжник был очень забывчивый и непунктуальный. Он почти всегда забывал расплатиться и задолжал Трактирщику внушительную сумму. Но Книжнику это простительно: попробуйте быть порядочным, если ваши книги почти никто не покупает, потому что люди не верят тому, что в них написано.

Королю о Мудреце доложила Принцесса. Она была очень славная, и в городе никто не говорил, что она не нужна. Вообще-то, обо всех говорили, что они не нужны, потому что людям свойственно говорить такие вещи о других. А о Принцессе не говорили, да еще, конечно, о Короле, поскольку не бывает такого города, в котором не нужен король.

— Ваше величество, — сказала Принцесса, — сегодня в город въехал Мудрец. Горожане говорят, что он сидел верхом на осле и при этом смотрел назад.

— Так не бывает, — не поверил Король. — Никто не станет, сидя на осле, смотреть назад, потому что это один из лучших способов свернуть себе шею. Даже Мудрец не станет это проделывать, хотя бы потому, что мудрецов не бывает.

— Но все люди в один голос говорят, что так оно и было, — настаивала Принцесса. — А потом Мудрец проехал по городу и выбрал себе дом. Тот самый, в котором никто не хотел жить, потому что он стоит между домами Палача и Тюремщика.

— Надо же, как неординарно, — задумчиво сказал Король. — И даже экстравагантно. Действительно, только Мудрецу могло прийти на ум поселиться рядом

с такими соседями... А скажи мне, дочка, чем занимаются мудрецы? Я ведь знаю своих подданных: они скоро начнут говорить, что Мудрец не нужен, а мне очень непросто будет иметь другое мнение, не зная, чем он занимается.

Принцесса тоже не знала, чем занимаются мудрецы, поскольку не читала книги, в которых об этом написано. Но ей было простительно, потому что принцессам не положено читать то, во что никто не верит. А так как Принцесса была не только славная, но и очень деликатная, то она, чтобы не расстраивать отца, решила не признаваться, что не знает, и сказала:

— Ваше величество, а почему бы не спросить об этом самого Мудреца? Ведь лучше него никто не знает, чем занимаются мудрецы.

— Замечательная мысль, просто обворожительная! — воскликнул Король и вскочил с трона, чтобы немедленно бежать к Мудрецу. Однако он вовремя вспомнил, что королям не положено бегать в гости к подданным, а положено как раз наоборот, и велел безотлагательно найти Курьера, чтобы тот доставил Мудреца во дворец. Курьер был очень расторопным, и, хотя многие горожане говорили, что он не нужен, Король имел другое мнение. Ведь не будь Курьера, кто бы стал срочно доставлять подданных во дворец и разносить по домам королевские указы?

— Скажи нам, почтенный, — обратился Король к Мудрецу, стоило Курьеру доставить того во дворец, — чем занимаются мудрецы?

— Это очень просто, ваше величество, — ответил Мудрец. — Занятие мудрецов традиционное — они дают правильные ответы на любые вопросы.

— Не может быть, — усомнился Король. Он был очень недоверчивым, как и положено королям. — Даже я не знаю правильных ответов на любые вопросы. Более того, есть множество вопросов, на которые я хотел бы знать правильные ответы, только дать их некому.

— Для этого и существуют мудрецы, ваше величество, — сказал Мудрец. — Я буду счастлив дать правильные ответы на ваши вопросы.

— Ах, как это замечательно! — обрадовался Король. — А позволишь ли ты, почтенный, задать тебе эти вопросы прямо сейчас?

— Я с удовольствием отвечу на вопросы вашего величества, — сказал Мудрец, — но я не могу ответить на все сразу. Мудрецы над многими вопросами думают, и чем сложнее вопрос, тем дольше они размышляют, прежде чем дать правильный ответ. Поэтому лучше всего задавать мне вопросы по одному. Тогда следующий вопрос можно будет задать сразу после того, как я отвечу на предыдущий.

— Что ж, — поразмыслив, сказал Король, — не в моем обычае вмешиваться в то, как мои подданные занимаются своими делами. Раз мудрецы отвечают на вопросы по очереди, то по очереди их следует и задавать. Вот мой первый вопрос: бывают ли странствующие рыцари?

— Этот вопрос простой, ваше величество, — ответил Мудрец. — Странствующие рыцари, несомненно, бывают.

— Ах, как хорошо! — захолопала в ладоши Принцесса и сразу же покраснела, потому что она была очень деликатная, а вопрос о странствующих рыцарях касался ее напрямую.

Однако Король, в отличие от Принцессы, остался недоволен ответом, потому что боялся странствующих рыцарей даже больше, чем тараканов и землетрясений. Он боялся рыцарей почти так же сильно, как покушений, но он был мужественный Король и умел смотреть правде в глаза, даже такой правде, которую боялся.

— Скажи, почтенный, а почему, если странствующие рыцари бывают, мы никогда ни одного из них не видели? — спросил Король.

— И этот вопрос простой, ваше величество, — ответил Мудрец. — Вы не видели их потому, что странствующие рыцари бывают, но крайне редко.

На этот раз Королю ответ очень понравился: он боялся странствующих рыцарей не просто потому, что боялся, а поскольку один из них мог появиться в городе и жениться на Принцессе. Король очень любил Принцессу, ведь она была славная, деликатная и к тому же его дочь. Поэтому он боялся, что Принцессу увезет незнакомый странствующий рыцарь, и теперь был рад тому, что такие неприятности случаются крайне редко.

Принцесса же, наоборот, очень хотела замуж за странствующего рыцаря, но ей это было простительно, потому что все принцессы хотят за них замуж. Ведь несправедливо, что после смерти Строителя, Трактирщика или Фальшивомонетчика их места займут старшие сыновья, после смерти Короля Королем станет Принц, а Принцесса так и останется Принцессой. А особенно несправедливо, если принцесса такая славная, деликатная и красивая, как эта. С глазами большими, и очень синими, и очень грустными, и немножко наивными, какими и положено быть глазам настоящей принцессы.

— И все-таки я не верю, что Мудрец — взаврадашней, — сказал Король Принцессе после того, как отпустил Мудреца. — Мало ли что он ездит на осле, смотря при этом назад, и живет в доме, где никто другой жить бы не стал. Да, конечно, он знает ответы на очень сложные вопросы, но кто сказал, что эти ответы правильные?

— А я думаю, что он — самый настоящий, — возразила Принцесса, потому что Мудрец ей очень понравился. — Не стал бы всякий проходимец выдавать себя за Мудреца, да еще в чужом городе.

— Вот что, дочка, мы это проверим, — решил Король и кликнул Курьера. — Обойди людей, — велел ему Король, — и прикажи им от моего имени задавать Мудрецу вопросы посложнее. Посмотрим, сможет ли он дать на них правильные ответы.

На следующий день к дому Мудреца потянулись горожане и принялись задавать ему вопросы. На многие из них тот отвечал сразу, но были и такие, над которыми приходилось размышлять, так что к концу дня к Мудрецу выстроилась очередь.

На самом деле все вопросы оказались одинаковыми — каждый горожанин спрашивал то, что заботило его больше всего. А больше всего горожан заботило,

нужны ли они, потому что о каждом многие поговаривали, что без него вполне можно обойтись. Ведь если выяснится, что не нужен, скажем, Столяр, то ему придется уйти из города и тогда столяром вполне может стать младший сын Пекаря. А если окажется так, что не нужен Вор, то его место может занять младший сын Мошенника, которому тогда не придется уходить из города. Лишь Король мог позволить себе не задавать вопрос, нужен ли он, поскольку городов, где не нужен король, не бывает. Да еще, пожалуй, Принцесса, про которую никто не говорил, что она не нужна.

День шел за днем, и все меньше становилось горожан, так и не задавших вопрос Мудрецу. Наконец таких осталось лишь двое: Принцесса да Книжник, который точно знал, что он не нужен, но из города не уходил, потому что книжники нигде не нужны и толку с них нет, а есть лишь одни долги.

Принцесса пришла к дому Мудреца прежде Книжника.

— Скажи мне, — спросила она, — выйду ли я замуж за странствующего рыцаря, если он все-таки придет в наш город?

— Это очень легкий вопрос, Принцесса, — улыбнулся Мудрец. — Конечно же, ты не выйдешь за него замуж, потому что, если он даже придет в город, никто не поверит, что он — Странствующий Рыцарь. Видишь, даже мне не верят, что я — Мудрец, потому что якобы мудрецов не бывает. Что уж тогда говорить о рыцарях?

— Как же мне быть? — спросила Принцесса и расплакалась. — Ей очень нравился Мудрец, и она не ожидала, что он будет так жесток к ней.

— А вот этот вопрос очень сложный, — сказал Мудрец. — Но в тех краях, где мне приходилось бывать, мудрецы говорят, что если гора не идет к Магомету, то Магомет идет к горе.

Принцесса, которая не знала, кто такой Магомет, убежала во дворец, заперлась в своей спальне и принялась плакать. Она проплакала весь день и всю ночь. Наутро об этом доложили Королю, которого обуял самый настоящий королевский гнев, хотя у Принцессы к тому времени слезы уже высохли. Королю и так было с чего гневаться: когда он подсчитал голоса горожан, то вышло, что ровно половина думает, что Мудрец настоящий, а вторая половина — наоборот. И неудивительно: ведь те, которых Мудрец признал нужными, уверяли, что он заправдашний, а остальные, естественно, клялись в обратном.

Тогда Король, забыв о том, что королям не пристало самим ходить к своим подданным, в гневе выбежал из дворца и помчался в трактир, где, как обычно, сидел Книжник и писал, время от времени обмакивая павлинье перо в чернильницу.

— Ты, книжная душа, — набросился на беднягу Король, — немедленно пойдешь к Мудрецу и задашь ему самый сложный вопрос из тех, которые знаешь. И постарайся, чтобы это действительно был трудный вопрос, иначе прикажу гнать тебя из города, поскольку все считают, что ты здесь не нужен. И не посмотрию, что у меня есть на этот счет другое мнение.

Мудрец думал над вопросом Книжника целых три дня и три ночи. Когда же они наконец истекли, Мудрец



## ФАНТАСТИКА

вышел во двор, где собралась огромная толпа горожан, и сказал:

— Передайте Королю, что на последний вопрос я не могу ответить: я не знаю, в чем заключается смысл жизни.

Мудреца признали ненастоящим и выгнали из города тем же вечером. Он уезжал, сидя на осле задом наперед, и, вопреки всем ожиданиям, радостно улыбался.

Последним Мудреца видел Стражник, потому что он всегда был последним, кто видел тех, кого изгоняли из города. Стражник был очень порядочным и не любил плутов и проходимцев, которые выдают себя за мудрецов. А с учетом того, что плут умудрился сказать, будто стражник в городе не нужен, так просто их ненавидел. Поэтому Стражник плюнул вслед Мудрецу и отправился спать.

А на следующее утро Королю доложили, что вместе с Мудрецом исчезла Принцесса. Король был вне себя от горя, потому что очень любил Принцессу. Он даже велел было Палачу казнить Стражника, но потом все-таки передумал, поскольку что это за город, если в нем нет стражника?

Прошло несколько лет. Король постарел, и многие говорили, что недалек тот день, когда королем станет Принц. Принцесса так и не вернулась, а в остальном в городе все по-прежнему.

Все так же кует мечи и топоры Кузнец, хотя, кроме Стражника и Палача, они никому не нужны. По-прежнему расплачивается в трактире фальшивыми дублонами Фальшивомонетчик. А Книжник все так же пишет книги, время от времени обмакивая павлинье перо в чернильницу. Его долг Трактирщику вырос настолько, что оба давно забыли точную сумму. Но Книжнику это простительно — ведь его книги мало кто покупает, потому что люди не верят в то, что в них написано. Не верят и в последний роман, в котором рассказывает, как в город приехал Странствующий Рыцарь, который не знал, в чем заключается смысл жизни. Не верят, что рыцарь любил сбежавшую с ним Принцессу. И уж конечно, не верят, что он вынужден был выдавать себя за Мудреца, потому что в то, что он Странствующий Рыцарь, никто бы никогда и ни за что не поверил.



# Авокадо

**Что такое авокадо?** Авокадо – это вид вечнозеленых плодовых деревьев семейства лавровых. Его родина – Мексика. Крупные темно-зеленые плоды авокадо напоминают цветом кожу крокодила, а формой грушу, поэтому их называют аллигаторовой грушей. Вообще-то авокадо относится к фруктам – его ягодоподобный плод имеет внутри крупную косточку, – но по содержанию питательных веществ это скорее овощ.

Существует три разновидности авокадо: мексиканская, гватемальская и вест-индийская. Каждая разновидность представлена несколькими культурными сортами (всего их около 400). У мексиканского авокадо плоды тонкокожие, а листья при растирании пахнут анисом. Эта холодостойкая культура хорошо себя чувствует в субтропиках. У гватемальского авокадо плоды крупные, с толстой кожицей; эти деревья более капризные и менее холодостойкие. Самую нежную разновидность – вест-индийскую возделывают главным образом в тропиках. Но купить авокадо можно практически в любом крупном магазине. Его плоды не обязательно зеленые – у некоторых сортов они фиолетовые.

**Какие вещества содержит авокадо?** Ацтеки не зря называли плоды авокадо лесным маслом. Желтовато-зеленая мякоть спелого авокадо на 37% состоит из жиров, уступая в их содержании только маслинам. По энергетической ценности плоды авокадо превосходят мясо и яйца. На долю насыщенных жиров приходится не более 20%, а все остальные – ненасыщенные жирные кислоты, в частности олеиновая, которая способствует снижению уровня холестерина в крови. Помимо жира, авокадо содержит весь набор витаминов – А, С, D, E, K, PP и группы B, причем тиамин (витамин B<sub>1</sub>) и рибофлавин (витамин B<sub>2</sub>) в авокадо больше, чем в любом другом фрукте. Кроме того, в авокадо много калия, есть фолиевая кислота, железо и медь, клетчатка и больше 2% белков.

**Кому особенно полезен авокадо?** Авокадо – очень питательный фрукт, богатый витаминами и микроэлементами, и британские ученые рекомендуют пюре из него в качестве первого прикорма для детей. Но авокадо полезно не только детям, но и взрослым. Легкоусвояемые растительные жиры делают авокадо пригодным даже для людей с желудочно-кишечными заболеваниями. Из-за низкого содержания натрия его советуют гипертоникам, а благодаря высокой калорийности в сочетании с малым количеством сахара (около 1,5%) это прекрасная еда для диабетиков. При гастрите с пониженной кислотностью тоже полезно съесть авокадо. Этот зеленый фрукт содержит вещества, которые защищают печень от повреждающего действия ядов и способны предотвратить гепатит (желтуху). Авокадо выводит из организма холестерин, нормализует работу желудочно-кишечного тракта, быстро восстанавливает силы. Присутствие антиоксидантов (каротиноидов и витаминов С и E) снижает риск возникновения онкологических заболеваний и делает авокадо ценным продуктом для сердечно-сосудистых больных. Этот плод обладает также возбуждающим действием. Это поняли еще испанские завоеватели Америки и на время походов исключали его из своего рациона.

Чтобы авокадо в полной мере проявило свое лекарственное действие, его надо есть регулярно, однако не более половинки в день – не будем забывать о его высокой калорийности.

**Почему так ценят масло авокадо?** Мы уже отметили, как полезно авокадо съеденное. А масло позволяет применять многие его ценные свойства наружно. Масло авокадо легко проникает в кожу, увлекая за собой жирорастворимые витамины А и E, которые сообщают ему антиоксидантные свойства. Оно содержит полиненасыщенные жирные кислоты в очень высокой концентрации, благодаря чему восстанавливает барьерные функции эпидермиса и местный иммунитет кожи. Масло авокадо входит в состав питательных масок для кожи, эффективно укрепляет волосы, особенно окрашенные, и ногти.

Масло авокадо используют для ухода за сухой, увядающей кожей, для быстрого заживления небольших царапин и воспалений, при воспалении и кровоточивости десен и пародонтозе, для восстановления эластичности кожи и при

целлюлите. Так что маски, кремы, шампуни с добавлением масла авокадо очень хороши. Даже кожица плода пригодится — протирая ее внутренней стороной лицо и руки, вы избавитесь от веснушек.

**Как выбрать спелое авокадо?** Авокадо начинают собирать, когда плоды еще совсем жесткие, иначе они могут испортиться во время транспортировки. Поэтому авокадо поступают в продажу плотными и твердыми, а затем в течение нескольких недель дозревают и становятся такими мягкими, что при нажатии пальцем остается небольшая вмятина. В пищу идут только спелые фрукты, так как мякоть недозревшего плода твердая и безвкусная, а переспелого — маслянистая и кашицеобразная. Поэтому при покупке авокадо постарайтесь определить степень его спелости. Если кожура плода имеет темные пятна и трещины, значит, авокадо уже переспело. Не берите его. Спелый плод имеет чистую неповрежденную кожуру и поддается легкому надавливанию пальцем. Специалисты советуют покупать слегка недозревшие авокадо и давать им дозреть дома. Для этого плоды надо уложить в бумажный пакет вместе со спелым яблоком или бананом и хранить в холодильнике при температуре не ниже +6°C. При более низкой температуре он не дозреет.

**Как едят авокадо?** Когда авокадо поспеет, его можно есть. Этот фрукт сам по себе не сладкий, поэтому его часто смешивают с сахаром и еще добавляют лимонный сок, чтобы мякоть не темнела.

Авокадо полезно в любом виде, но в Европе его преимущественно едят сырым. Так мякоть плода сохраняет нежный ореховый аромат и полезные свойства. Хорошо утоляет голод соленое авокадо с уксусом и поджаренными бананами. Из авокадо готовят соусы, сэндвичи, паштеты, коктейли и даже мороженое. Благодаря нейтральному вкусу оно сочетается со многими продуктами: ветчиной, креветками, крабами, вареными яйцами, овощами, рыбой.

В странах Латинской Америки, на родине авокадо, его кладут в супы и во вторые блюда или, удалив косточку, фаршируют пикантными начинками и запекают в духовке либо в печи.

**Как очистить авокадо?** Чтобы очистить авокадо, нужно сделать надрез по всему диаметру острым ножом, пока нож не упрется в косточку. После этого половинки разнимают, слегка покрутив, как будто отвинчивают крышку, — если фрукт спелый, это очень просто. В одной из половинок останется косточка — вокруг нее следует аккуратно пройтись ножом и вынуть. Затем на каждой половинке плода делают еще один неглубокий надрез сверху донизу. Аккуратно потяните за кончик кожуры — она легко очистится.

**Правда ли, что из авокадо можно приготовить хорошее слабительное средство?** Действительно, те, кто любит даже самые обыкновенные вещи готовить из экзотического сырья, могут воспользоваться простым рецептом авокадного слабительного. Сделайте пюре из мякоти двух авокадо, трех столовых ложек яблочного уксуса и одной чайной ложки лимонного сока. Намажьте на ломтик ржаного хлеба и съешьте на здоровье. Эффект неминуемо наступает через пару часов. Но, разумеется, если вам противопоказан уксус или лимонный сок, придется воспользоваться каким-нибудь другим слабительным средством.

**Почему авокадо попало в Книгу рекордов Гиннеса?** В Книге Гиннеса содержится множество сведений о различных растениях, овощах и фруктах. Есть среди них и чемпионы калорийности. Рекорды по этой части держат плод авокадо и обыкновенный огурец, которые различаются по калорийности ровно в десять раз — соответственно 163 и 16 ккал на 100 г. Действительно, авокадо очень сытный и калорийный фрукт. По калорийности почти вдвое превышает нежирное мясо, поэтому быстро восстанавливает силы у спортсменов. Но людям, склонным к полноте, его следует употреблять в ограниченных количествах.

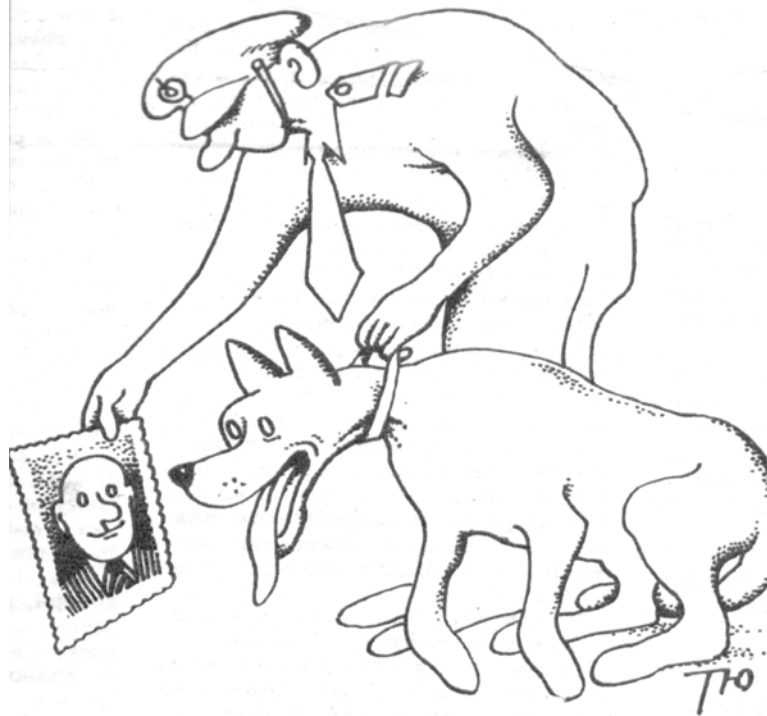
Л.Викторова

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ  
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ



Художник Е.Станикова





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Ищите мужчину

Сэр Алек Джеффрис из Лестерского университета, о чьих заслугах в деле ДНК-идентификации «Химия и жизнь» писала в августовском номере за этот год, умеет по молекуле ДНК определять не только национальность человека, которому эта ДНК принадлежит. В ближайшее время он с большой долей вероятности сможет устанавливать фамилию человека. Во всяком случае, диссертация, которую сотрудница того же университета Тури Кинг защитила 8 октября, вплотную подвела к созданию такой методики.

Суть идеи состоит в том, что в Великобритании, как и во многих других странах, фамилия передается по мужской линии. А вместе с ней передается и Y-хромосома. Возникает мысль, что эта хромосома и фамилия могут как-то быть связаны. Эту догадку доктор Кинг проверила, изучив генетический материал полутора тысяч мужчин, принадлежащих к пятистам разным фамилиям. И точно, оказалось, что связь существует! Правда, все вышло несколько более запутанно, чем в теории.

Дело в том, что, даже если не принимать во внимание супружескую неверность или приемных детей, у каждой фамилии, а они появились в Англии 700 лет тому назад, могло быть несколько основателей. Например, любой кузнец мог породить свою ветвь фамилии Смит, а портной — Тейлор. Исследование Тури Кинг показало, что двое столь распространенных Смитов окажутся происходящими от одного пращура и, стало быть, их Y-хромосомы будут очень похожи, с вероятностью 24%. А вот все редкие Аттенборо или Свиндхарсты оказываются дальними родственниками с вероятностью 70%.

В результате, собрав достаточно большую базу данных Y-хромосом, связанных с фамилиями, генетики, а вместе с ними и следственные органы (кому еще нужно устанавливать фамилию по косвенным признакам?) получают новый мощный инструмент распознавания личности человека. Конечно, если этот человек — мужчина. Искать женщину новым методом не поможет.

А.Мотыляев

...среди планет-гигантов самой многочисленной системой внешних спутников обладает Юпитер — на сегодня их открыто 54 («Астрономический вестник», 2008, т.42, □ 4, с.301—316)...

...предложена модель прохождения радиации через «кратовую нору» («Астрономический журнал», 2008, т.85, □ 8, с.685—691)...

...в нашей Галактике обнаружен редкий объект, который может оказаться новым магнетаром — медленно вращающейся нейтронной звездой с очень сильным магнитным полем («Nature», 2008, т.455, □ 7212, с.477—478, 503, 506)...

...изучено влияние возмущений геомагнитного поля на реакцию адаптивного стресса у космонавтов, в частности на регуляцию сердечного ритма и артериального давления («Космические исследования», 2008, т.46, □ 4, с.378—383)...

...трансгенные растения помимо генов, встроенных людьми, могут содержать фрагменты хромосомной ДНК бактерии, с помощью которой вводят эти гены («Nature Biotechnology», 2008, т.26, □ 9, с.998—1000, 1015—1017)...

...экспериментально показано, что при взаимодействии битуминозных и углестых пород с гидротермальными растворами образуются нефть и метан («Доклады Академии наук», 2008, с.422, □ 3, с.351—353)...

...самый рациональный способ восстановить продуктивность Белого моря — развитие марикультуры, в том числе мидий, сельди, радужной форели и дальневосточной горбуши («Вестник РАН», 2008, т.78, □ 9, с.792—799)...

...кораблекрушения 11 ноября 2007 года в Керченском проливе вызвали серьезные экологические последствия, так, разлив мазута из танкера привел к гибели 12 тысяч птиц («Вестник Южного научного центра РАН», 2008, т.4, □ 3, с.54—63)...

...после 2025 года на АЭС появятся реакторы четвертого поколения с детерминистским исключением тяжелых



аварий («Известия РАН. Серия географическая», 2008, □ 4, с.34—41)...

...для биотестирования минеральных вод можно применять природные и рекомбинантные люминесцирующие организмы («Прикладная биохимия и микробиология», 2008, т.44, □ 4, с.417—421)...

...с пятого класса каждый третий школьник Архангельска периодически употребляет пиво, а к 11 классу их количество увеличивается до 80% («Экология человека», 2008, □ 7, с.30—34)...

...неандертальские женщины так же тяжело рожали, как и женщины нашего вида, и по той же причине — объем головы младенца был очень велик по сравнению с тем, что наблюдается у других приматов («Science», 2008, т.321, □ 5895, с.1429)...

...как показали позитронно-эмиссионная и магнито-резонансная томография, у гетеросексуальных мужчин и гомосексуальных женщин наблюдается правосторонняя асимметрия полушарий мозга, тогда как у гетеросексуальных женщин и гомосексуальных мужчин такой асимметрии не обнаружено («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2008, т.105, □ 27, с.9403—9408)...

...при изучении строения и эволюции насекомых полезно описывать их как технологические системы («Журнал общей биологии», 2008, т.69, □ 4, с.264—283)...

...журавли предпочитают поля, где легче взять зерно, а так бывает в тех местах, где оно осыпалось или плохо заделано в почву, то есть эти птицы — своего рода индикатор бесхозяйственности («Сельскохозяйственная биология», 2008, □ 4, с.110—113)...

...у 16,0% хряков регистрировали торможение половых рефлексов при появлении в манеже посторонних людей, в 50,7% случаев — полное торможение половых рефлексов в присутствии ветеринарного врача («Сельскохозяйственная биология», 2008, □ 4, с.86—88)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Пиратская демократия

Казалось бы, все знают, что демократия, то есть власть народа, — понятие древнегреческое и связано с борьбой граждан городов за свои права против власти родовой аристократии. Оказывается, так полагают далеко не все. В частности, разразившийся в сентябре 2008 года финансовый кризис заставил доктора Питера Хайеса, старшего лектора-политолога из Сандерлендского университета (Великобритания), высказать мнение, что современная западная демократия не имеет никаких отношения не только к древнегреческой, но и к более близким к нам британской или американской моделям двухвековой давности («History of Political Thought», т. 29, □ 3, 2008). А на самом деле она происходит из той демократии, что царила в шайках пиратов, и наилучшее название для нее — корпоративная демократия.

Действительно, пираты общим равным тайным голосованием выбирали себе капитана, намечали объекты грабежа, а потом поровну делили добычу. В этих отношениях пиратский корабль был подобен современной корпорации.

«Кто такие пираты и корсары? Люди, которые скинулись, наняли корабль и отправились искать счастья за три моря, — рассказывает доктор Хайес. — Это была азартная игра с огромным выигрышем. В подобных хищнических набегах нетрудно разглядеть корни современного венчурного капитализма; аналогичным способом транснациональные корпорации добиваются, чего захотят. А ведь такое поведение и привело к нынешнему кризису».

Правительства морских держав поощряли пиратство, выдавая патенты на корсарство, а некоторые представители этого сообщества достигали немалого успеха при европейских дворах, например капитан Морган. С другой стороны, пираты создавали собственные государства, где прятали сокровища за пределами досягаемости королевских флотов. Это очень напоминает банковские счета в современных офшорах.

Принимая предложенную модель, невольно задаешься вопросом, а как же обстоит дело с правами человека при такой демократии? «Пираты были вполне демократическим сообществом, — отвечает доктор Хайес. — Но их поступки нарушали права других людей. В основе социального контракта лежит уважение к правам человека. Но что, если вы заключили контракт, в котором сказано, что мы уважаем только права тех, кто принадлежит к нашему сообществу, а права тех, кто за его пределами, нас не интересуют? Тогда мы получим корпоративную демократию».

С.Анофелес



**А.П.КАРАМЫШЕВУ**, *Апрелевка*: Томпаки относятся к латуням, медно-цинковым сплавам, содержащим от 4 до 50% Zn, латуни с содержанием Zn до 10% называют томпаками, до 20% — полутомпаками.

**В.В.СИЛАЕВУ**, *Санкт-Петербург*: Железная слюдка — природный или синтетический серый пигмент с блестящими пластинчатыми включениями, напоминающими слюду; природная железная слюдка, одна из разновидностей гематита, состоит из оксида железа (III) и примесей — оксидов кремния, алюминия, кальция, магния.

**М.Л.ВАРИНОЙ**, *Казань*: Русское название лекарственного растения зимюльки зонтичной *Chimaphila umbellata*, возможно, происходит от того, что ее листья зимуют под снегом.

**ДАРЬЕ**, *вопрос из Интернета*: Декупаж — это техника аппликации, украшения различных поверхностей вырезанными из бумаги картинками; но если делать все правильно, то картинка должна быть не на любой бумаге, а на специальной салфетке, от которой легко отделять тонкий верхний слой и наклеивать только его.

**Н.Д.СЛЮСАРЕВОЙ**, *Саратов*: Наверное, самый простой способ приготовления моченой брусники вот какой: в литре воды растворить столовую ложку сахара и 5 г соли, добавить корицы и гвоздики, довести до кипения, остудить и залить 1 кг ягод; через полчаса — час можно есть.

**Л.Д.СЕРГЕЕВУ**, *Москва*: «Аналитический каталог мифологических мотивов» Ю.Е.Березкина («Химия и жизнь», 2006, □ 3) по-прежнему доступен в Интернете (<http://www.ruthenia.ru/folklore/berezkin/>), а также сайт «Вавилонской башни» <http://starling.rinet.ru>).

**С.Ш. и другим химикам**: Действительно, Нобелевская премия опять обошла стороной «классических» химиков, но, чтобы химическая тематика не уходила со страниц журнала, мы решили больше писать о премиях прошлых лет.

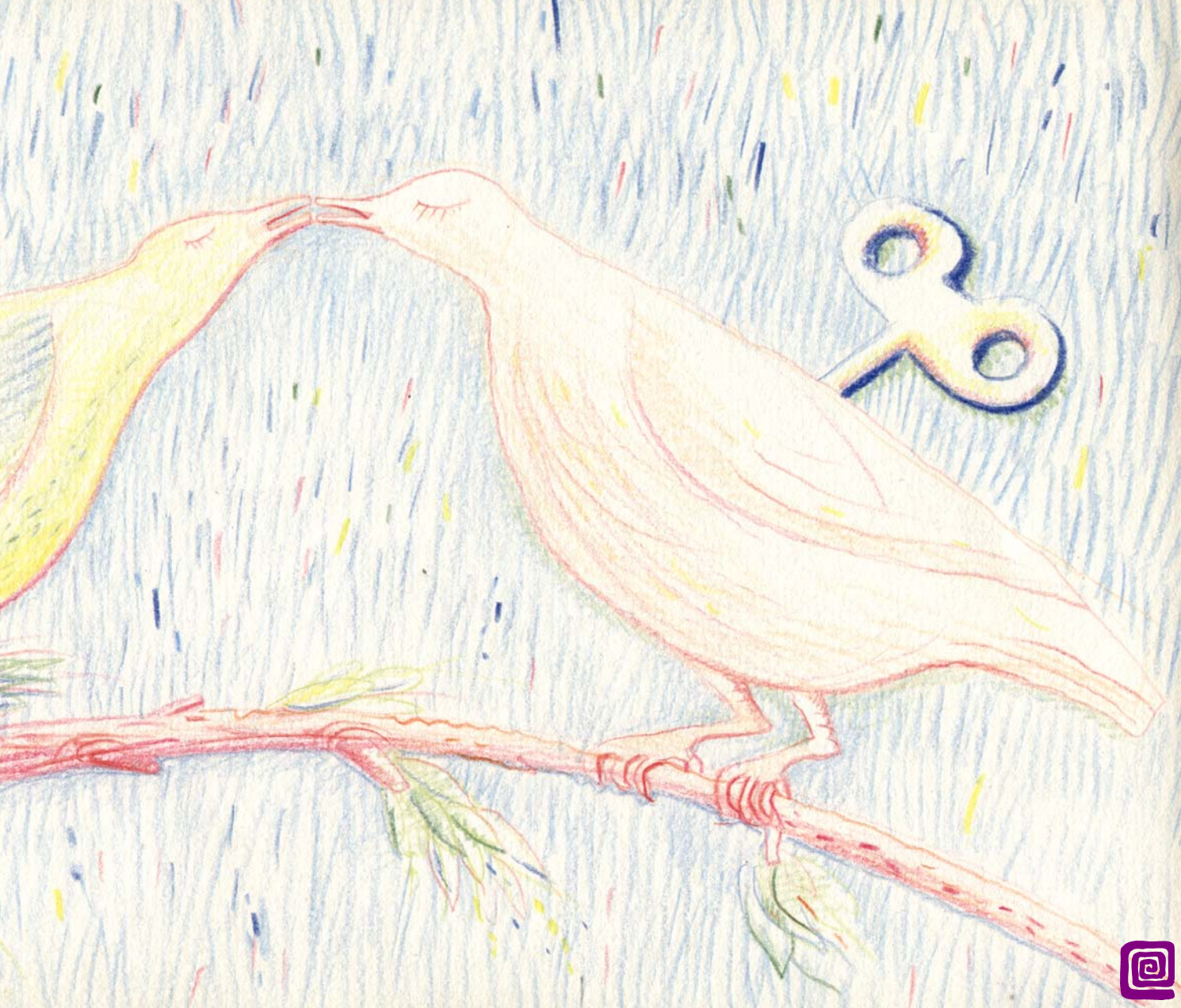


## Биохимия святого

### Валентина

**Н**о если любовь возникла на заре существования нашего вида, если без нее, как мы выяснили в прошлый раз, под вопросом было бы само наше выживание — почему она у всех такая разная? Провансальские трубадуры называли служение даме вершиной куртуазной добродетели, люди попроще и по сей день не считают большим грехом поколотить любимую, чтобы крепче любила. Европейская цивилизация провозглашает romantic love одним из главных событий человеческой жизни, а в традиционных обществах это чувство ценится куда ниже: «И, полно, Таня! В эти лета мы не слышали про любовь, а то бы согнала со света меня покойница свекровь».

Так, может, нет никакой влюбленности, может, ее придумали европейские поэты и аристократы? Сексуальное влечение — понятное дело, есть. Взаимные приязнь и уважение — как кому повезет. Но вся эта романтика, связанная с сердечками, парными танцами и совместным летанием в облаках, — ее-то, уж наверное, в природе нет, или, точнее, она является частью человечес-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

кой культуры, вместе с брачной церемонией и умением пользоваться вилок. И правы скептики, которые утверждают, что множество людей на Земле никогда бы не влюбились, если б не прочитали про любовь в книгах?

Как ни странно, это не так. У любого человеческого существа влюбленность сопровождается конкретными изменениями в организме. Облик и голос предмета воздыханий (даже одни только облик и голос!) вмешиваются в нашу биохимию так мощно, как не всякая запрещенная к свободной продаже таблетка. В мозгу начинает вырабатываться фенилэтиленамин, повышается содержание норадреналина, дофамина, серотонина. Кстати, фенилэтиленамин содержится в шоколаде, так что совет Марины Цветаевой «шоколадом лечить печаль и смеяться в лицо прохожим» попадает в точку. Именно эти действия по-

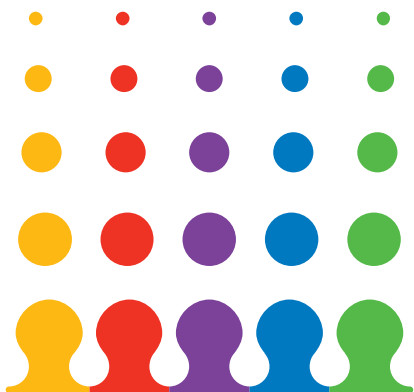
могают восстановить романтику в крови. Но тут главное — не переборщить...

«Химия и жизнь» писала об исследованиях под руководством Донателлы Мараззити из Университета Пизы, которые были награждены Игнобелевской (она же Шнобелевская) премией 2000 года. Ученые установили, что влюбленность с биохимической точки зрения может быть неотличима от острого психического расстройства, в частности, сходным образом изменяются механизмы серотонинового транспорта. А вы говорите — выдумки. Ничего поэты не выдумывали, а лишь фиксировали в художественной форме объективно существующие факты. Другое дело, что именно назывались и оценивались эти факты по-разному.

Было бы любопытно узнать: насколько различаются процентные доли граждан, считающих себя влюбленными, в разных

точках земного шара? Как ни крути, мы люди разумные, и физиология у нас подчиняется командам разума, а европейцам и американцам уже два века внушают работники слова (а также кондитеры, ювелиры и торговцы цветами), что человек без любви мертв и пуст. До того доходит, что и солидный топ-менеджер, и презирающий женщин пятиклассник чувствуют себя неудачниками, если не получают ни одного сердечка в день святого Валентина. Может, кому-то и стоило бы напомнить, что прелесть *romantic love* — в ее физиологической нестабильности, то есть редкости и непостоянстве. А если бы все люди перманентно находились в состоянии, неотличимом от психического расстройства, чем бы это обернулось для цивилизации?

**Е.Котина**



# Rusnanotech

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
по НАНОТЕХНОЛОГИЯМ  
3-5.12.

08

**ЦВК «Экспоцентр», пав. 7**

- Место встречи науки и бизнеса
- Инвестиции в нанотехнологии
- Выставка
- Международный конкурс научных работ молодых ученых в области нанотехнологий

Организатор  
форума:



**РОСНАНО**  
Российская корпорация нанотехнологий

Генеральный  
информационный  
партнер:



[rusnanoforum@rusnano.com](mailto:rusnanoforum@rusnano.com)  
[www.rusnanoforum.ru](http://www.rusnanoforum.ru)

