



₹

1  
2008

ХИМИЯ И БИОИХ







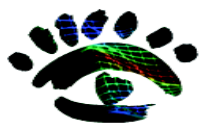


**Химия и жизнь**  
Ежемесячный  
научно-популярный  
журнал

1  
2008

*Физик — это способ атомов  
думать об атомах.*

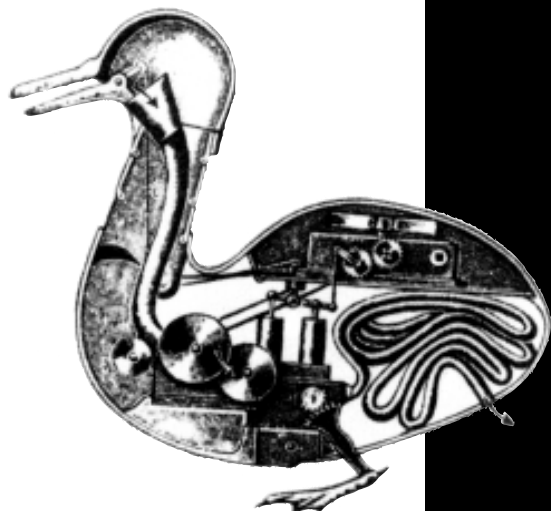
*Неизвестный автор*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Ива Танги «Wetterlaune».*

*Человек все активнее осваивает окружающее  
пространство, удивляясь все больше разнообразию  
природы. О том, что он еще может увидеть и  
понять, читайте в статье члена-корреспондента  
РАН Л.М.Зеленого «Космос XXI»*





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. Альтушлер,  
В. С. Артамонова,  
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,  
Н. В. Маркина,  
О. Б. Баблицкая-Каменева  
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 29.12.2007

**Адрес редакции:**

105005 Москва, Лефортовский пер., 8

**Телефон для справок:**

(495) 267-54-18,

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

Ищите нас в интернете по адресам:

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

<http://www.informnauka.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



**Химия и жизнь**

**6**

Каждый из этих  
козлят стоит  
25 миллионов  
рублей.

**24**

Этот аппарат  
привезет  
российским  
ученым пробу  
грунта с Фобоса.



#### **ИНФОРМНАУКА**

САМЫЙ ЗНАМЕНИТЫЙ ГИГАНТСКИЙ БОЛИД .....	4
МОЗГ В НЕВЕСОМОСТИ И ПОСЛЕ .....	4
ГЕНЕТИКА ГИПЕРАКТИВНОСТИ И ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ .....	5
МОЛОКО С ТРАНСГЕННОГО КОЗЛА .....	6

#### **РАССЛЕДОВАНИЕ**

**Е. Клещенко**

ГМ-ПРОДУКТЫ: БИТВА МИФА И РЕАЛЬНОСТИ .....	10
--	----

#### **РАЗМЫШЛЕНИЯ**

**П. П. Федоров**

АРХАИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ .....	16
----------------------------	----

#### **ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

**Л. М. Зеленый**

КОСМОС XXI .....	24
------------------	----

#### **ПРОГНОЗЫ**

**Джонатан Тенненбаум**

ИЗОТОПНАЯ ЭКОНОМИКА .....	28
---------------------------	----

#### **ГИПОТЕЗЫ**

**С. Анофелес**

ДЕЙТЕРИЕВАЯ ЖИЗНЬ .....	32
-------------------------	----

#### **РАССЛЕДОВАНИЕ**

**Д. С. Складнев**

ТЯЖЕЛАЯ ВОДА И ЖИЗНЬ .....	34
----------------------------	----

#### **ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА**

**Л. А. Хатуль**

ПРИКЛЮЧЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ЧАСТИЦЫ .....	36
-----------------------------------	----

#### **ЗДОРОВЬЕ**

**А. В. Скальный**

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ ЧЕЛОВЕК .....	38
-------------------------------	----



Зоологи и ботаники снова, как два века назад, отправляются в далекие путешествия.



56

В 1871 году химик-органик А.Н.Энгельгардт был сослан в деревню за внушение студентам «безнравственных демократических идей». Так началась история применения фосфатов в российском сельском хозяйстве...

Вот уже 500 лет метан угольных пластов остается самым страшным врагом шахтеров.

42



46

#### ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

**И.А.Савинов**

У КОЛЫБЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ ..... 42

#### ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

**Л.Я.Кизильштейн**

УГОЛЬНЫЙ МЕТАН – ДЕМОН ПОДЗЕМНОГО ЦАРСТВА ..... 46

#### РЕСУРСЫ

**И.В.Перминова**

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА – ВЫЗОВ ХИМИКАМ XXI ВЕКА... ..... 50

#### ПОРТРЕТЫ

**Г.И.Грученко**

АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ ЭНГЕЛЬГАРТ ..... 56

#### ИНФОРМАЦИЯ

ОБЩИЙ СТОЛ ДЛЯ ЕВРОПЕЙЦЕВ ..... 60

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗМИНКИ К ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЕ

ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ..... 63

#### ФАНТАСТИКА

**Владислав Выставной**

МОЙ ДРУГ ПАШКА ..... 64

#### НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

**Л.Викторова**

УТКА ..... 68

#### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

**Е.Котина**

ДЕЛИТЬ ПРОЩЕ, ЧЕМ СКЛАДЫВАТЬ? ..... 72

ИНФОРМАЦИЯ 61, 62, 67

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 22

ФОТОФАКТ 7

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72

## В номере

4

### ИНФОРМНАУКА

Снова о Тунгусском метеорите, а также о синдроме дефицита внимания у взрослых и о влиянии невесомости на мозг.

10

### РАССЛЕДОВАНИЯ

Год назад мировую общественность взбудоражили заявления И.В.Ермаковой, которая, проведя эксперименты на крысах, сделала вывод, что генетически модифицированные продукты опасны для здоровья. Сенсация приобрела невиданный размах, и наконец российскую исследовательницу попросили рассказать об этой работе эксперты «Nature Biotechnology».

20

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

Науке предшествовали другие способы мышления. Крупнейшие достижения человечества — овладение огнем, приручение животных, окультуривание растений, первые механизмы и первые календари — относятся к тому времени, когда науки не было...

36

### ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Из практики работы с полонием известно, что его порошинки могут перемещаться, ползти по полу, распространяясь по помещению. По-видимому, вклад в расползание «горячих частиц» вносят и электрические, и механические эффекты.

38

### ЗДОРОВЬЕ

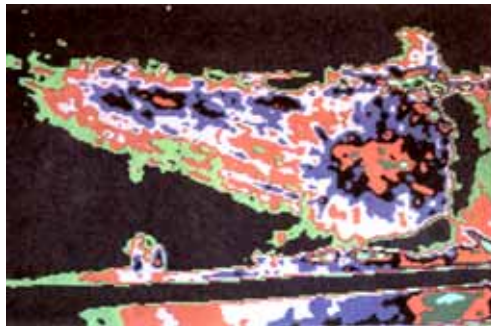
Хотя мы знаем, какие микроэлементы содержатся в наших органах и тканях, роль многих из них не ясна до конца. А главное — они живут в нашем организме сложной, малопонятной жизнью: борются между собой, замещают друг друга... Можно ли определить, какого элемента не хватает лично вам?



## АСТРОФИЗИКА

### Самый знаменитый гигантский болид

В этом году тунгусской катастрофе будет сто лет, но она по-прежнему продолжает волновать ученых мужей. Специалисты Института динамики геосфер РАН составили портрет виновника катастрофы в журнале «Астрономический вестник».



На самом деле ученых интересовал не Тунгусский метеорит. Они хотели исследовать малоизученный класс явлений — гигантские болиды, космические тела размером от пятидесяти метров до километра, которые полностью «сгорают» в земной атмосфере. Поэтому на Землю не падают осколки, не остается кратера, и в то же время гигантские болиды могут принести значительные разрушения и вызвать пожары. Такие катастрофы происходят редко — не чаще одного раза в сто лет. Крупные болиды встречаются с Землей еще реже, вот почему они мало изучены.

В наше время то, что нельзя наблюдать в природе или лаборатории, можно исследовать с помощью математического моделирования. Ими и воспользовались ученые московского Института динамики геосфер РАН. Оказалось, что независимо от размера и плотности, скорости и угла падения судьбы всех гигантских болидов очень похожи. Космическое тело влетает в атмосферу Земли. Сопротивление воздуха приводит к его разогреванию, сопровождающемуся испарением с поверхности, и к расплыванию. Болид превращается в большой блин, который в конце концов разваливается на множество кусков. При этом площадь поверхности увеличивается, испарение происходит быстрее. Куски болида исчезают один за другим. В какой-то момент вместо космического тела остается струя разогретого газа, движущаяся к Земле. Атмосфера тормозит движение струи. В результате такого противоборства образуется улетающее от земли горячее облако, точнее, огненный шар, по-

тому что температура такого облака тысячи градусов. Если оно хотя бы на несколько секунд коснется Земли, то пожара не миновать. А порой даже грунт плавится.

Представим, например, что каменное тело диаметром 60 метров и плотностью  $3,5 \text{ г/см}^3$  (это плотность алмаза) падает со скоростью 20 км/с под углом  $45^\circ$  к горизонту. На высоте 30 км над Землей оно начнет деформироваться, в 20 километрах от Земли сплющится и, пролетев еще три километра, разрушится. Осколки полностью испарятся к высоте 10 км. Нижний край горячего облака достигнет примерно трехкилометровой высоты, а само облако начнет двигаться к верхним слоям атмосферы.

Вернемся к тунгусской катастрофе. Утром 30 июля 1908 года многие жители Центральной Сибири «оказались свидетелями полета ослепительно яркого болида, затмившего собой, как они отмечали, солнечный свет. Болид пронесся по небу в течение нескольких секунд примерно с юга на север и скрылся за тайгой в направлении реки Подкаменной Тунгуски. После исчезновения болида раздался взрыв оглушительной силы...» (Е.Л.Кринов. Сихотэ-Алинский и Тунгусский метеориты).

В двадцатые годы прошлого века трижды организовывались экспедиции в район катастрофы. Ученые увидели вывернутые с корнем деревья на площади  $25\text{--}30 \text{ км}^2$ , причем все они располагались корнями к общему центру. В  $12\text{--}15 \text{ км}$  от него деревья были обожжены. Интересно, что местность в тех краях холмистая, и поваленными оказались деревья на вершинах холмов, а в низинах росли себе как ни в чем не бывало. Никаких оскол-

ков космического тела найти не удалось.

Современные ученые считают, что такие разрушения мог произвести гигантский болид, затормозившийся на высоте  $3\text{--}4 \text{ км}$  (вернее, то, что от него осталось после испарения). А до этого он мог быть кометообразным телом диаметром около 100 метров, состоящим из смерзшихся газов и пыли, или каменным, размером  $50\text{--}60 \text{ метров}$ , влетевшим в земную атмосферу под углом  $45^\circ$  к горизонту.

## ФИЗИОЛОГИЯ

### Мозг в невесомости и после

Какие изменения претерпевает кора головного мозга в условиях невесомости, попытались выяснить ученые из Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцева в совместных российско-американских исследованиях ([mantei@yandex.ru](mailto:mantei@yandex.ru)).

Во время длительных космических полетов воздействию невесомости подвергается весь организм. Естественно, перестраивается и нервная система: благодаря пластичности головного мозга организм приспособляется к жизни без гравитации. Изменения, происходящие в мозгу животных на орбите, изучали и ранее, но ученые анализировали мозг уже после приземления. Гравитационный стресс, даже непродолжительный, который испытывали животные после приземления, не мог не повлиять на результат.

Впервые у специалистов появилась возможность исследовать мозг крысы, который был зафиксирован для анализа непосредственно в космосе. Крысы находились в космическом полете на борту американских кораблей «Колумбия» и «Спейсслаб-2» в течение 14 суток. Космические медико-биологические лаборатории были оснащены всем необходимым оборудованием, чтобы космонавты-исследователи могли прямо на орбите зафиксировать крысиный мозг введением специального раствора и изготовить тонкие срезы.

Изучение срезов мозга проводили уже на Земле силами ученых Институ-





та медико-биологических проблем РАН и НАСА. У другой группы крыс образцы мозга были взяты сразу после приземления. У третьей группы мозг анализировали через 14 суток после приземления. Контрольная группа крыс никуда не летала. Сравнивая данные, полученные от каждой группы, можно проследить, что происходит с мозгом во время полета и после него.

На тонких срезах, проходящих через все слои коры больших полушарий, при увеличении в 5000 – 20 000 раз ученые смогли выявить мельчайшие изменения структуры синапсов (контактов между нервными клетками) и сети кровеносных сосудов. Оказалось, что в коре мозга крыс, находившихся в условиях невесомости, снижалась функциональная активность синапсов. Кроме того, у них обнаружена дегенерация отростков нервных клеток, что выражалось в разрушении митохондрий – клеточных энергетических станций. В то же время сеть кровеносных капилляров в мозге крыс, побывавших в космосе, отличается повышенной плотностью. Такие изменения ученые связывают с приспособлением организма к условиям невесомости, а именно с недостатком афферентации – информации, поступающей к мозгу от мышц и других органов.

Структура мозга только что приземлившихся крыс во многом сходна со структурой мозга крыс в невесомости, однако есть и отличия. Так, малоактивных синапсов после приземления заметно меньше, чем в невесомости, зато значительно больше разрушающихся отростков нейронов, — это, вероятно, связано со стрессом во время посадки. Примечательно, что структура мозга животных, обследованных через две недели с момента приземления, практически не отличается от мозга крыс, находившихся все время на Земле. Это говорит о том, что запускаются процессы восстановления, заложенные в организме, которые приводят показатели работы мозга в норму.

## ГЕНЕТИКА

# Генетика гиперактивности и дефицита внимания

*Не все знают, что синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) – это не только детская болезнь. В последние десятилетия это расстройство стало предметом многочисленных исследований в разных странах. Выяснилось, что им страдают как дети, так и взрослые (3–7% детского и 3–5% взрослого населения мира), то есть у многих детей эта болезнь не проходит с возрастом, а остается с ними на всю жизнь. Специалисты Медико-генетического научного центра РАМН и факультета психологии МГУ обобщили современные представления о СДВГ. Большинство исследователей сходятся во мнении, что единую причину возникновения заболевания выявить не удастся и, похоже, не удастся никогда.*

Если частота СДВГ в России соответствует мировой, то в нашей стране больны от 610 тысяч до 1,4 млн. детей и подростков до 15 лет и от 3 до 6 млн. людей старше этого возраста. СДВГ включает в себя три основных симптома: невнимательность, импульсивность и гиперактивность. Пациенты не способны удерживать внимание на одной задаче дольше нескольких минут, а в разговоре перескакивают с одной темы на другую. Они не могут усидеть на месте, совершают необдуманные действия и не попадают отвечаю на вопросы. Поэтому такие люди чаще страдают от травм, случайных отравлений и самоповреждений; для них характерны расстройства сна, они более склонны к злоупотреблению наркотиками, алкоголем и табаком, а также к психическим расстройствам. По данным клинических исследований, 32–40% детей, страдающих СДВГ, бросают школу и только 5–10% заканчивают вузы. Они хуже работают и чаще оказываются втянутыми в антисоциальную деятельность. 16% из них заражаются венерическими заболеваниями, от 20 до 30% страдают депрессией, а 18–25% — расстройствами личности. Первые признаки заболевания обычно проявляются с двух лет, но

до поступления в школу могут остаться незамеченными.

Большую роль в развитии синдрома дефицита внимания и гиперактивности играют внешние факторы. Причиной заболевания могут стать родовые травмы или ранние травмы головного мозга, а течение болезни зависит от обстановки в семье, воспитательных способностей родителей, жизненных потрясений, взаимоотношений со сверстниками. Однако развитие болезни нельзя объяснить только недостатками в воспитании и обучении детей, ибо она генетически обусловлена и зависит от наследственных факторов примерно на 80%.

Ученые разных стран (США, Голландии, Колумбии и Германии), проведя



близнецовые и семейные исследования, выделили более 30 генов-кандидатов для СДВГ. Возможно, список будет дополнен, но главное заключается в том, что в развитии болезни вовлечено много генов и вклад каждого из них в общую картину невелик. Все же генетики выделили

три наиболее важных. Это ген переносчика дофамина (одного из основных нейромедиаторов мозга) DAT1, он же SLC6A3, а также два гена дофаминовых рецепторов: DRD4 и DRD5. Примечательно, что характерный для синдрома вариант гена DRD4 также связан с интересом к поиску нового.

Другие многочисленные гены, по-видимому, влияют на строение некоторых корковых и подкорковых мозговых структур, которые отличают пациенты со СДВГ от общей популяции. Эти структуры обычно вовлечены в планирование и реализацию сложных движений, когнитивных функций и поведения. Необходимо, однако, помнить, что генетические предпосылки к развитию синдрома проявляются во взаимодействии со средой, которая может эти предпосылки усилить или ослабить.

Как бы то ни было, для разработки новых методов эффективного лечения синдрома дефицита внимания и гиперактивности необходимо изучать генетические причины и взаимодействие генетических и средовых факторов.





# Молоко с трансгенного козла

## Краткая история трансгенных животных

В Белоруссии на ферме в городе Жодине в начале ноября 2007 года появились первые трансгенные козлята. Каждая их клеточка несет в себе ген, который кодирует белок женского грудного молока — лактоферрина. Это чрезвычайно важный бактерицидный белок. Считается, что лактоферрин защищает малыша в первый месяц жизни, а потом, когда разовьется иммунитет, надобность в нем пропадает и организм матери прекращает синтез белка. Поскольку отнюдь не все матери кормят грудью, добавка человеческого лактоферрина в смеси для искусственного вскармливания в несколько раз снижает смертность младенцев от желудочно-кишечных инфекций. Кроме того, у лактоферрина есть множество других полезных свойств, включая способность проявлять противоопухолевую активность. В общем, рынок человеческого лактоферрина оценивается в миллиарды долларов США.

Козлята эти — результат выполнения программы Союзного государства Россия—Беларусь под названием «Бел-РосТрансген», которая длилась четы-

ре года. Впрочем, о почти детективной истории появления козлят на свет речь пойдет ниже, а сейчас небольшой рассказ о трансгенных животных вообще.

В журнале «Journal of Animal Science» за 2003 год была приведена хронология создания трансгенных млекопитающих. Согласно этой хронологии первые попытки получения трансгенных животных следует отнести к 1971 году, когда Б.Г.Брекетт с коллегами из Пенсильванского университета и варшавской Медицинской академии сумели прикрепить генную вставку к сперматозоиду кролика и та благополучно проникла в яйцеклетку. Однако добиться, чтобы вставка встроилась в геном эмбриона, удалось только в 1976 году в результате опытов Рудольфа Джае-ниша, которые он проводил в Гамбургском университете на мышах. Носителем чужеродного гена был ретровирус. В 1980 году Йон Гордон с коллегами из Йельского университета показали, что относительно успешным способом такой операции может быть микроинъекция ДНК в зиготу, то есть клетку, которая получается после того, как сперматозоид оплодотворит яйцеклетку. В результате появилась первая трансгенная мышь, у которой

## С.М.Комаров

вставка оказалась в половых клетках и смогла передаваться следующим поколениям. И до сих пор метод микроинъекции, несмотря на то что в результате его применения рождается лишь несколько трансгенных животных на сотню операций, остается основным инструментом животноводов-трансгенщиков.

Итак, первая трансгенная мышь появилась в 1980 году. Спустя пять лет в распоряжении ученых оказались полученные с помощью микроинъекций трансгенные кролики, рыбы, свиньи и овцы. В 1987 году — сделанные другим методом мыши с нокаутированными генами, за которых в этом году присудили Нобелевскую премию. В 1988 году с помощью ретровирусной конструкции сделали первого трансгенного цыпленка. В 1989 году в Голландии получили первого трансгенного быка. В 1991-м пришел черед козы. А в 1997 году из соматической клетки была клонирована овечка Долли. (Этот эксперимент прямого отношения к получению трансгенных животных не имеет, зато дает способ их быстрого размножения.)

## Лекарство из молока

Первые опыты ставили с флуоресцентными белками — так было проще контролировать успех операции: осветил трансгенное животное ультрафиолетом, и если оно вправду трансгенное, то засветится зеленым. Когда же методика переноса генов в организмы животных стала доступной многим исследователям, возник вопрос — а какие гены следует переносить? Появилось три направления: выращивание животных для еды, на органы для пересадки человеку и использование для производства лекарств из молока. На первых двух останавливаться не будем, а рассмотрим более близкое к рассказу о наших козлятах лекарственное направление.

Идея о том, что можно заставить организм вырабатывать несвойственный ему белок, лежит в основе современной биотехнологии. Она реализована в многочисленных трансгенных



# Виртуальная ферма трансгенных животных



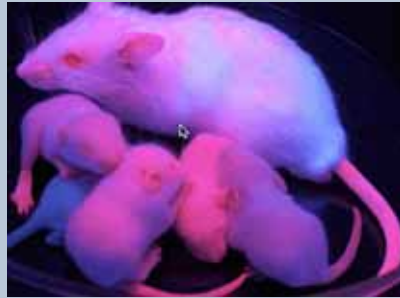
ФОТОФАКТ



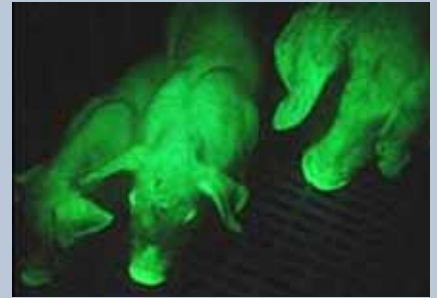
ИНФОРМНАУКА

микроорганизмах, прежде всего в кишечной палочке. Эта бактерия теперь вырабатывает многие тонны полезных веществ, от подсластителя аспартама до змеиного яда. Однако не всегда удается заставить бактерию вырабатывать полноценный белок человека: химический состав у него оказывается правильным, а вот уложить молекулу должным образом в спирали и зигзаги бактерии не удается. Тогда приходится прибегать к услугам высших существ. Например, у трансгенных птиц нужный белок оказывается в яйцах. А у трансгенных млекопитающих фабрикой по производству человеческих белков становятся молочные железы. В принципе, для этого можно использовать культуру клеток человека, однако от них не всегда удается добиться высокого выхода продукта. Как сообщает компания «Genzyme Transgenics Corporation» (ныне «GTC Biotherapeutics», мировой лидер по созданию лекарств с помощью трансгенных животных), в культуре клеток концентрация рекомбинантных белков составляет менее грамма на литр, а в молоке животного — от 2 до 10 граммов. И тут биотехнологи оказываются перед дилеммой: какое животное выбрать для коммерческого производства белка?

Мыши размножаются быстро, но дают мало молока. Коровы дают много молока, но, чтобы получить промышленное трансгенное стадо, ученый должен положить целую жизнь. Разумный компромисс — козы и кролики. Например, с помощью последних голландская компания «Pharming Group» вырабатывает белок rhC11NH для лечения наследственного ангионевротического отека. В августе 2006 года этот препарат был рассмотрен американской FDA. Однако больше всего препаратов получают с помощью трансгенных коз. Именно козы, созданные в «GTC Biotherapeutics», позволили сделать то, чего биотехнологи не могли добиться чуть ли не десятилетие: получить разрешение на использование препарата из молока трансгенных животных. Этот препа-



Китайские трансгенные мыши с красным флуоресцентным белком и поросята — с зеленым



Анни — первая клонированная трансгенная корова, созданная в Виргинском университете в 2000 году. Эта корова никогда не заболит маститом



Трансгенный лосось, который растет гораздо быстрее обычного может появиться на прилавках уже в 2008 году



Из молока этих коз технологи компании «Nexia Biotechnology» получают белок паутины



Слева — первый трансгенный клонированный поросенок. Ученые использовали желтокожего мутанта, чтобы показать, что чужеродные гены могут проявляться в свиньях



Глофиш — первые трансгенные существа, предназначенные для развлечения. Бывают трех цветов. Созданы в 1999 году учеными из Сингапура, которые встроили ген светящегося белка в геном зебровой амадины



Прозрачная лягушка, которую не надо резать, чтобы увидеть, что у нее внутри, — шедевр 2007 года, созданный биотехнологами из Хиросимского университета

рат содержит выработанный козами человеческий антитромбин III — белок, препятствующий свертыванию крови; он нужен для лечения редкого заболевания — врожденного дефицита такого белка, а также пригодится при проведении операций по коронарному шунтированию. В августе 2006 года его применение одобрило Европейское агентство по оценке лекарственных средств со штаб-квартирой в Лондоне. Кстати, именно из-за проблем с регистрацией препаратов «Genzyme Corporation» в 2001 году снесла купленную у «Pharming Group» ферму трансгенных кроликов и построила дорогостоящую фабрику-биореактор по производству препарата с помощью культуры клеток человека. Сейчас ученые из «GTC Biotherapeutics» выполняют обширную программу по изготовлению с помощью трансгенных коз моноклональных антител. Им же принадлежит и первый «молочный» шедевр биотехнологии — в 1999 году ученые этой компании клонировали трансгенных коз, которые давали молоко с антитромбином. Таким способом удастся, во-первых, гораздо быстрее размножить трансгенных коз, а во-вторых, добиться того, чтобы их молоко имело одинаковый состав. Как рассказывал корреспонденту «Химии и жизни» во время пресс-тура по биотехнологическим предприятиям Фландрии (см. «Химию и жизнь», 2005, №10) летом 2005 года вице-президент «Genzyme Corporation» Эрик Тамбуйзер, неодинаковость свойств, присущая животным, — один из серьезных факторов, который мешает получению разрешения контролирующих органов на использование лекарственных препаратов из их молока.

Среди других успешных проектов с трансгенными козами стоит упомянуть работу ученых из Калифорнийского университета в Дэвисе, которые в 2006 году объявили о получении молока, содержащего человеческий белок лизоцим. Он регулирует микрофлору кишечника и помогает маленьким детям справляться с поносом. Предполагается, что таким молоком будут просто поить детей, тем более что козье молоко само по себе считается полезнее коровьего. Правда, опыты, поставленные на козлятах и поросятах, показали, что с этим молоком все не так просто: у поросят число кишечных палочек действительно снижалось, а у козлят, наоборот, возрастало. Возможно, это связано с различиями в строении пищеварительного тракта: у всеядных поросят, как и у че-

ловека, один желудок, а у травоядных козлят — несколько.

Американские ученые из компании «PharmAthene» в молоке получили фермент бутирилхолинэстеразу, антидот против нервно-паралитических газов. Он уже включен в список разрешенных к применению в армии США. Канадские ученые из компании «Nexia Biotechnologies» с помощью молока коз и вовсе добывают конструкционный материал — белок паутины. Из него планируется изготавливать прочнейшие композиты.

Работы по созданию трансгенных коз ведутся и в Китае, как на континенте (ученые из пекинского Института биологии развития получили в 1998 году молоко с антигеном к вирусу гепатита В), так и на Тайване (биологи из Исследовательского института животноводства получили в 2005 году молоко козы с фактором коагуляции VII, который поможет больным гемофилией А). С помощью российских коллег в Южной Корее были созданы трансгенные козы с внедренным человеческим геном G-CSF, который кодирует колониестимулирующий фактор гранулоцитов; он помогает при раке и заболевании крови. Аналогичные работы проходят и в Бразилии.

Как мы уже писали (см. «Химию и жизнь», 2000, № 4), в Научно-производственном биотехнологическом центре по животноводству РАСХН была предпринята попытка создать трансгенных коз, которые дают сычужный фермент химозин. И вот теперь появились совместные российско-белорусские козлята, которых назвали Лак-Один и Лак-Два в честь находящегося в их геномах гена лактоферрина

## Козлята из Жодина

«Идея заняться лактоферрином пришла мне давно. Свои опыты мы с коллегами из Института биологии гена РАН начали с генного конструирования, достигли в этом большого успеха: получили трансгенных мышей, способных синтезировать человеческий лактоферрин в заметных количествах», — рассказывает руководитель работы, директор трансгенбанка ИБГ РАН И.Л.Гольдман.

Количество мышей этой линии (так и хочется сказать стада, поскольку речь идет о дойном скоте) прошедших через руки ученых из ИБГ, превышает несколько тысяч, причем мыши-рекордистки дают до 40 граммов лактоферрина в пересчете на литр молока. Человеческий лактоферрин из мышиного молока оказался абсолютно иден-

тичен белку женского молока. Совместно с коллегами из других организаций ученые разработали как лекарственные препараты с этим лактоферрином, так и лечебную косметику. Теперь пришла пора получать много молока. Выбор пал на трансгенных коз.

«С предложением начать такую работу я ходил поочередно ко всем премьер-министрам РФ, начиная с В.С.Черномырдина. Все соглашались, что создание стада трансгенных коз, способных синтезировать человеческий лактоферрин, — очень полезное дело, однако дальше вежливых разговоров дело не шло. Тогда мне удалось встретиться с секретарем Постоянного комитета Союза государственных П.П.Бородиным. Идея понравилась, и он взялся помогать в организации специальной программы Союзного государства. В частности, удалось передать мое письмо А.Г.Лукашенко. На следующий день после того, как письмо оказалось у президента Беларуси на столе, меня телеграммой пригласили в Минск для встречи с представителями НАН Беларуси. Доклад был встречен благожелательно, и начался процесс формирования союзной программы «БелРосТрансген». В октябре 2002 года программа получила финансирование».

После этого началась тяжелая работа. Прежде всего при Научно-практическом центре НАНБ по животноводству в Жодине был построен и оснащен Биотехнологический центр. Затем начались поиски коз. Промышленного козоводства в СССР не было. Если где и держали коз, то на частных подворьях: там они заменяют коров и служат главными поставщиками и молока, и мяса. Поэтому купить у крестьянина хорошую козу, способную давать сильный приплод, было очень непросто. А для работы требовалась не одна коза, но несколько сотен: каждую козу можно использовать для операции только один раз.

Ученым приходилось постоянно, днем и ночью, следить за стадом из трехсот коз, выискивая тех, у которых яйцеклетка готова для оплодотворения. Яйцеклетку в строго определенный момент времени извлекали, делали микроинъекцию генной конструкции, искусственное оплодотворение, встраивание конструкции и помещали эмбрион обратно. Работа растянулась на несколько лет, но в конце концов успех улыбнулся ученым: родилось два живых козленка, несущих ген лактоферрина. Поскольку на программу было затрачено около 50 миллионов рублей, получается, что

каждый трансгенный козленок обошелся в 25 миллионов. Зато их ожидает счастливая судьба. Вместо того чтобы отправиться на бойню — такая участь обычно постигает козлов, — они до глубокой старости будут заниматься размножением с лучшими козами Белоруссии и России. «Скоро эти козлики войдут в «мужскую силу, от них будет получено первое потомство», — говорит А.И.Будевич, заведующий Биотехнологическим центром в Жодине.

«После достигнутого успеха мы планируем получить финансирование по следующей программе, которая предусматривает создание стада трансгенных животных и начало работ с молоком. Эта программа рассчитана на гораздо больший срок — не менее пяти лет», — говорит участница работы заместитель директора ИБГ РАН Е.Р.Садчикова.

Длительный срок связан с тем, что далее коз будут получать не только с помощью операций, но в основном естественным путем. Потомки трансгенного козла и обычной козы будут нести внедренный ген в паре с нормальным — ведь половина генов достанется им от отца, а половина от матери. Во втором поколении появятся первые полностью трансгенные животные, число которых составит в лучшем случае половину от всех потомков, если отцами опять выступят Лак-Один и Лак-Два. В противном случае — не более четверти. Стадо разделят на несколько частей и станут его выращивать на удаленных друг от друга фермах, чтобы случайная болезнь не привела к краху многолетнего проекта. И все это время увеличивающееся поголовье коз нужно кормить, держать в тепле, охранять, лечить, в общем, заботиться всяческими способами. А это требует денег. Немало денег также потребует и юридическая защита результатов работы, в противном случае предполагаемые миллиарды от продажи лактоферрина могут оказаться вовсе не у тех людей, которые не спали ночами, карауля коз. И только после преодоления многих преград можно рассчитывать, что козы, дающие молоко с человеческим лактоферрином, начнут зарабатывать себе на жизнь и очередной прорыв отечественной науки окажется еще и прорывом в бизнесе высоких технологий XXI века.



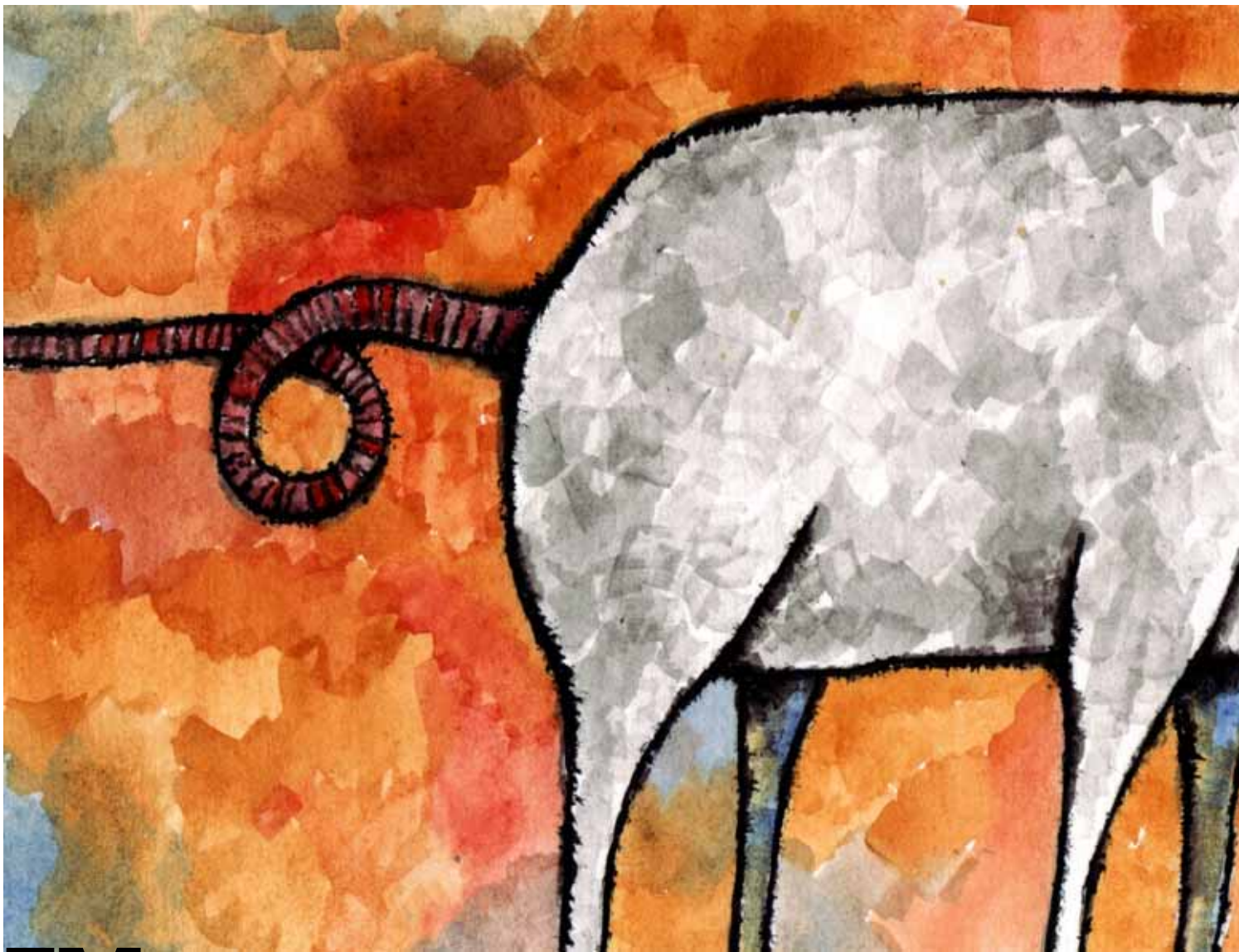
## Массачусетские страдания

Представить себе, какие трудности ожидают наших ученых, можно, прочитав историю вице-президента «GTC Biotherapeutics» по исследованиям доктора Гарри Мида. Как пишет корреспондент газеты «Бостон глоб», в 1984 году ему, тогда, сотруднику массачусетской компании «Биоген» (видимо, под влиянием новостей об успехах с трансгенными мышами), пришла мысль, что неплохо бы получать полезные для человека белки с молоком других млекопитающих. Компанию возглавлял Уолтер Гилберт, нобелевский лауреат 1980 года по химии за создание метода секвенирования ДНК. Он позволил Гарри Миду и его коллеге Нильсу Лонбергу посвящать получению мышиного молока с человеческим белком одну пятую часть времени. Однако целью компании были все-таки не научные исследования, а изготовление лекарств. Поэтому к началу 1990-х годов Гарри Мид понял, что быть блестящим ученым недостаточно: чтобы реализовать идею требуется инвестор. И он ушел в компанию «Genzyme Corporation», которая как раз приобрела фирму, работавшую с трансгенными козами. В 1993 году группа Мида отделилась от материнской компании и создала «Genzyme Transgenics Corporation», которая занялась созданием трансгенных животных по заказам других компаний. Спустя некоторое время был получен заказ от немецкой компании «Behringwerke» на трансгенных коз, способных производить молоко с человеческим антитромбином.

Американские ученые создали таких коз и с помощью гормонов добились, чтобы они начинали давать молоко гораздо раньше, чем положено. Поначалу, правда, белок был в молоке только 10% коз, но за пять лет работы удалось достичь стопроцентного выхода. Увы, этот успех был омрачен: в 2000 году немецкая компания вступила в фазу слияния и от проекта попросту отказались как раз на том этапе, когда препарат должен был поступить на клинические испытания. Другие инвесторы, например «Genzyme Corporation», тоже подумывали о сворачивании финансирования проекта. Тогда руководство «Genzyme Transgenics Corporation» сумело добиться, чтобы в дальнейшем права на препарат принадлежали их компании, и нашло дополнительных инвесторов. Зимой 2005 года документы поступили в Лондон, в Европейское агентство по оценке лекарственных средств. И вскоре препарат был отвергнут на том основании, что в клинических испытаниях принимало участие слишком мало пациентов. «Этот был самый черный день в моей жизни», — вспоминает Гарри Мид.

Вернувшись домой, он поговорил со своими сотрудниками, и те решили продолжить работу. Спустя полтора года пришел успех — препарат с антитромбином был одобрен. Сейчас в компании имеется стадо из полутора тысяч трансгенных коз, из которых 150 вырабатывают молоко с антитромбином. В год получается около 100 кг этого белка, что вполне достаточно, чтобы покрыть мировую потребность в нем. Производство препарата с помощью трансгенных коз оказывается относительно недорогим — в десять раз дешевле, чем при использовании культуры клеток, где только на организацию производства нужно затратить 300–500 млн. долларов, чтобы получать те же 100 кг белка в год.





# ГМ-продукты: битва мифа

Е. Клещенко

## Надежды и сомнения

*Очень осторожными движениями Достабль открыл особое отделение своего лотка, где он хранил товар высшего сорта, сосиски, сделанные из: 1) мяса; 2) известного науке четвероногого животного; 3) вероятно, наземного.*

Терри Пратчетт. Правда Генетически модифицированные продукты до сих пор остаются под подозрением у общества. С одной стороны, достижения биотехнологии не могут не восхищать. С другой — никогда прежде власть человека над природой не простиралась так далеко. Раньше селекционеры работали с фенотипом, отбирали лучшее из уже существующего, теперь стало возможным инженерное вмешательство в генотип, в само устройство живого, практически «соавторская работа» с эволюцией или, на чей-то взгляд, с самим Господом. Хочется задать вопрос: а по уму ли нам такие возможности? Хорошо ли ученые понимают, что делают, добавляя в геном рапса или сои даже один-единственный ген? Ведь те же ученые

утверждают, что организация и функционирование генома познаны не до конца, а причинно-следственные связи в живой клетке сложны и многообразны, куда сложнее, чем все, с чем мы имели дело до сих пор.

Попытки человека переделать природу не раз приводили к большим бедам — именно из-за недостаточного понимания сложных причинно-следственных связей (а также, чего уж там, из-за жадности и торопливости). И если человек натворил столько безобразий, вырубая под пашню леса, сжигая уголь и расщепляя ядро атома, что произойдет сейчас, когда он добрался до ядра живой клетки? Может, не надо бы ковыряться в тонком механизме, который не нами создан и который мы не сможем починить, если сломаем?

А в то же время понятно, что мы не можем оставить попытки переделать природу под наши нужды. Собственно, выбор за нас давно сделали доисторические предки, когда решили, что накормить и согреть детей гораздо важнее, чем не убивать зверей и не рубить деревья. И вряд ли нормальный человек, хоть доисторический, хоть исторический, мог сделать иной выбор. Но если говорить откровенно, та же дилемма стоит перед нами и сегодня: людей на планете все больше, пищи хватает не всем, а дальше-то лучше не будет. Как ответил Профессор из фильма «Сталкер» гуманитарно, при-





# и реальности



РАССЛЕДОВАНИЕ

зывающему науку к бескорыстию: «О каком бескорыстии вы говорите? Люди еще с голоду мрут». В том-то и дело, что повышение эффективности сельхозтехнологий — для человечества не прихоть, а необходимость. Гипотетический вред, который могут причинить здоровью человека ГМ-продукты, — это, конечно, плохо. Но очевидный вред, который наносит человеческому организму нехватка белков, жиров, углеводов и витаминов, впечатляет еще больше.

Понятно, что выгоду от новых биотехнологий получит не только все человечество, но — и в первую очередь — разработчики упомянутых технологий. Это справедливо, однако у многих возникают опасения: а не поторопятся ли ученые, не забудут ли проверить все побочные эффекты и просчитать все последствия?

Однако раньше ученых на человеческих страхах и надеждах зарабатывает желтая пресса. ГМ-продукты стабильно держатся в первых строчках новостных лент, и новости то радостные, то ужасающие. У нас оптимизм считается признаком глупости, поэтому в российских новостях лидируют ГМ-ужастики. Образ генетически модифицированных продуктов в общественном сознании складывается примерно такой: «ГМ-продукты — это плохо и опасно, в колбасе их быть не должно, но, наверное, все равно кладут».

## Кто боится ГМ-колбасы?

— Это кулебяка, милорд, — откровенно призналась Вероника. — Я, правда, так и не поняла, из чего ее делают и с чем едят... Но судя по названию...

*Из-под скатерти выползло чешуйчатое непарнокопытное толщиной с батон на коротких ножках с бегающими глазами и длинным раздвоенным языком. Прошлепав явную скабрзность, существо скрылось в траве.*

Андрей Белянин. Век святого Скиминока

В Российской Федерации на данный момент всего около 15 линий ГМ-растений (а в мире их существует более 160) разрешены к использованию в качестве пищевых продуктов и 7 линий — в качестве кормов. При этом выращивать ГМ-растения в промышленных масштабах на территории России пока не позволено вообще — только на опытных полях. Специалисты в этой области считают такое отношение властей неоправданным. «Опыт, накопленный за 10 лет коммерческого использования ГМ-культур, анализ результатов специальных исследований... показывают: до настоящего момента в мире не существует ни одного доказанного случая токсичности или неблагоприятного влияния зарегистрированных ГМ-культур как источников пищи или кормов». (Из Док-

лада ВОЗ 2005 года «Современная пищевая биотехнология, здоровье человека и развитие: доказательно-обоснованное исследование».) Но власти стоят на своем: ГМ-продукты подозрительны, давать им зеленый свет рано.

Согласно закону «О защите прав потребителей» в России до недавнего времени необходимо было маркировать всю пищевую продукцию, если в ней содержатся даже следовые количества ГМ-компонентов. В США такая маркировка не требуется, в Японии маркируется продукция с содержанием ГМ-организмов выше 5%, а в ЕС — выше 0,9%. Отечественный производитель, однако, к пункту закона об обязательной маркировке относится халатно. Понять производителя можно, спасибо «зеленым» борцам с генетически модифицированными организмами (ГМО): дураком надо быть, чтобы добровольно наклеить на свою продукцию ярлычок «яд».

Читатели наверняка видели в новостях заголовки вроде «Треть всей колбасы генетически модифицирована». Про «генетически модифицированную колбасу» в Сети можно прочесть разное: одни утверждают, что она практически живая и кусается изнутри, другие — что она совсем как настоящая, но не портится месяцами, третьи на полном серьезе дают советы, как отличить трансгенную колбаску от обычной при обжаривании... Тот факт, что генетические модификации обеспечивали процветание растению, а не мясoproдукту, благополучно забылся. Заявляем ответственно: на кухне трансгенную сою в мясном или молочном продукте нельзя отличить от обычной. Но в лаборатории — можно.

«Треть всей колбасы» — это, очевидно, гипербола. Данные Роспотребнадзора за 2007 год дают куда более скромные величины: мясные продукты — 3,8%, птицеводческие продукты — 5,6%, молочные продукты — 5,1%. Данные за другие годы отличаются не слишком сильно, причем тенденция — скорее снижение, чем рост: ГМ-ингредиентов стало больше только в молочных продуктах. А определяют это с использованием вполне современных методов: генетические модификации в ДНК продукта выявляют с помощью полимеразной цепной реакции, а наличие ГМ-белка — иммуноферментным методом. (Кстати, никакой государственной тайны тут нет. Желающие могут набрать в поисковой системе «методы количественного определения генетически модифицированных источников» и получить детальное описание: что и как делают с угрожающей россиянам колбасой. Но разбираться в этом сухом тексте будет труднее, чем читать новостную ленту.) Однако те же исследования подтвердили, что российские производители предпочитают не маркировать ГМ-продукцию, — а это дает дополнительный простор для домыслов и паники.

Надо отметить, что сейчас ситуация с маркировкой начала меняться. С 12 декабря 2007 года вступили в силу дополнения к закону «О защите прав потребителей»: теперь у нас обязательна маркировка продуктов, содержащих ГМ-компоненты в количестве, превышающем 0,9%. А контроль продукции станет жестче: если все получится как задумано, ее-то маркировать будут обязательно. И наверное, стихийные алармисты тут же заметят, что ГМ-продуктов на наших прилавках стало больше...

## ГМ и «МК»

— Правда ли, что в течение двух суток из икры можно получить два миллиона головастиков?

— Из какого количества икры? — вновь взбеленясь, закричал Персиков. — Вы видели когда-нибудь икринку... ну, скажем, — квакши?

— Из полфунта? — не смущаясь, спросил молодой человек. Персиков побагровел.

— Кто же так мерит? Тьфу! Что вы такое говорите? Ну, конечно, если взять полфунта лягушачьей икры... тогда пожалуй... черт, ну около этого количества, а может быть, и гораздо больше! Бриллианты загорелись в глазах молодого человека, и он в один взмах исчеркал еще одну страницу.

Михаил Булгаков. Роковые яйца

Но прежде чем российские власти наведут окончательный порядок в законах, регулирующих использование в пищу ГМ-сельхозпродукции (будем считать для простоты, что техническое масло из ГМ-рапса не опаснее обычного машинного), — надо наконец определиться: есть ли повод для ограничений? Общие соображения о потенциальной опасности всего нового и непроверенного — соображения вполне здравые, многим биологическим видам помогли уцелеть в борьбе за выживание. Но располагаем ли мы хоть какими-то конкретными наблюдениями, подтверждающими вред генетически модифицированных продуктов для здоровья? Не ошибаются ли те, кто отрицает наличие таких наблюдений?

И тут мы подходим к теме статьи — к исследованию доктора биологических наук И.В.Ермаковой из Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Под ее руководством было проведено масштабное исследование: крысам подбирали рацион, содержащий ГМ-белки, и изучали, как этот рацион влияет на здоровье потомства. Результаты экспериментов, по словам исследовательницы, изумили ее саму: половина потомства крыс, которых кормили ГМ-соей, умирала, да и в остальном негативное влияние было налицо. И началось...

Чтобы дать общее представление о реакции прессы, приведем избранные места из интервью И.В.Ермаковой, опубликованного в «Московском комсомольце».

Заголовок: «*Россиянам грозит геноцид* (так в оригинале, <http://www.mk.ru/blogs/MK/2007/06/04/society/247990/>). Только в «МК»: шокирующие результаты проверки ГМ-продуктов». «*До сих пор ученые не могут точно сказать, опасны ли для человека генетически модифицированные (ГМ) продукты. Нужны серьезные независимые исследования. Но за «едой Франкенштейна» стоят большие деньги, а найти средства на ее изучение очень трудно. С этой проблемой столкнулись и наши ученые, среди них — ведущий научный сотрудник Института РАН Ирина ЕРМАКОВА. Она провела серию экспериментов на крысах, но закончить их ей не дали — перекрыли финансирование. Однако даже те результаты, что удалось получить, шокировали и ее саму, и ученых во всем мире...*» Названия главок: «Исследования трансгенов запрещают лоббисты», «Половина крысят, вскормленных ГМО, сдыхает», «ГМ-культуры уже влияют на климат?»

Объясняя корреспонденту, почему ГМ-продукты могут быть опасными, доктор Ермакова, в частности, сказала: «*Существуют два наиболее распространенных способа встраивания гена в растительную клетку*». Первый — обстрел клеток микрочастицами золота или вольфрама с нанесенными на них генами. При этом неизвестно, сколько новых генов и в какое место генома клетки встроится. Второй (более распространенный и более опасный) — внедрение генов с помощью плазмид почвенной опухлеобразующей бактерии». Очевидно, имею в виду микроорганизмы из рода *Agrobacterium*. Они умеют внедрять плазмиды — кольцевые молекулы ДНК в растительные клетки и затем встраивать свои гены в геном растения, которое начинает синтезировать необходимые бактериям вещества. (Именно это их свойство эксплуатируют биотехнологи, используя плазмиду как вектор, переносящий в растение нужные гены.) На стебле либо корневище зараженного растения действительно образуются опухоли. Иначе говоря, «опухлеобразующими» эти бактерии являются для некоторых растений. Подробнее о них мы еще поговорим, а пока отметим, что страшное слово отлично настраивает читателя на нужный лад.

Далее И.В.Ермакова сетует на противодействие лоббистов ГМО, перекрывающих ей финансирование и замалчивающих ее эксперименты. Однако если защитников ГМ-продукции можно заподозрить в пристрастности и материальной заинтересованности, то и доктора Ермакову трудно назвать академической исследовательницей, увлеченной только биохимическими и физиологическими процессами. У нее есть



своя, и притом достаточно жесткая, позиция. Вот что можно прочесть по этому поводу на ее собственном сайте: «В 1998 году И.В.Ермакова, обеспокоенная резким ухудшением состояния окружающей среды и исчезновением разных видов животных и растений, начинает активно заниматься экологией... Публикует свои статьи в разных общественно-политических изданиях: экологической газете «Спасение», «Экономической газете», в газете «Знание — власть», журнале «Национальная безопасность и геополитика» и др. По проблемам экологии, здоровья населения, семьи и школы, нравственного и духовного воспитания выступает на разных общественно-политических форумах и конференциях, парламентских слушаниях в Государственной думе. Создает программу «Экологический SOS». В 2003 году была выдвинута кандидатом в депутаты по Орехово-Борисовскому одномандатному округу № 197. В настоящее время является членом Экологической женской Ассамблеи при ООН, действительным членом Академии геополитических проблем, членом Парламентского центра комплексной безопасности Отечества». Справедливости ради — уж коль скоро мы сомневаемся в чистоте намерений «лоббистов ГМ-продукции», должны ли мы сразу поверить, что автор программы «Экологический SOS», планируя свое исследование, относилась к ГМ-продуктам без предубеждения и была так же готова к отрицательному результату, как и к положительному?»

В следующей части интервью Ермакова описывает схему эксперимента и его результаты. К ним мы тоже еще вернемся, а здесь скажем только, что газетное «половина крысят сдыхает» точно описывает причину внимания к экспериментам Ермаковой. Действительно, в этих экспериментах смертность детенышей, получавших ГМ-сою и выделенные из нее белки, была значительно повышена по сравнению с контролем, а выжившие крысятки показывали отставание в физическом развитии.

Удивили ужасы, которыми, по мнению автора исследования, грозит повсеместное применение ГМО. Хотя это и не связано напрямую с темой статьи, не могу не процитировать особенно волнующие абзацы:

*«Риски, которые таят в себе ГМ-растения, могут привести к тому, что все живое на нашей планете погибнет. Растения и животные формируют климат, а что творится сейчас с погодой! Это может быть результатом масштабного распространения ГМ-культур. Большинство ГМО через 1—2 или несколько поколений становятся бесплодными. И не исключено, что те, кто их ест, тоже через пару поколений станут неспособными к воспроизводству рода. Именно с этим связывают резкое сокращение биоразнообразия в полях с ГМ-культурами». «Большинство ГМО — это сильно сказано: линии трансгенных животных и растений, изучаемые в лабораториях, насчитывают десятки поколений и бесплодие им, похоже, не грозит. Сорты ГМ-растений, семена которых не прорастают, могут быть созданы специально, из коммерческих соображений, чтобы ограничить неконтролируемое распространение ценного сорта. То же касается и стерильной пыльцы. Тут можно спорить и об этической стороне вопроса, и об экологических последствиях (хотя их-то как раз и минимизирует стерильность пыльцы). В любом случае, что бы ни угрожало едокам ГМ-растений, от гусениц до людей, едва ли это как-то связано с глобальным потеплением.*

*«Есть еще один важный факт. В свое время я написала статью, где привела информацию о модификации льдообразующих бактерий. Они участвуют в образовании снежинок (являются центром их кристаллизации) при небольших минусовых температурах: от  $-2$  до  $-8$  °С. Американцы обнаружили эти бактерии на листьях растений. И, борясь с заморозками, удалили у них гены, отвечающие за образование т. н. липогликопротеинового комплекса. А без него бактерии перестали быть льдообразующими! Зато оказа-*



## РАССЛЕДОВАНИЕ

*лись более конкурентоспособными. И, выпущенные в природу, стали подавлять природные атмосферные бактерии. Может быть, поэтому на улице минусовая температура, а снега нет?» «Бактерии айс-минус» действительно существуют — это штамм *Pseudomonas syringae*, который был найден в природе аж в 1977 году (и только затем эту мутацию воспроизвели в лаборатории). Ни к заморозкам, ни к снежинкам они отношения не имели, а, по замыслу первооткрывателя, должны были препятствовать образованию инея на листьях сельхозкультур. Нашим читателям вряд ли надо объяснять, что снежинки успешно формируются и без бактерий, да и нет бактерий там, где образуются снежинки. А насчет «подавления природных бактерий» — «айс-минус» штамм и сам встречается в природе, и за 30 лет, что он известен ученым, обычную бактерию не подавил. Здесь вся разница между «стали подавлять» и «было высказано мнение, что это может случиться». Практическая разработка темы давно прекращена, но «зеленый» миф о бактериальном потеплении продолжает жить своей жизнью...*

Кто-то возразит, что нечестно судить о деятеле науки по интервью, записанному корреспондентом, который делает ошибку в слове «геноцид». Но дело в том, что публикаций в научных периодических изданиях, посвященных этой работе, не существует. Виноваты ли в этом коварные ГМ-лоббисты или что-то еще, но факт остается фактом: нету.

Конечно же эта информация была опубликована далеко не «только в МК». В том же интервью И.В.Ермакова рассказывала, что о ее экспериментах говорят и пишут во всем мире, ссылки на них есть на десятках тысяч сайтов. И в конце концов, после того как американская Академия экологической медицины, ссылаясь на данные Ермаковой, призвала к дополнительным исследованиям ГМ-продукции, а австралийские парламентарии на том же основании не пустили ГМ-культуры на континент, ее эксперименты всерьез заинтересовали «официальную» науку. Журнал «Nature Biotechnology» посвятил им большую статью (2007, т.25, № 9, с.981—987). «Было проведено беспрецедентное исследование, результаты которого позволяют утверждать, что трансгенная соя негативно воздействует на репродуктивную функцию крыс, а также на выживание и развитие их потомства, — пишет главный редактор журнала Эндрю Маршалл. — Это исследование привлекло к себе широкое внимание прессы и общества, однако его результаты так и не были опубликованы в научных журналах. В данной статье мы приводим доводы автора эксперимента, Ирины Ермаковой, сопровождаемые комментариями других ученых, работающих в этой области».

И.В.Ермакова согласилась ответить на вопросы, предложенные журналом, а ее ответы прокомментировали четверо экспертов: Брюс Чэсси из университета Иллинойса в Урбана-Шампейн, Л. Вал Гиддингс, в прошлом штатный сотрудник Организации по биотехнологической промышленности (BIO; Вашингтон — Колумбия, США), сотрудник Лондонского университета Вивин Мозес и сотрудник Калифорнийского университета Алан Мак-Хаген. Обмен мнениями получился весьма содержательным.

## Главное в опыте — это контроль

*Теперь можно было считать доказанным, что ежели человека не кормить, не поить и не лечить, то он, эта, будет, значить, несчастлив и даже, может, помрет.*  
А. и Б.Стругацкие. Понедельник начинается в субботу

Сюрпризы начались сразу же, с общего описания эксперимента. Как сообщает И.В.Ермакова, для исследования была выбрана ГМ-соя линии Roundup Ready (RR) 40.3.2. Эти растения устойчивы к гербициду «Раундап», потому что в них введен ген бактериального фермента 5-енолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазы. Дальше мы будем называть его просто — EPSPS. Вообще-то аналогичный фермент есть и у обычных, не ГМ-растений (поэтому, собственно, не все они одинаково страдают от гербицида), но дополнительная его доза позволяет эффективнее избавляться от отравы. И что сорняку смерть, то RR-сое — здорово.

Самок крыс разделили на группы: одну группу кормили мукой или бобами ГМ-сои в дополнение к лабораторному корму в течение двух недель до спаривания (Ермакова подчеркивает, что в этом преимущество ее эксперимента: другие экспериментаторы начинают кормить крыс соей, когда те уже беременны, так что «крысенка защищает организм матери») и далее — все время, пока крыса вынашивала и выкармливала крысят. Во второй группе крысы получали обычную соевую муку, в третьей — белки, выделенные из ГМ-сои. (Были и другие варианты: ГМ-сою подмешивали в корм в количестве до 14% и кормили крыс таким кормом или еще дополнительно к нему давали ГМ-сою.) Контрольная группа ела стандартный корм: пшеницу, пшеничные отруби, подсолнечник, мясной концентрат, животный жир, ячмень, фуражные дрожжи, микроэлементы и витамины.

Так вот, компания ADM, у которой были закуплены соя и соевая мука, не производит и никогда не производила продукты, на 100% состоящие из RR-сои. Резонный вопрос: а что же ели подопытные крысы? Судя по тому, что ПЦР-анализ, сделанный Ермаковой с соавторами, показал присутствие гена EPSPS в тех пробах, которые они считали ГМ-продуктами, эта была смесь различных коммерческих сортов сои, очевидно, с примесью ГМ-материала. Сколь велика была эта примесь, неизвестно. В качестве «свободной от ГМ-соевой муки, имеющей сходный с ГМ-соей состав и пищевую ценность» Ермакова использовала продукт «Arcon SJ 91-330», поставляемый той же фирмой. Но этой торговой марке соответствует не соевая мука, а концентрат: белка в нем 70%, тогда как в соевых бобах — 40–45%. О «сходном составе» тут говорить трудно.

Дальнейшее собеседование выявило многочисленные погрешности экспериментального протокола. Крысы содержались по несколько особей в одной клетке, не велся учет индивидуального потребления пищи, самцы — папы исследуемых крысят — проводили с будущими матерями достаточно много времени, чтобы самим откусать сои, тогда как предполагалось, что воздействию опасных ГМ-продуктов будут подвергаться только матери. Кроме того, экспериментальные группы были очень небольшими — очевидно, менее десяти самок на каждый вариант рациона (точные цифры не приводятся, но всего в исследовании участвовало 48 самок, 52 самца и 396 крысят), тогда как должно их быть, согласно международным правилам, от 20 до 25. Становится понятным, почему эти данные не были опубликованы в научных журналах.

Еще интереснее оказалось внимательное рассмотрение таблиц с результатами. Журналистам, замороженным чудовищной картиной гибели половины крысят у матерей, потреблявших ГМ-сою, не пришлось в голову спросить у доктора наук: а сколько умерло в контроле? Между тем ответ мог бы их удивить.

Цыплят считают по осени, а крысят — к концу третьей недели жизни. К этому сроку в эксперименте Ермаковой умерло

8,1% детенышей контрольных крыс, которые питались обычным кормом и в глаза не видели смертоносной ГМ-сои. Каждый двенадцатый. Потребление обычной (?) сои привело к печальному концу 10% крысят. Для крыс линии Вистар это результат вопиющий: в нормальных условиях содержания у них умирает к 21-му дню не более одного крысенка из сотни. Напрашивается вывод, что у несчастных животных были серьезные проблемы и помимо соевой диеты. А проще говоря, содержали их из рук вон плохо. Вес крысят опять-таки не дотягивал до нормы не только в опыте, но и в контроле.

(На самом деле в статьях по медико-биологическим исследованиям на крысах, которые публикуют в российских журналах, можно встретить похожий уровень смертности в контроле. Но это не пример для подражания. Если жестокая правда эксперимента в том, чтобы крысы умирали, надо точно знать, от чего они умирают, иначе жестокость будет бессмысленной.)

После этого пересказывать другие результаты Ермаковой, такие, как отсутствие потомства у крысят, матери которых получали ГМ-пищу (вот буквально так — полная стерильность во втором поколении!), уже неинтересно. Тем более что и в контрольных группах плодовитость была существенно ниже нормы.

Конечно, эксперты отметили, что «неблагоприятное воздействие на репродуктивную функцию, выживание и скорость роста крыс... резко противоречит результатам всех предыдущих научных исследований и опыту использования ГМ-сои за 10 лет». В том числе и нашим, российским.

Журналистские статьи о Ермаковой производят впечатление, что она была первой россиянкой, исследовавшей воздействие ГМ-продуктов на здоровье, тогда как официальные лица полностью доверились Европе и Америке. Это, конечно, не так. Именно монсантовская RR-соя линии 40.3.2 стала первым ГМ-растением, разрешенным в России. Ее медико-биологические исследования велись в НИИ питания РАМН в 1998—1999 годы как раз на крысах. Продукт исследовали по всем правилам, проверяли и аллергенность, и мутагенность, и влияние на иммунный статус, и «на функцию воспроизводства с изучением эмбриотоксического, гонадотоксического и тератогенного эффектов». С учетом этих результатов Минздрав выдавал разрешение на использование данной линии сои.

Можно сколько угодно ругать российскую науку и чиновников, но если бы в этих исследованиях наблюдалась десятая доля кошмаров, о которых говорит Ермакова — скажем, достоверное повышение смертности крысят на 4, а не на 40%, — ГМ-соя пулей вылетела бы с нашего рынка...

## Так что же в них страшного?

— А этот сланец, — сказал тролль, — чертский.  
— Да, а этот чертов гранит весь пронизан кварцем, — добавил другой тролль, склонившись над Достаблем. — Кварц засоряет артерии.  
Он бросил камень на лоток. Тролли не торопясь побрели прочь, изредка оборачиваясь, чтобы смерить Достабля подозрительными взглядами.

Терри Пратчетт. К оружию! К оружию!

Итак, чем у нас может отличаться ГМ-соя от сои обычной? Во-первых, повышенным содержанием белка, который кодируется дополнительным геном. Во-вторых, продуктами реакций, в которых участвует этот белок, а также реакций, равновесие которых смещается в результате изменения концентрации упомянутых белков и продуктов реакции... как далеко простираются эти изменения — на этот теоретический вопрос нельзя ответить, пока не будет исследован протеом (совокупность белков) сои как вида со всеми его многообразными внутренними связями. А пока что лучше, как это повсеместно и делается, исследовать интегральный эф-

фект — скармливать животным всю совокупность белка. Заметим, впрочем, что белки с опасными свойствами, яды или онкогены, до сих пор в ГМ-сое никем обнаружены не были и сам по себе белок EPSPS не является ни аллергеном, ни токсином. Что касается других аллергенов — опять же теоретически аллергеном может оказаться любое вещество, «незнакомое» нашему организму, чуждое диете наших предков. Но встретиться с таким веществом куда проще в любом ресторане, кухня которого отлична от традиционной русской.

Когда говорят о ГМ-растениях, часто рассуждают о накоплении в их тканях гербицида, к которому они устойчивы (в данном случае глифосата). Вот это может быть в самом деле плохо: за глифосатом известны канцерогенные свойства. И действительно, в литературе имеются данные, что устойчивые растения сахарной свеклы после обработки глифосатом накапливают его токсичные метаболиты. (Впрочем, аккумуляция этих веществ обычными, не ГМ-растениями тоже представляет проблему...) Так или иначе, И.В.Ермакова с соавторами не проявили интереса к содержанию гербицида в образцах сои. Куда больше их тревожила ДНК.

Объясняя для «Nature Biotechnology» раннее начало кормления крыс соей, И.В.Ермакова отметила: «*Это было сделано на основе предположения, что чужеродные гены, попавшие в организм этих животных, могут проникать в половые клетки и воздействовать на них и (или) органы...*» Эксперты на эту идею отреагировали коротко: «*У нас нет доказательств того, что ДНК вообще проявляет мутагенный эффект*». В интервью «МК» Ермакова выразилась несколько иначе: «*Немецкие ученые показали: плазмиды из ГМ-корма попадают в клетки разных органов животных. Перед началом своих исследований я тоже предположила, что плазмиды из ГМ-растений попадают к нам в организм — в кровь, кишечник, сперму и пр., вызывая впоследствии опухоли, мутации и нарушение репродуктивной функции*». Так все же: «чужеродный ген» или «опухолообразующая плаزمида»?

В ГМ-сое может присутствовать тот самый новый ген — участок ДНК, кодирующий фермент EPSPS. То есть не «может», а присутствовал — его наличие Ермакова и соавторы показали методом ПЦР (видимо, точно так же, как это делают в Роспотребнадзоре). Мог ли там быть сам вектор, «опухолообразующая» плазмида агробактерии? Вряд ли. Скорее всего, эти последовательности остались в клетках «первого поколения», а дальше передавались только встроенный ген. Не зря И.В.Ермакова не упомянула опухолообразующую плазмиду перед экспертами. Тем более что плазмиды, скорее всего, и не была опухолообразующей даже для растения: вектор, переносящий гены, можно сделать из «разоруженного» варианта плазмиды, в котором нет большинства «диких» бактериальных последовательностей.

Но если плазмиды все-таки сохраняются в клетках взрослых растений сои, в бобах и соевой муке — откуда взялась идея, что они могут представлять опасность для клеток животных? Гадать, каких «немецких ученых» имела в виду Ермакова, сложно, но кое-что найдется и поближе.

«*Показано, что бактериальные онкогены, трансформирующие высшие растения, могут инициировать процесс неопластической трансформации животных. Как агробактериальные векторы, так и онкогены растений *rolC* и *rolV* вызывают появление опухолоподобных структур у эмбрионов морских ежей. Доказана экспрессия этих генов в клетках трансгенных морских ежей, при этом достоверно увеличивается пролиферативная активность таких клеток. Результаты указывают на сходство процессов неопластической трансформации растений и животных. (Институт биологии моря и Биолого-почвенный институт ДВО РАН)*» (из отчета о деятельности РАН в 2003 году)».

В этих опытах агробактерии культивировались вместе с эмбрионами морских ежей. (Подробности можно посмотреть, например, в материалах 7-й Пуцзинской школы-конферен-



## РАССЛЕДОВАНИЕ

ции молодых ученых «Биология — наука XXI века», 2003.) Есть данные в пользу того, что агробактерии могут также трансформировать клетки водорослей, грибов и млекопитающих. Кроме того, некоторые ученые задаются вопросом, не могут ли плазмиды агробактерий передаваться другим бактериям, более тесно связанным с человеком, например кишечной палочке, — между бактериями разных видов такое бывает. Но тогда, по идее, дикие агробактерии, тысячелетиями живущие на наших пашнях, ничуть не менее опасны...

Возвращаясь к экспериментам Ермаковой: конечно, от совместного культивирования бактерий с эмбрионом беспозвоночного до употребления в пищу соевых бобов — дистанция огромного размера. И все же в такой постановке вопроса есть смысл. Точнее, был бы, если бы экспериментаторы определили в сое плазмидную последовательность и (или) ее онкогенный участок, а не все тот же ген фермента. Как справедливо заметили эксперты, ДНК сама по себе мутагенными свойствами не обладает. И хорошо, что так, иначе было бы опасно употреблять в пищу даже бабушкину антонову: в яблоках ведь тоже есть ДНК.

Но что же делать дальше? Сомнения, как ни крути, остаются. Хорошо бы спланировать такое исследование, которое уничтожит все сомнения. На самом деле подобные исследования проводили, например, Брейк и Эвенсон, кормившие мышей соей, устойчивой к глифосату, на протяжении четырех поколений. Но главный недостаток этих работ, хорошо спланированных и чисто выполненных, — то, что они малоизвестны: в них много трудных терминов, а ключевых слов «геноцид» и «пища Франкенштейна» нет. Может быть, стоит прислушаться к предложению И.В.Ермаковой, которое она сделала в том же интервью «МК»: провести масштабный эксперимент на многих поколениях животных, организовав его так, чтобы он был «прозрачен» и понятен для публики?

Саму И.В.Ермакову, пожалуй, лучше не привлекать к этому проекту: ее участие может дискредитировать затею в глазах специалистов. С другой стороны, нельзя полностью отдавать проект на откуп сторонникам ГМ-продукции. В фирме «Монсанто», конечно, мощная научная и финансовая база, но общественность смущает ее материальная заинтересованность в результате. Было бы идеально, если бы этим занялись ВОЗ или Министерство здравоохранения (нашей или другой страны). По свидетельству тех же экспертов «Nature Biotechnology», приблизительная стоимость подобных экспериментов на животных составляет 300–845 тысяч долларов. (Да, именно так много. Это только на помойке крысы бесплатные. А спросите у любителя крыс, сколько он тратит на своих зверушек, умножьте на количество месяцев и особей, которые составят репрезентативную выборку, приплюсуйте отдельные клетки, учет количества съеденного, стоимость реактивов и оплату труда лаборантов...) Деньги большие, но не запредельные. Вопрос в том, готов ли кто-нибудь, будь то государственная структура, научная организация или частное лицо, заплатить такую сумму, чтобы покончить с мифами и заменить их ясностью.







# Архаическое мышление

*Взять из прошлого огонь, а не пепел...*

Жан Жорес

## Постановка задачи

Новейшее время можно уподобить тонкой кровле на гигантском многоэтажном здании исторического развития человечества. Время научной деятельности ничтожно по сравнению с общей продолжительностью рода человеческого. Науке предшествовали другие способы мышления. Крупнейшие достижения – приручение животных, земледелие и окультуривание диких видов растений, копье-металки, силки и ловушки (то есть первые машины), бумеранг, лук и лучковое сверло, колесо, прядение и ткачество, лодка, парус, календарь и т. д. – относятся к тому времени, когда науки не было.

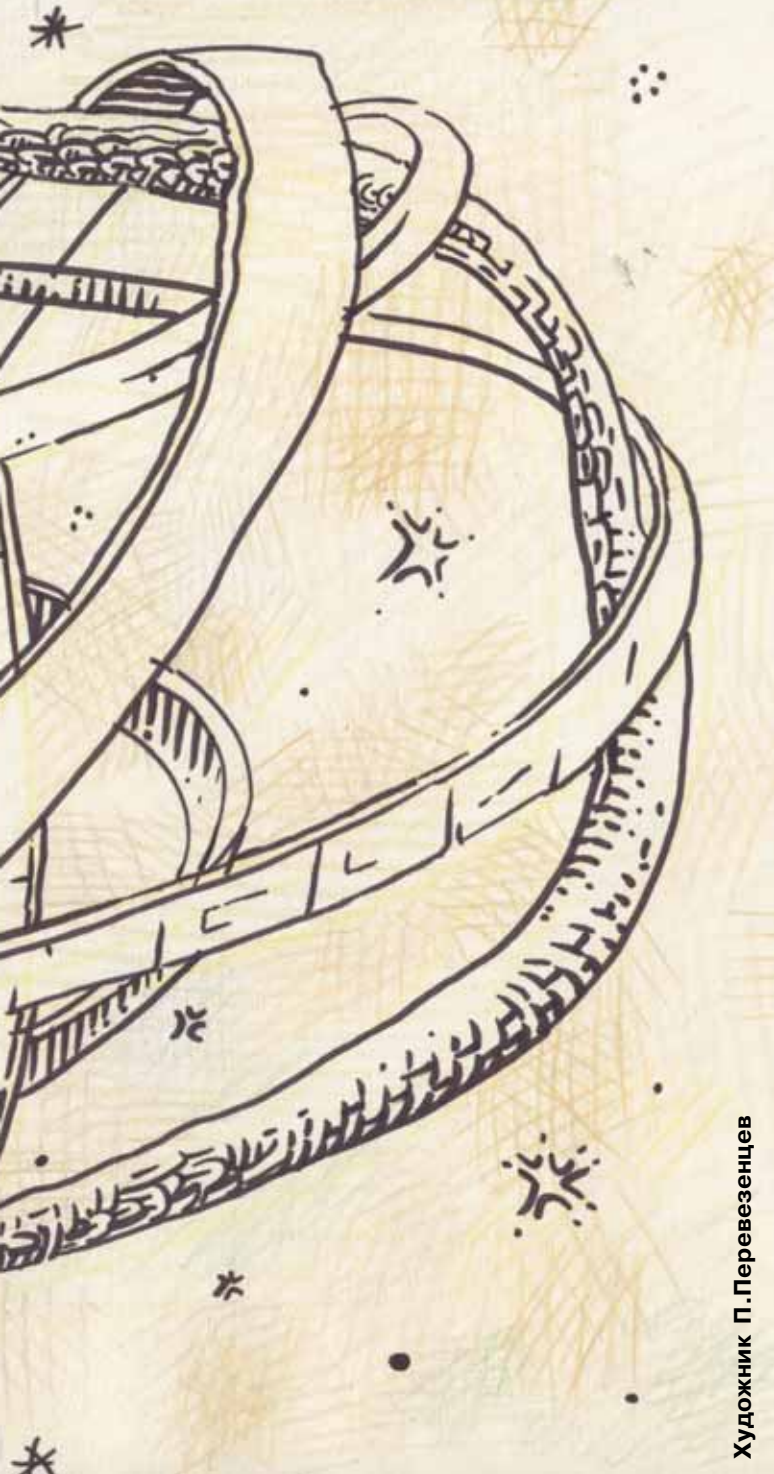
Велики архаические достижения в химии. Систематическое использование огня началось не менее 400 тысяч лет

назад. Затем возникли красители, яды, керамика, глазурь, стекло, металлургия, углежжение, известь, не исключено – электрохимия и гальванопластика. Красная краска (охра) была известна еще неандертальцам (в похоронном культе). Кроманьонцы с целью ее получения разработали специальную конструкцию коистра для обжига руды, то есть начались разработки процессов и аппаратов.

Глина – чрезвычайно сложный объект с химической и структурной точки зрения. Был открыт и освоен окислительный (красная керамика) и восстановительный (черная керамика) обжиг. Выплавка меди – совсем не тривиальный процесс. Его нельзя было открыть случайно, в коостре, без соответствующего аппарата. Наиболее вероятно, что это произошло в печи гончара – глазурищика.

Не очень известный, но разительный пример: кроманьонцы умели распрямлять мамонтовые бивни, по-видимому, путем обратимого размягчения кости при за-





Художник П. Перевезенцев

Доктор химических наук

**П.П.Федоров**



**РАЗМЫШЛЕНИЯ**

фициента трения, особенностей теплового расширения.

Имеющиеся данные, в частности палеоастрономические, заставляют предположить большую интеллектуальную мощь первобытного человека — охотника на мамонтов. «Даже рассеянные, случайные, очень малочисленные группы кромаьонцев Европы, насчитывавшие каждая по несколько десятков человек, создали оружие, одежду, музыку и музыкальные инструменты (костяные и деревянные флейты и др.), искусство строительства домов и жилищ с использованием дерева и лопаток мамонтов; их дома освещались светильниками, они шили дубленки, брюки и куртки из кож и замши, они делали удивительные украшения, их резчики по кости создали шедевры. Ведь Европа в эпоху кромаьонского человека была лишь приполярной и полярной страной... Любая из групп современных людей, равная по численности населению кромаьонского поселка (около 100 человек), будучи перенесена в условия обледенелого континента в девственный простор, не только не смогла бы изобрести заново способа изготовления копий из выпрямленных и разрезанных вдоль бивней мамонтов, но и утратила бы очень скоро всякий интерес к музыке, письму, искусству. Нет сомнений, что эта группа погибла бы в третьем или четвертом поколении в отличие от кромаьонцев, давших миру не только все виды искусств, но и способы выживания во всех условиях» (В.Щербаков). Гибель изолированных групп современного человека продемонстрировала история викингов Гренландии, далеко не самой хилой ветви человечества, которые не смогли приспособиться к ухудшающимся условиям жизни и вымерли. Они не только не сумели изобрести подходящие приемы выживания, но даже оказались не способны заимствовать уклад жизни эскимосов.

Французский этнограф и философ Клод Леви-Стросс сформулировал «неолитический парадокс»: почему, достигнув в неолите совокупности выдающихся достижений, человечество как будто заснуло на тысячелетия, до появления настоящей науки? Он предположил, что есть два способа мышления, являющихся функциями двух различных стратегических уровней, на которых природа подвергается атаке со стороны познания, причем один (архаический) прилажен к восприятию и воображению, другой (современный) расторможен.

Что же это за инструмент — архаическое мышление, который позволил решать сложнейшие задачи? Каким образом были разработаны великие технологии, вопреки очевидным препятствиям, таким, как ложность многих частных положений (например: дожди льются на землю с водяного неба) и консервативности практики? Наша цель — установить, на основе каких представлений и методов достигнуты поразительные успехи и какие уроки можно извлечь на будущее. Возможно, приемы архаического мышления окажутся плодотворны в такой области деятельности современного человека, как искусство совершения открытий.

Как говорил Якоб Вант-Гофф: «Все, к чему я стремлюсь, будучи химиком, а не философом, — это улучшить орудия нашей работы».

мачивании в слабых кислотах, например в настое листьев щавеля.

Далеко не все открытия и изобретения древних расшифрованы. Скажем, не объяснены ни параллелизм изменений домашних животных, ни огромный темп этих изменений. Как жаль, что не сохранились их лабораторные журналы!

С другой стороны, могущество и информированность современной науки не стоит переоценивать. Среди глобальных задач, касающихся выживания (климат, землетрясения), с которыми столкнулся первобытный человек, далеко не все решены и сейчас. Хотя прогресс очевиден, тем не менее детали многих процессов, важных для нашей цивилизации (например, производство и твердение цемента), известны недостаточно. Упорно сопротивляются решению и конкретные материаловедческие проблемы: описание дефектной структуры ниобата лития, есть или нет полиморфное превращение у теллурида кадмия, объяснение значений коэф-

## Характеристика первобытного мышления

Откуда вообще мы знаем об архаическом мышлении? В первую очередь – это свидетельства истории. Археология («в инвентаре погребений воплощены философские представления древних» – О.Сулейменов); литературные источники – например, тексты Кардано, Бруно, Парацельса. Второй основной источник информации – изучение отсталых народов этнографией и антропологией, а также фольклор, филология и лингвистика. В XIX веке стало ясно, что, для того чтобы получить информацию о далекой древности, необязательно отправляться в Америку или Австралию: она сохраняется в сказках, загадках, пословицах, детских играх. Еще один источник сведений о мышлении доисторическом – исследование элементов разума у животных. Идеи Дарвина и Геккеля об аналогии процессов онтогенеза и филогенеза позволяют получить информацию о мышлении наших предков из особенностей детского мышления. Кроме того, древние структуры мозга проявляют себя в сновидениях, где вместо ясных и четких понятий на первый план выступают образы, насыщенные ярким эмоциональным содержанием.



*Изображение оленя из пещеры Фон-де-Гом*

Архаическое мышление господствовало очень долго и было оттеснено на второй план (но не исчезло) только в XVII веке. При этом происходила эволюция мышления во времени и имела место неоднородность в пространстве. Например, палеолитические культуры ориньяка и мадлен дали замечательные образцы пещерной живописи; культура солиотре вместо этого делала каменные орудия, граничащие с произведениями искусства. Есть огромная граница между менталитетом охотника на мамонтов и бизонов, для которого главное – мужество, организация и железная дисциплина, и охотником послеледникового периода, пробирающегося с луком и собакой через бескрайний заболоченный лес, для которого главное – находчивость и инициатива; между земледельцем, конным пастухом и строителями пирамид; между Эмпедоклом и Парацельсом. Некоторые черты изменились на прямо противоположные. Например, от безразличия к индивидуальности человека до провозглашения человека мерой всего в эпоху Возрождения.

Тем не менее выделение типических черт имеет смысл. В превосходной книге Ф.Кликса «Пробуждающееся мышление» (М.: Прогресс, 1983) архаическое мышление характеризуется четырьмя свойствами: высокая степень слияния индивида с окружающей природой, интеграция личности и рода, высокая эмоциональность и аффективная напряженность общения, иконическая полнота воспроизведения содержания памяти. А также двумя функциями: непознанное и новое интерпретируется по аналогии с известным, социальные связи сохраняются с использованием эмоций страха. И наконец, тремя стратегиями: систематическое наблюдение пространственно-временных связей и их зависимостей, умозаключения по аналогии, процедуры гадания, колдовства и магии.

Для первобытного человека характерно напряженное и длительное внимание, постоянное упражнение органов чувств. Человек каменного века не мог позволить себе плохо знать камень: от этого зависела его жизнь. Это же относится и к биологии промысловых видов. Без пристальнейшего внимания не обходилась вся флора и фауна. Мельчайшие подробности, терпеливо накопленные в течение веков, скрупулезно передавались от поколения к поколению. Они ставили опыты и думали, думали и ставили опыты. Без этого вряд ли было возможно выведение культурных сортов растений. Астрономические знания древних базировались на десятках тысяч лет тщательных наблюдений.

Одним из первых, кто поставил вопрос об особом типе первобытного мышления и необходимости анализа его особенностей, был французский этнограф Люсьен Леви-Брюль. Дикари не глупее нас, но мыслят по-другому. «Индейцы рассматривали все одушевленные и неодушевленные предметы, все явления как проникнутые общей жизнью, которая непрерывна». Из поэтического одушевления природы древних современная наука сделала кучу «измов»: гилозоизм (оживотворение мира), пантеизм (обожествление мира), аниматизм (одухотворение мироздания в целом), анимизм (одушевление его отдельных проявлений), антропоморфизм (уподобление природных и социальных явлений человеку), антропатизм (перенесение на природу явлений человеческой психики – желаний, гнева и т. д.). Для первобытного человека, жившего в природе и ощущавшего себя частью этой природы, не было четкого разграничения между «живым» и «неживым». В его сознании существовал один пульсирующий, взаимопроникающий мир людей, стихий, животных, растений, камней, в котором происходило не возникновение и исчезновение, а всего лишь переход из одного состояния в другое. Сами жизнь и смерть воспринимались как чередование дня и ночи. Еще в XVI веке (Телезий, Патрици) считали, что мир – целиком живой. Все элементы и их части, покуда они не отделены от целого, одушевлены. Источники одушевления земных вещей – «астральные тела». Каждая звезда, планета и комета имеет свой цикл: она появляется, сила света ее возрастает, достигает апогея, затем ослабевает, звезда становится невидимой, а затем снова появляется. Все рождается, развивается, достигает своего совершенства, затем стареет, умирает, чтобы появиться в новой форме.

Это была универсальная аналогия – сопоставление природных и социальных явлений с жизнью и с человеком. Базовая метафора уподобляла все не простому, а максимально сложному, это было кардинальным отличием архаического мышления от научного. Мир как большой Человек (наряду с Мировым деревом) есть одна из самых распространенных мифологем и классификационных схем человечества. Вселенная совпадает с малым, «макрокосм есть микрокосм». Человек был стандартом, точкой отсчета, мерой всех вещей.

Подобно тому как современная наука везде ищет механизмы явлений, первобытное мышление искало организмы; более того, разумные организмы, наделенные сознанием и волей; наконец, оно пытается использовать их. За попытками управления духами последовало великое деяние – преобразование природы посредством организмов (одомашнивание).

Леви-Брюль отмечал роль коллективных представлений («примитивный индивид чувствует себя только членом своего племени и с невероятным упорством поддерживает традиционный способ интерпретации чувственных ощущений»), а также феномен «сопричастия», ассоциативной связи между предметами и явлениями на основе случайных совпадений и поверхностных аналогий. Заметим, что



неумение отделить существенное от несущественного современная психиатрия относит к признакам шизоидного мышления. И, как мне представляется, самое важное: «Мышление в обществах низшего типа, которое я называю прелогическим, не стремится прежде всего, как наша мысль, избежать противоречия».

Другой французский этнограф, уже упоминавшийся Леви-Стросс, наоборот, пытался показать, что мышление первобытного человека, по существу, тождественно современному, но пользуется особыми средствами. По его мнению, стремление к упорядоченному представлению о мире у первобытного человека было не меньше, чем у нас. Дикари мыслили и строили классификации, но использовали оригинальные подручные средства – метафоры и отождествление с животным и растительным миром. «Виды в тотем отбираются те, которые хороши, чтобы думать». Одно и то же явление интерпретируется в разных системах классификаций, в разных кодах (технологическом, космологическом, сексуальном, пищевом). Исходный материал группируется сообразно длинному ряду оппозиций: ясное – темное, горячее – холодное, сырое – вареное, свежее – гнилое, непрерывное – разделенное на части, мягкое – твердое, доброе – злое и т. д. К каждой вещи и явлению ищется противоположность. Каждая оппозиция трактуется как противоречие, для разрешения которого вводится промежуточный член (например, охота – промежуточный член в оппозиции между жизнью и смертью, поскольку она – убийство с целью сохранения жизни). Для архаического мышления характерна множественность моделей мира, а также принцип всеобщего превращения (человек может превратиться в дерево, опоссум – в звезду и т. д.). Можно говорить о принципе множественного аналогового моделирования.

Архаическое мышление противоречиво в том отношении, что, с одной стороны, широко пользуется бинарными оппозициями для классификации, а с другой стороны – не приемлет закона исключения третьего. Противоречивость – основа пластичности и гибкости архаического мышления. Каждый факт оно пытается встроить в мироздание, но созданные для частных случаев модели противоречат друг другу. Современное мышление стремится дать только одно объяснение в рамках одной картины мира. В результате современный человек часто не видит того, что не укладывается в эту картину.

Концепция Леви-Стросса подвергалась справедливой критике, в первую очередь из-за гипертрофирования расщепленной составляющей. Очевидно, что в архаическом сознании преобладала эмоциональная сфера, внушение и самовнушение, по-видимому, для него была характерна и буйная фантазия. Люди часто не могли разделить субъективное и объективное, реальное и иллюзорное.

С особой силой эмоциональная и эстетическая составляющая постижения действительности проявилась в культуре Возрождения. Приборы Возрождения – это художественные произведения. Поэзия, живопись и философия едины, это формы познания. Понятие, которое не стало образом, чуждо эпохе. В образах поэзии, живописи и скульптуры скрывалась научная истина. Дух Возрождения включает в себя синтез идеи и образа; связь идеалов истины, добра и красоты, связь истины с ее ценностью; науки с моралью и искусством; поэтическое познание; неоплатоническую форму связи космоса с микрокосмосом, фантом одушевленности материи на всех ступенях; придание религиозных и моральных характеристик географическим и топографическим понятиям.

Универсальный язык, который «незыблемо пребывает в смене времен и народов», это язык первоэлементов, язык стихий: земля, вода, воздух, огонь, – синтаксисом которого является Эрос (любовь и вражда, притяжение и отталкива-



ние, ян–инь). Единство и борьба противоположностей (мужчина и женщина, день и ночь, лето и зима и т. д.) интерпретируются через человеческое чувство. «Движение любовной связи увлекает все вещи к единству, чтобы образовать из них одну-единственную Вселенную» (Николай Кузанский). Каким ограниченным выглядит на этом фоне «интеллектуал современного типа, свободный от эмоциональной напряженности архаических ассоциаций» (Кликс).

Важная черта древнего человека – придание священного характера тому, что он сделал, достижениям своего рода и своих предков (сакрализация). Каменный топор, молот, лук, меч, зеркало, простейшие оптические приспособления, металлическая чаша, мельница, замки и ключи становились святыми. Их изобретатели, гончар и кузнец, делались боже-ствами, превращаясь в демиурга или культурного героя (христианский бог, Гефест, Прометей, Ильмаринен, Мауи).

Повседневная деятельность человека имела космический смысл. Этому соответствовала организация пространства (дом, селение) и времени (обряды). Нить, сходящая с веретена, всегда была нитью судьбы. Человек прошлого, делая что-то (топор, избу), создавал нечто цельное, законченное, осмысленное, в конечном счете живое, какой-то микромир, встраиваемый в космос. Значение имели как форма, так и изображения на предмете. Греческое слово «космос» было синонимом слова «красота» и даже сам материал для изделий должен быть красив на взгляд.

Достижения рода Ното, по-видимому, существенно связаны с изобретением нового способа обработки и передачи информации – слова. «В начале было слово». «Для всех народов имя не есть пустая кличка, не «звук и дым», не условная и случайная выдумка, а полное смысла и реальности явленное в мире познание о мире. Имя для них было познанной и познаваемой сутью вещи, идеей» (П.Флоренский). Этимология (индоевропейская и семитская) свидетельствует о том, что назвать значило познать. Адам начал знакомство с миром, давая имена. «Первобытные индейцы созывали советы племен, чтобы закрепить те термины, которые лучше всего соответствовали характеристикам видов» (Леви-Стросс). За названиями признается та же сила и качества, что и за самими называемыми вещами – отсюда происходит магия слова и затем его обожествление.

Первобытное мышление демонстрирует изощреннейшие понятийные различия для жизненно важных признаков. Индейцы Амазонки знали до 300 наименований зеленого, а эскимосы – несколько десятков наименований снега. С другой стороны, для него характерно отсутствие четких понятий. Говорят о «мифологическом» языке, который весь метафоричен, с множеством синонимов и антонимов.

Заметим, что величайшие открытия неолитической революции сделаны без письменности, несмотря на то что только письменность освободила интеллектуальную энергию, поглощавшуюся ранее хранением и передачей уже существующих знаний. Письменность, скорее, побочный продукт неолитической революции. Как тут не вспомнить Платона – письменность, как средство не для памяти, а для припомни-

нения, – вредна. Философские системы древности, Средневековья и Возрождения (герметизм) исключительное внимание уделяли тренировке и организации памяти. Запоминаемое связывалось с определенными иерархически расположенными образами, причем структурная организация памяти представляла собой моделирование мира. Изобретение письменности освободило мысль от непосредственной связи с образами и освободило память. Это дало колоссальный толчок логико-аналитическому мышлению. Но при переходе от иероглифического к алфавитному письму утрачивается ассоциативно-эмоциональный и отчасти эстетический аспект письма, что знаменует дальнейшее доминирование левополушарного логико-аналитического мышления над образно-эмоциональным правым. Это было началом конца архаики, что, однако, не помешало сакрализации письма. Буква выступала как магический знак (каббала, магические руны германцев).

## Пережитки и отзвуки

В нынешний период одичания количество диких видов возрастает как на улицах, так и в помещениях (институты, университеты). Но в процессе движения «от ложного знания к истинному незнанию» мы сохраняем родимые пятна прошлого и сплошь и рядом возвращаемся на старые дорожки в новом качестве. Возврат к некоторым моментам архаики происходит при освоении новой сложной области деятельности, в которой процессы непонятны, теория не разработана. На начальной стадии всегда сильны иррациональные приемы.

Возможно, что ученых можно подразделить на правосторонних, в зависимости от того, какое из полушарий мозга задействовано в большей степени. В частности, по этому признаку математики делятся на геометров и алгебраистов. Правосторонность – архаический признак, однако достижения ученых такого типа несомненны.

В современной науке есть много архаических пережитков, и научные дискуссии часто носят характер религиозных войн. Так же, как и в древние времена, все наличное знание (электричество, радиоактивность, нанотехнологии) в первую очередь пробуются для лечения, поскольку лечение – самая насущная потребность. Непроницаемость архаического мышления для опыта соответствует сохранению «жесткого ядра» физической теории. Дизайн (в последнее время модным стал «дизайн вещества») является слабым отголоском идеи сакрализации вещи.

Ритуальный или религиозный характер, который приобрели в древности все изобретения и открытия, в скрытой

форме сохраняется и сейчас. Забавно выглядит постоянно возникающая завышенная оценка новых научных и технических достижений, переходящая в чувство, близкое к обожествлению. Именно такова была реакция части научного (и околонуучного) сообщества по отношению к кибернетике, теории катастроф, синергетике. Ранее подобное отношение проявлялось к статистике, да и вообще к математике. Часто «героизация приема переходит в явную манию» (М.М.Бахтин). С психологической точки зрения фетишизация логики позитивистами имеет ту же природу, что и обожествление дикарем своего каменного топора.

Массовыми остаются проявления анимизма. Люди, долго работающие с машиной, говорят о ней как об одушевленном существе, в частности знают ее капризы, улавливают ее настроение и т. д. Частный пример современного анимизма – выращивание кристаллов. Опытные специалисты хорошо знают, что успех здесь зачастую обеспечивает не научная теория, которая может оказаться полезной, но может и не дать результата. Самое главное – почувствовать кристалл, понять, что ему надо. Трудно поколебать их уверенность в том, что выращивание кристаллов – не наука, а в значительной степени искусство, как выращивание цветов и детей.

Литература жанра фэнтези использует утверждение «передовая технология неотличима от волшебства». Магическая составляющая человеческой деятельности была узаконена Норбертом Винером в его кибернетической идее черного ящика: действует вот так, а почему – не знаю (вроде бы и не интересуюсь). Рабочее место современного ученого оснащено мощным магическим предметом – персональным компьютером. Этот предмет исполняет желания пользователя, если тот умеет попросить, даже не зная ничего о механизме реализации. Кодовое слово (пароль, логин) выполняет функцию заклинания. На компьютерной панели мы имеем набор пиктограмм. Мне известны случаи окропления учеными компьютера святой водой до начала работы.

Основная магическая идея – повеление силами, природы которых непонятна, – имеет много тревожных технологических аналогий. Сюда можно отнести взрывающиеся химические аппараты: для процессов, происходящих в них, в большинстве случаев детали кинетики неизвестны.

Есть гораздо более серьезные вещи, свидетельствующие о неустрашимости архаики. Наука ведет постоянную и не очень удачную борьбу за четкость терминологии. Многозначность живого языка – это его основное свойство, которое постоянно проникает в язык научный, где размытость терминов чрезвычайно нежелательна. Помимо прямых искажений значения слов в результате их неверного использования существенным фактором является дрейф значения терминов.

Примечательна судьба логического закона  $A = A$  и принципа исключения третьего, неизвестного архаическому мышлению и являющегося, по некоторым оценкам, основой научного метода. Логические парадоксы (например, «стрела», «Ахиллес и черепаха») были известны еще в античности и сопровождали саму кристаллизацию логики из языка и мышления. Основатель «материалистического сенсуализма» Джон Локк говорил: «Наш разум и наше понимание соответствуют нашему самосохранению и целям нашего собственного существования, но не приноровлены ко всей действительности и всему тому, что в ней существует». Он принимал закон  $A = A$  как простейший и основополагающий. Однако, будучи пронизательным мыслителем, он не мог пройти мимо того факта, что, говоря словами Гераклита, все течет и все изменяется. Для спасения этого закона Локк использует удивительный ход: переходит к рассмотрению атомов, перенося неизменность на этот уровень



*Палеолитическая  
«Леди из Брасемпу»  
(резьба  
по мамонтовой  
кости)*

(«пока длится его существование, он (атом) будет тем же самым, а не другим»), и даже формулирует некий аналог правила Хунда!

Однако именно атомные объекты нанесли решающий удар по закону исключения третьего. Квантовая механика, столкнувшись с принципом неопределенности и дуализмом волна-частица, была вынуждена признать, что малым объектам свойственны противоречивость и изменчивость. Философским обобщением этого явился принцип дополнительности Бора, который тот применял уже ко всей познавательной деятельности человека.

Даже в математике доказательство теоремы Геделя показало принципиальную ограниченность логических процедур. Это вызвало к жизни, в частности, логический интуicionизм Брауэра, который вообще удаляет принцип исключения третьего и соответственно все математические доказательства от противного. В настоящее время, в связи, например, с открытием фрактального множества Мандельброта показано, какую невероятно сложную структуру может иметь граница между «да» и «нет» даже для математических объектов. Более того, такие границы, по-видимому, могут быть и принципиально размыты.

## Выводы и рекомендации

Множественное аналоговое моделирование, присущее архаическому мышлению, наводит на мысль о целесообразности использования различных, в том числе противоположных, эвристик. Использование одного и того же метода ведет к мастерству, автоматизм дает выигрыш в скорости действия. Но автоматизм лишает возможности решать нестандартные задачи.

Предлагается не поиск новой, современной, оригинальной, истинной и т. д. модели или метода познания, а использование (по ситуации) их всех; выбор наиболее подходящего для данного случая метода, сравнительная оценка результатов, полученных разными методами, их обобщение и синтез. Полученная совокупность результатов отражает не эклектику, а принцип дополнительности. Собственно говоря, предлагается всего-навсего, чтобы ученый при решении задачи действовал бы аналогично любознательному животному (вороне, крысе), которое использует все имеющиеся у него навыки и познавательные программы для исследования неизвестного объекта.

Формирование образа явления особенно важно при обучении. Отказ от образности и наглядных представлений — одно из достижений физики начала XX века. Однако отказ от наглядности при создании квантовой теории, по-видимому, был связан в первую очередь с тем, что свойства макромира были известны недостаточно, вследствие чего не удалось подобрать подходящую наглядную макромоделю (а именно странный аттрактор) для явлений микромира.

Использование различных методов познания предполагает параллельное рассмотрение проблемы на разных языках. Имеется в виду как понятийный аппарат различных отраслей науки, так и собственно языки — формальные и живые. Интересно было бы посмотреть на сложные проблемы глазами разных культур, понять, как влияет структура живого языка на их решение. Особенно интересно сравнить результаты и подходы, получаемые в тех культурах, где развиты иероглифическое письмо или хотя бы каллиграфия, стимулирующие образно-эмоциональное восприятие текста, с результатами западной науки и культуры.

Целесообразно сопоставлять и синтезировать результаты, получаемые при рассмотрении одних и тех же проблем право- и левополушарными учеными. Поскольку у левой асимметрия полушарий головного мозга выражена иначе,



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

можно ожидать от них неожиданных эффектов. Шизоиды с их свободными непредвзятыми ассоциациями могут генерировать очень интересные идеи. Естественно, необходима их фильтрация. Шизофрения выглядит как разрывы логики, но использование «разрывных функций» может быть одним из способов описания того, чему инструмент не соответствует (это видно на элементарных примерах из механики).

Методы и представления первобытного мышления (аналогии, этические и эстетические посылки, образное мышление, диалоги и поэтические аллегории) хорошо использовать на предварительной стадии познания, для генерации идей. Проверка выдвигаемых гипотез, их согласование с фактами должны проводиться всем инструментарием строгой науки. Из результатов и их словесных формулировок архаические вспомогательные средства должны быть изгнаны.

Познание нового всегда идет через сравнение со старым. В этом процессе природа и структура объективного мира проходят через фильтр «социально санкционированных метафор». Каждая метафора дает свое знание, их суперпозиция приближает знание к реальности. Экспериментальный метод приводит все различные метафоры к одному результату. Однако всякую метафору надо развернуть до конца, посмотреть следствия и выводы и найти ту границу, когда можно точно сказать, что новое уже не похоже на старое. Нужно специально и обязательно осознать и обозначить эти границы. В процессе проверки гипотез особое внимание необходимо уделить точности слов, постоянному устранению неясностей и двусмысленностей, систематическому переопределению и введению новых терминов для различения оттенков смысла.

Если мы, заметив, что у стула и собаки много общего — четыре ноги и спинка, — на минуту отождествим эти понятия, в нашей картине мира на двор выбегут стулья и начнут лаять, махая хвостами.

Заметим, что компьютер (в продолжение цепочки организм — механизм) становится универсальной моделью, с которой сравниваются познаваемые (сложные) объекты. Более 50 лет в рамках проблемы искусственного интеллекта предпринимаются усилия для того, чтобы выяснить, где проходит граница «компьютерной метафоры» в отношении человеческого мышления.

И наконец, для преодоления безграмотности в школьную программу необходимо ввести описание принципов работы современных обиходных технических устройств: электронных часов, телевизора, микроволновки, мобильного телефона, компьютера и т. д.

Как сказал Фридрих Август Кекуле: «Если мы научимся смотреть сны, господа, то обретем, быть может, истину... Мы, однако, должны будем позаботиться не оглашать наши сны, пока не подвергнем их проверке бодрствующего ума».





## АКВАПОРИН ЧИСТИТ ВОДУ

*Швейцарские и американские химики создали полимерную мембрану, которая работает как «кожа» клетки.*

Mark Clark,  
mmclark3@uiuc.edu

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

**В**ода проходит внутрь клетки сквозь поры, которые в ее мембране создают специальные белки — аквапорины. Эта система чрезвычайно совершенна, даром что она существует более миллиарда лет. Ученые из Базельского (Швейцария) и Иллинойского (США) университетов решили воспользоваться подсказкой природы и создать аналогичные искусственные мембраны для очистки воды. «Живые ткани для этого не пригодны, они не выдерживают необходимых давлений. Для решения задачи мы сначала синтезировали тройной блок-сополимер, обладающий высокой прочностью», — рассказывает Марк Кларк из Иллинойского университета.

Молекула такого сополимера представляет собой полимерную цепочку, к концам которой приделаны цепочки другого типа. Благодаря такому строению эти молекулы обладают способностью к самоорганизации и собираются в нечто подобное скорлупкам. То есть фактически образуют микроскопические кусочки мембраны. Оказалось, что, если к раствору таких скорлупок добавить белок аквапорин-Z, выделенный из мембран клеток кишечной палочки, он встроится в полимер и проделает в нем каналы, по которым может перемещаться только вода и ничего более.

Испытания показали, что полученные микромембраны пропускают воду в десять раз быстрее, чем все известные материалы, которые применяют для опреснения воды. Теперь ученые ищут способы превращения микроскопических мембран в полноценные.

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

## СТЕКЛО ДЛЯ ОТТАЛКИВАНИЯ ВОДЫ

*Ученые из США создали сверхгидрофобное покрытие из стекла.*

John T. Simpson,  
simpsonjt@ornl.gov

«**В**ода совершенно не способна смочить созданный нами новый материал. Вряд ли он пригодится для изготовления дождевика. Но в качестве покрытия для днища корабля или опор мостов вполне может сэкономить немало энергии и денег», — считает Джон Симпсон из Окриджской лаборатории (США). Секрет материала находится на его поверхности. Созданная там наноструктура не позволяет воде соприкоснуться с твердым веществом, сохраняя между ними постоянную прослойку воздуха.

Чтобы добиться столь сильной гидрофобности, Симпсон сначала выплавил боросиликатное стекло. Затем он выдержал его при высокой температуре, и слиток распался на две фазы: в нем появились области, занятые боратным стеклом. Слиток измельчили в мелкий порошок, а затем боратное стекло вытравили. Полученные порошинки приобрели вид микроскопических кораллов с нанометровыми веточками. Их обработали реактивами, и поверхность стала гидрофильной из гидрофобной. Размер нановеточек и расстояния между ними столь малы, что поверхностное натяжение растягивает между их концами пленку воды.

«В отличие от известных сверхгидрофобных покрытий, которые так и не могут выйти за пределы лаборатории, стеклянный порошок совсем не дорог, и его легко делать», — говорит Джон Симпсон.

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

## КЛЕЙ ДЛЯ ХИРУРГА

*Немецкие ученые придумали клей для приклеивания всевозможных имплантатов.*

Klaus Rischka,  
klaus.rischka@  
ifam.fraunhofer.de

**Ч**тобы склеить две части живой ткани, разрезанной ланцетом, или приклеить к живой ткани имплантат, подойдет отнюдь не любой клей. Собственно, до недавнего времени клея, который был бы способен работать в агрессивной среде живой ткани длительное время и при этом не отравлять организм, вообще не было. Немецкие ученые из Фраунгоферовского института исследований промышленной инженерии и прикладных материалов во главе с доктором Клаусом Ришкой решили восполнить этот пробел. Они занялись созданием клея, которым удастся, по крайней мере, приклеивать к десне титановые имплантаты зубов — сейчас при их вживлении обязательно остается незакрытая полость, а в ней могут поселиться бактерии и вызвать воспаление. Клей же им такой возможности не оставляет.

Главная идея разработки — применить белок, который позволяет всевозможным моллюскам прикрепляться хоть к пористым камням, хоть к гладким бортам судов, причем надежно и надолго. Такой белок уже не раз удавалось выделять в различных лабораториях (например, см. «Химию и жизнь», 2004, № 5), а теперь пришла пора его синтезировать и применить в деле. Клей для зубов состоит из трех компонентов. Во-первых, это белок, подобный тому, что вырабатывают моллюски. Во-вторых, белок, который стимулирует рост клеток: ведь десна, даже несмотря на клей, должна плотно зажать имплантат. А в-третьих — полимерное связующее. Ученые надеются через пару лет создать работоспособную композицию, которая еще через три года войдет в практику хирургов

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

## ДИЗЕНТЕРИЯ УБИВАЕТ ИНFUЗОРИЙ

*Ученые из США предложили оригинальную гипотезу происхождения бактериальных токсинов*

Пресс-секретарь  
Ellen Goldbaum,  
goldbaum@buffalo.edu

**О**паснейший яд шига-токсин производят не только шигеллы — возбудители дизентерии, но и вполне безобидные кишечные палочки. Дело в том, что, когда внутрь бактерии проникает вирус определенной разновидности, он встраивает свою ДНК в ее геном и бактерия начинает синтезировать токсин. Для млекопитающих он может быть смертелен, что в очередной раз подтвердилось в прошлом году в США, когда несколько сотен человек отравились этим токсином, откушав шпината, зараженного бактериями. Число вирусов, кодирующих подобные токсины, весьма велико, и многих ученых преследовала мысль: неужели все это было задумано специально для уничтожения млекопитающих?

Ученые из Университета Буффало (США) во главе с профессором Джеральдом Куделкой выяснили, что дизентерийный токсин изначально защищал бактерии от исконного врага — инфузории тетрахимены. В своих опытах биологи сначала запускали тетрахимен в колонии кишечных палочек, не способных вырабатывать токсин. Как и ожидалось, простейшие съедали всех бактерий. Но если палочка могла синтезировать токсин, то сами простейшие погибали, едва начав охоту, — палочки воспринимали некий сигнал опасности и начинали вырабатывать яд.

«Наше открытие дает неожиданный взгляд на лечение человека, — говорит профессор Куделка. — Возможно, когда мы убиваем бактерии с помощью антибиотиков, они включают систему защиты и начинают вырабатывать еще больше токсина. В результате человеку становится хуже».



**НОВОСТИ  
О ПОЛИЛАКТИДАХ**

*Испанские ученые получили отличный катализатор для синтеза биоразлагаемого полимера.*

Пресс-секретарь  
Ana Escudero,  
ana.escudero@  
urjc.es

По мере того как нефть и газ дорожают, приближается время перехода к биоразлагаемым полимерам, получаемым из растений: их цена оказывается сопоставимой с пластиками, сделанными из нефти. Эта мысль вдохновляет ученых на создание новых методов синтеза таких полимеров.

В частности, сырьем для изготовления биоразлагаемой пластмассы считается лактид — димер молочной кислоты. Из него очень удобно делать полимер, например полилактидную кислоту. Однако для того, чтобы раскрыть димер и инициировать полимеризацию, требуется катализатор, который, как правило, содержит металл. Он обычно и остается в конечном продукте, что очень плохо — из этой кислоты делают хирургические саморассасывающиеся нити. Испанские ученые из Университета им. короля Хуана-Карлоса во главе с доктором Луисом Фернандо Санчес-Барбой сделали катализатор на основе магния и цинка, который почти не остается в готовом продукте. Более того, с его помощью удастся изготавливать конкурента полилактидной кислоты — высокомолекулярный поликапролактон. Его синтез из мономеров идет при комнатной температуре, а занимает считанные секунды. Расход же нового катализатора в пересчет на магний составляет один моль на двадцать одну тонну продукта.



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

**ВОЛЬТМЕТР  
ДЛЯ ЖИВОЙ  
КЛЕТКИ**

*Американские биофизики обнаружили, что внутри живой клетки существуют гигантские электрические поля.*

Рауль Копельман  
kopelman@umich.edu

Самый маленький из вольтметров представляет собой не электронное, а фотонное устройство. Это наночастица красителя диаметром в 30 нм. Если ее осветить синим светом, частица даст двойной импульс — зеленого и красного цветов, а соотношение интенсивностей этих цветов будет зависеть от напряженности электрического поля в том месте, где расположена частица. В одну живую клетку можно поместить тысячи таких вольтметров.

Именно это и сделали создатели метода — ученые из Мичиганского университета во главе с Раулем Копельманом. Полученный результат их сильно удивил. Оказалось, что в цитозоле, который заполняет внутренность клетки, электрическое поле чрезвычайно велико, его напряженность составляет до 15 миллионов В/м. Это в полторы тысячи раз больше, чем под высоковольтной линией электропередачи! «До сих пор считалось, что потенциал имеется только на мембране клетки, а внутри нее поле отсутствует. Впрочем, до нас никто и не мог измерить это поле. Теперь придется искать механизм, который вызывает появление столь сильного поля внутри живой клетки. Я подозреваю, что этот поиск доставит много хлопот биофизикам», — считает Рауль Копельман.

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

**УСТРИЦА  
ВЫВОДИТ  
ШЛАКИ**

*Испанские ученые придумали, как очищать съедобных моллюсков от загрязнителей.*

Пресс-секретарь  
Hugo Cerda,  
hcerda@sg.uji.es

Всем хороши устрицы, мидии и прочие съедобные моллюски: и мясо у них диетическое, и выращивать их можно на морских фермах, не занимая, стало быть, дефицитной земли, и окружающую среду не загрязняют, а, наоборот, чистят, не в пример лососевым фермам, которые в этом плане сравнимы со свиноводческими. Одно плохо: накапливают они в своих нежных телах немало вредных веществ, которые содержатся в морской воде. Среди них — пестициды, полициклические углеводороды, диоксины, фураны и прочие соединения, потребление которых не способствует здоровью человека. Сейчас эти вещества пытаются удалять из моллюсков, промывая их стерилизованной водой или выдерживая при высоком давлении и температуре по двое суток. Однако этого срока отнюдь не всегда хватает, чтобы полностью вывести вредные соединения.

«Мы создали метод, который позволяет очищать моллюсков от вредных веществ в два, а то и в четыре раза быстрее, чем обычно», — говорит Роки Серрано из Института пестицидов и воды при Университете им. Хайме I (Испания). Суть метода в том, чтобы с помощью N-ацетилцистеина стимулировать у моллюсков синтез глутатиона в межклеточном пространстве. Это вещество принимает участие во множестве клеточных процессов, в частности в разложении чужеродных веществ и борьбе со свободными радикалами. Как показали проведенные испанскими исследователями эксперименты, с помощью разработанного ими метода удается неплохо управлять синтезом глутатиона, и это может пригодиться при создании новых технологий очистки моллюсков от загрязнителей.

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

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ  
МЕДИЦИНА**

*Физики всего мира считают, что ультразвук поможет вылечить много болезней.*

http://  
www.acoustics.org/  
press

В Новом Орлеане (США) 26 ноября 2007 года прошла конференция, которая была посвящена ультразвуковой медицине. Из представленных там докладов следует, что применение ультразвука в медицине давно не ограничивается диагностикой. Например, ультразвуковой луч можно превратить в хирургический инструмент. Для этого надо сфокусировать звуковую волну, и вся ее энергия сосредоточится в области, размером с рисовое зерно. В результате ультразвук начинает вести себя подобно лучу лазера (см. «Химию и жизнь», 2007, № 12), то есть нагревает ткань. При этом ультразвук работает не только в качестве скальпеля. Например, Весна Ждерич из Университета Дж.Вашингтона утверждает, что с его помощью можно останавливать внутреннее кровотечение: под действием тепла кровь свертывается, ткань вокруг раны разрушается и возникает тромб, который закрывает рану. Так удается останавливать кровотечения в печени, почках, глубоко расположенных кровеносных сосудах.

Ученые из Мичиганского университета во главе с Жженом Зу пошли дальше: они предлагают создать новый тип ультразвукового скальпеля, который безо всякого нагрева будет разрывать ткань в нужном месте благодаря кавитационным пузырькам. Более того, можно следить за перемещением этого скальпеля внутри тела, поскольку пузырьки отлично видны с помощью томографа или прибора для ультразвукового исследования.

А главное достоинство ультразвукового инструмента в том, что звуковая волна, в отличие, скажем, от луча лазера, может проникнуть в любой самый потаенный уголок организма.

Подготовил кандидат физико-математических наук **С.М.Комаров**



# Космос XXI

Член-корреспондент РАН  
**Л.М. Зеленый,**  
Институт космических исследований РАН

## Долетайте до самого Солнца и домой...

Совсем недавно, в октябре прошлого года, человечество отметило пятидесятилетие выхода в космос. За прошедшие годы запуски спутников и межпланетных станций принесли множество новых сведений об окружающем мире, которые было невозможно получить никакими другими методами. Одной из наиболее ярких областей, где





космические исследования дали качественно новые знания, оказалось исследование физических процессов в окружающем космическом пространстве и солнечно-земных связей.

Родоначальником этой области стал выдающийся советский ученый А.Л.Чижевский, со дня рождения которого прошло 110 лет. Его статистические исследования показали, что происходящие на Земле явления самой разной природы, от биологических до социальных, связаны с активностью Солнца. Причину одной из главных проблем гелиобиологии, а именно слабой воспроизводимости результатов экспериментов, как раз и удалось выявить на основании полученных со спутников данных. Оказалось, что причинно-следственные связи между характеристиками солнечного излучения, параметрами межпланетной среды, магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы Земли чрезвычайно сложны. Наибольшая трудность состоит в нестационарности этих процессов. Изучению космической плазмы советские и российские ученые отдали много сил. Сегодня земная магнитосфера со своей сложной плазменной динамикой продолжает интересовать специалистов: проекты по исследованию Солнца и магнитосферы Земли занимают одно из центральных мест в планах ведущих космических агентств мира.

Гравитационное поле Солнца не может удержать плазму солнечной короны, и она со сверхзвуковой скоростью растекается в межпланетное пространство, заполняя собой и «вмороженным» в нее магнитным полем все пространство в пределах гелиосферы, за которой начинается межзвездный газ. Радиус гелиосферы примерно в 100 раз превышает расстояние от Солнца до Земли, и совсем недавно американский космический аппарат «Вояджер» сумел спустя тридцать лет полета добраться до этой границы. Однако само существование солнечного ветра было доказано экспериментально в 1959 году с помощью приборов станций «Луна-2» и «Луна-3».

В СССР особое место занимала программа спутников серии «Прогноз». Всего было запущено 10 таких спутников. Из полученных результатов стоит отметить регистрацию и изучение необычных межпланетных явлений после серии гигантских солнечных вспышек в августе 1972 года. Спутники «Прогноз-4», «Прогноз-5» и «Прогноз-6» обнаружили зону горячей плазмы на периферии плазмосферы Земли. «Прогноз-9» был выведен на очень высокую орбиту, почти в хвосте магнитосферы и получил интересные данные. Последний спутник, «Прогноз-10», изучил поведение ионов на фронте ударных волн солнечного ветра.

Уникальный материал был получен в 90-х годах в рамках международного проекта «Интербол». Четыре спутника, два из которых были разнесены на большое расстояние, одновременно проводили наблюдения в различных областях магнитосферы Земли. В результате ученые стали лучше понимать, как изменяется космическая

среда в зависимости от активности Солнца. Эта работа будет продолжена в проекте «Резонанс», где также станут участвовать четыре спутника. Основная цель — изучение взаимодействия электромагнитного излучения с заряженными частицами во внутренней магнитосфере Земли и контроль за техногенными воздействиями на магнитосферу и геофизические процессы. Полученные данные удастся использовать для количественной оценки поведения энергичных частиц в радиационных поясах, а также динамики магнитных возмущений, которые ощутимо влияют на здоровье людей. Эту область околоземного космического пространства иногда называют кухней космической погоды — именно здесь генерируются мощные токи, текущие вокруг Земли и приводящие к магнитным депрессиям на ее поверхности.

На конец 2008 года запланирован вывод на высокоэллиптическую орбиту с апогеем 350 тысяч километров — это почти равно расстоянию до Луны — космического аппарата «Спектр-Радиоастрон». Основная задача проекта — космическая радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой (речь о которой пойдет ниже). Однако почти 90% времени спутник будет находиться за пределами магнитосферы и послужит неплохим средством для изучения межпланетного пространства. Его модули будут изучать поведение межпланетного магнитного поля, а также потоков энергичных ионов и электронов. На похожую орбиту, только с меньшим удалением от Земли, предполагается вывести и спутник «Странник», оснащенный оборудованием для наблюдения за магнитными бурями. Он станет пересекать различные зоны магнитосферы и зондировать их состояние. Для мониторинга солнечного ветра могут быть запущены несколько микроспутников с солнечными парусами (проект «Клиппер»). За счет давления фотонов на парус им удастся ослабить действие солнечного притяжения и отойти от Земли на расстояние 3–4 млн. км, достигнув некоего аналога точки либрации для Солнца. В такой точке силы гравитации Земли и Солнца с учетом эффектов радиационного давления солнечного ветра уравновешиваются, и спутник может находиться на почти стабильной орбите в течение длительного времени. В результате о магнитных бурях удастся узнавать за 3–4 часа до их начала.

Солнце и солнечно-земные связи на разных этапах цикла солнечной активности изучают в программе «КОРОНАС» (от Комплексные орбитальные околоземные наблюдения Солнца). В 1994-м был запущен спутник «Коронас-И». Он проводил исследования в ионосфере в тот период, когда активность была в районе минимума. «Коронас-Ф», запущенный в 2001 году, исследовал максимум 23-го цикла. За время его полета получено около миллиона спектральных изображений Солнца, впервые определено абсолютное содержание некоторых элементов в его короне. Он же наблюдал глобальные колебания нашего светила и его внутреннее строение в диапазоне от гамма-лучей до видимого света. «Коронас-

Фотон» продолжит эту серию исследований. Наблюдая Солнце в гамма- и жестком рентгене, он изучит процессы накопления и трансформации энергии солнечных вспышек. Эти исследования помогут понять механизмы ускорения частиц на Солнце, поведение его самых активных областей и дадут дополнительную информацию о роли процессов на Солнце в глобальном потеплении. Эти данные помогут окончательно принять или отбросить гипотезу антропогенного влияния на климат. Понятно, что если потепление связано с процессами на Солнце, то для смягчения грозящей катастрофы нужно предпринимать совсем не те меры, что продиктованы Киотским протоколом.

Что касается исследований Солнца с близкого расстояния, то в России принят к реализации проект «Интергелиозонд». Космический аппарат предполагается отправить к светилу с использованием гравитационного маневра у Венеры. Он должен подойти к Солнцу на расстояние 30–40 его радиусов и повести исследования в видимом, ультрафиолетовом, гамма- и рентгеновском диапазонах. Этот проект будет работать скоординированно с проектом ЕКА «Сан орбитер».

### На пыльных тропинках далеких планет...

Отечественные аппараты очень давно, более тридцати лет, не летали на Луну. Не исключено, что в 2012 году этот перерыв закончится и к Луне полетит аппарат «Луна-Глоб». В его задачи будет входить поиск воды на дне затененных кратеров в районе полюсов, изучение внутреннего строения Луны и количественное исследование ее ядра. Планируется внедрение в поверхностные слои скоростных пенетраторов, которые сыграют роль сейсмических станций, а также позволят проанализировать строение глубинных слоев Луны. Эти измерения будут дополнены изучением аномалий гравитационного поля Луны, имеющих там магнитных локальных аномалий и слабой, но все же существующей у нашего спутника экзосферы.

Более отдаленный проект — создание на обратной стороне Луны радиоастрономической обсерватории нового класса. Дело в том, что магнитосфера Земли полностью экранирует радиоизлучение космоса на частотах менее 10 МГц. А в этом диапазоне удобно проводить самые

разные астрофизические исследования, от поиска экзопланет до изучения возмущений солнечного происхождения. Предполагается, что лунный радиотелескоп будет представлять собой поле приемников излучения, размещенных на площади в несколько десятков квадратных километров. Центральный узел станет собирать информацию, обрабатывать ее и передавать на Землю.

Последним относительно удачным отечественным проектом по исследованию планет Солнечной системы была запущенная в 1988 году экспедиция «Фобос». «Марс-96» из-за сбоя ракеты-носителя так и не вышел на траекторию полета к Марсу. Вскоре после этой аварии наступили времена хронического недофинансирования отечественных космических программ. Оставалось только участвовать в зарубежных проектах: российские специалисты внесли свой вклад в оснащение приборами американской экспедиции «Марс-Одиссей» и американских марсоходов, а также экспедиций ЕКА «Марс-экспресс» и «Венера-экспресс». Теперь же появилась возможность подготовить к 2009 году собственную межпланетную экспедицию — «Фобос-грунт». Основная цель — доставка на Землю 100 грамм грунта с Фобоса. Поскольку предполагается, что спутники Марса состоят из первородного вещества Солнечной системы, важность такой экспедиции для планетологии трудно переоценить. На космическом корабле будет установлена китайская автоматическая станция для изучения плазменных параметров околосолнечного космического пространства, своего рода изучения марсианской космической погоды. Кроме того, есть план сотрудничества с ЕКА: посадочный модуль на Фобосе может послужить неплохим ретранслятором для передачи информации с тяжелого марсохода, с помощью которого европейцы во время экспедиции «Экзомарс» собираются искать следы былой жизни в марсианском грунте. В случае удачи «Фобос-грунта» за ним последуют десанты отечественных марсоходов, а затем и экспедиция «Марс-грунт».

Советской науке принадлежит несомненный приоритет в исследованиях Венеры. В 1967 году станция «Венера-4» послала первые сигналы на Землю с этой планеты. Исследования, проведенные станциями «Венера-6», «Венера-7» и «Венера-8» позволили установить главные характеристики ее атмосферы; оказалось, что эта планета со-

всем не похожа на Землю, а многочисленные писатели-фантасты, рассказывавшие о прогулках под вечным венерианским дождем, сильно ошиблись. В 1975 году начались исследования Венеры с помощью посадочных аппаратов, которые передали первые фотографии ее поверхности в районах посадки. Самые сложные задачи выпали на долю автоматических станций «Вега-1» и «Вега-2». Прежде чем отправиться на встречу с кометой Галлея, они взяли курс на Венеру и скинули на нее как обычные посадочные модули, так и аэростатические зонды. Эти зонды позволили построить горизонтальный профиль метеорологических характеристик и экспериментально обнаружить явление суперротации венерианской атмосферы.

Затем в исследованиях Венеры наступил перерыв, который длился до 2005 года, когда к этой планете долетела станция ЕКА «Ве-

*Так макет аппарата «Фобос-грунта» выглядел на посвященной 50-летию начала космической эры выставке в ИКИ РАН*



нера-экспресс», собранная в целях экономии из дублирующих модулей «Марса-экспресс». Эта станция обнаружила много нового в поведении венерианской атмосферы, и сейчас участники проекта, в том числе российские ученые, обрабатывают полученные данные.

В Федеральную космическую программу на 2006–2015 годы включен проект «Венера-Д» — создание космического комплекса для детального исследования атмосферы и самой планеты в течение достаточно длительного времени. Все предыдущие посадочные аппараты смогли выдержать высокие венерианские температуры и давления не более полутора часов. В посадочном модуле «Венеры-Д» будет стоять специальная электроника, способная работать при температуре 300°C — ведь за бортом 500°C и высокое давление. Не исключено, что проект удастся совместить с проектом исследований Венеры, представленным в ЕКА. Тогда в состав полезной нагрузки космического корабля войдут европейский орбитальный модуль, созданный на базе «Венус-Экспресс», российский посадочный модуль для исследования поверхности и европейский аэростат для изучения верхних слоев атмосферы. Возможно, присоединятся и японские исследователи, которые хотели бы с помощью низколетящего аэростата заглянуть в слой атмосферы под облаками, где уже весьма жарко. Вся экспедиция должна будет улучшить понимание эволюции Венеры и ее климата и сопоставить с аналогичными процессами на Земле. По мнению многих планетологов, Венера в прошлом вполне могла быть полным аналогом Земли, однако случившееся на ней катастрофическое потепление перевело планету в нынешнее горячее состояние. Определить, так это было или нет, — весьма важно для понимания будущего нашей планеты. Российские приборы будут участвовать и в проекте ЕКА по исследованию Меркурия.

Полеты отечественных экспедиций на периферию Солнечной системы, к планетам-гигантам, в пояс Койпера, возвращение на Землю образцов вещества астероидов и комет — все это технически возможно уже сейчас, однако воплотиться в реальность такие проекты смогут в более отдаленном будущем. Впрочем, принятие политического решения об освоении Марса или развертывании обитаемой лунной базы может внести в планы этого будущего серьезные коррективы.

## **А звезды тем не менее чуть ближе, но все так же холодны...**

Открытый космос — прекрасное место для изучения Вселенной. Ничто — ни магнитные, ни тепловые поля, ни атмосфера — не мешает установленным там телескопам принимать сигналы из самых далеких уголков пространства. Более того, вывод телескопов в космос породил новые виды астрономии — в гамма- и рентгеновском диапазонах, и эта космическая астрономия за три десятка лет фактически изменила картину окружающего нас мира. Создание рентгеновской астрономии было отмечено в 2002 году Нобелевской премией по физике.

Первую полноценную астрофизическую обсерваторию советские ученые получили в 1983 году. Этот космический аппарат, «Астрон», созданный на базе станции «Венера», имел на своем борту ультрафиолетовый телескоп с зеркалом диаметром 90 см и рентгеновский телескоп. С 1987 года на борту станции «Мир» работала обсерватория «Рентген». Спустя два года на орбиту выведена новая обсерватория — «Гранат». В результате их работы был открыт вспыхивающий рентгеновский пульсар, про-



### **ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

слежены изменения периодов вращения многих десятков рентгеновских пульсаров, обнаружены десятки рентгеновских всплесков от нейтронных звезд — барстеров, которые представляют собой следы взрывоподобных процессов, возникающих при падении массивных объектов на поверхность этих звезд.

Сейчас наши ученые работают над несколькими проектами космических обсерваторий. Первый из них — упомянутый выше «Спектр-Радиоастрон» — должен быть запущен в 2008 году. Цель проекта — создать наземно-космический радиоинтерферометр. В космосе будет находиться спутник с 12-метровой параболической антенной, а на Земле — сеть крупнейших радиотелескопов. Получится гигантский радиотелескоп с диаметром антенны, равным высоте орбиты спутника. В результате разрешающая способность составит стотысячные доли секунды, что позволит внимательно разглядывать активные ядра галактик, а также квазары.

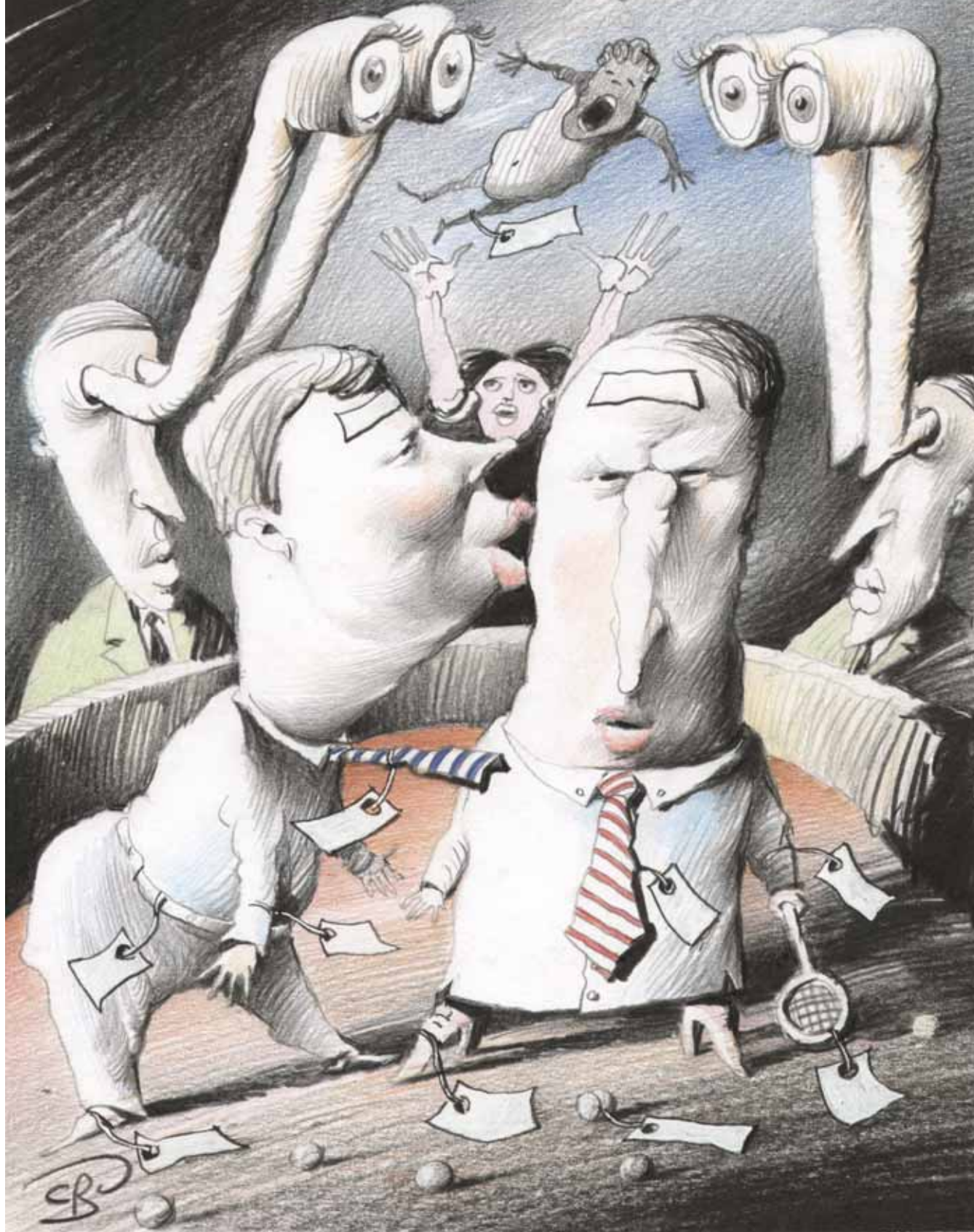
Еще одна обсерватория, «Спектр-УФТ», отправится в космос в 2010 году. Этот российский телескоп будет видеть объекты, яркость которых в 20 раз меньше, чем способен видеть знаменитый телескоп «Хаббл». Кроме того, «Спектр-УФТ» отправят на очень вытянутую орбиту, с апогеем 300 тысяч километров, и Земля почти не будет загромождать от него космос. «Хаббл» же половину времени проводит в тени планеты.

Не исключено, что в 2011 году будет наконец реализован задуманный двадцать лет назад проект обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма». Хотя основная научная аппаратура для нее была уже сделана, из-за проблем с финансированием, возникших в начале 90-х годов, смонтировать и запустить спутник не удалось. Потом к проекту подключилось ЕКА, и проект назвали «Спектр-РГ/eROSITA/Lobster». Слово «Спектр» осталось в память о космической платформе, изначально планировавшейся для базовой обсерватории. Основная задача спутника — выполнить широкий обзор неба в большом диапазоне энергий с использованием рентгеновских телескопов, строящих изображение. Ожидается, что в ходе обзора удастся обнаружить скрытую популяцию из 100 тысяч сверхмассивных черных дыр. Потом будут выполнены глубокие обзоры в направлении полюсов Галактики, что приведет к обнаружению около 50 тысяч неизвестных галактик и позволит провести детальные исследования некоторых из них. Цель: изучение природы темной энергии и темной материи, которая представляет собой одну из наиболее важных фундаментальных проблем современной науки.

Таковы основные идеи, над которыми работают наши ученые, занятые исследованиями Солнечной системы и дальнего космоса с помощью космических аппаратов. Насколько обоснованы их надежды на реализацию всех этих интересных проектов, покажет ближайшее время.







Художник С. Дергачев

# Изотопная экономика

Как ядерная энергетика будет развиваться в XXI веке? Настоящая статья основана на материале, который автор подготовил в результате глубокого исследования этого вопроса и опубликовал в 2006 году в американском журнале «Executive Intelligence Review». Это исследование не представляет собой попытку предсказать грядущие перемены, но сконцентрировано на наиболее интересных и характерных чертах грядущего развития ядерной энергетики и смежных отраслей. На первом месте среди них стоит революция в использовании изотопов и ядерных свойств вещества.



## Детище ядерной энергетики

В двадцать первом веке произойдет переход к использованию ядерных реакций в качестве основного источника энергии для мировой экономики. Не будем обсуждать этот тезис, а примем его как данность. На первом этапе перехода от углеводородной к ядерной энергетике основное внимание будет уделено созданию такого топливного цикла, который позволит утилизировать энергию не только урана, но и других видов ядерного сырья, например плутония и тория. Поэтому возникнет потребность в массовом разделении изотопов — без этого невозможно полностью утилизировать энергию ядерного топлива. Усилия по созданию таких производств приведут к появлению изотопной экономики, которая означает вовлечение в производство всего многообразия изотопов химических элементов. Сегодня их число превышает три тысячи. А значит, вместо Таблицы Менделеева с 92 стабильными элементами мы получаем гораздо более сложную Систему изотопов.

Поначалу внимание ученых и технологов будет сосредоточено на тысяче стабильных и долгоживущих изотопов. Потом, если будут отработаны физические методы увеличения периодов полураспада короткоживущих изотопов или даже стабилизации их, такие изотопы тоже могут приобрести экономическое значение. С другой стороны, число известных изотопов будет постоянно увеличиваться за счет синтеза сверхтяжелых ядер, а также необычных изотопов известных элементов. Каждый из них, обладая уникальным набором свойств, порой аномальных, принесет нам новые возможности.

Все перечисленное выше может показаться читателю научной фантастикой или в лучшем случае футурологией. На самом деле изотопная экономика уже находится на этапе становления — это не будущее, а настоящее.

## Ядерный реактор как атомная фабрика

При изотопной экономике в массовых масштабах осуществляется трансмутация элементов — производство изотопов для нужд промышленности. Сейчас такая трансмутация происходит в ядерных реакторах, поскольку реакция ядерного деления, начавшись с единственного тяжелого изотопа,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  или  $^{232}\text{Th}$ , дает широкий спектр различных изотопов почти всех элементов Периодической таблицы. Прежде всего это легкие изотопы — продукты деления. В реакторе возникает и инструмент трансмутации — потоки нейтронов: попадая в ядра других элементов в окружающем реактор веществе, они могут переводить их в нестабильное состояние. Уже сейчас, регулируя спектр нейтронов, которые образуются при реакции деления, и изменяя состав топлива, можно влиять на состав продуктов деления.

Именно в этом направлении — производство изотопов и получение электроэнергии в качестве дополнительного продукта — и будет развиваться ядерная энергетика. Экономическое значение изотопов, которые производят с помощью ядерных реакторов, в каком-то смысле уже пре-

восходит ценность попутно созданной электроэнергии. В частности, отработанное ядерное топливо представляет собой источник ценных металлов. Помимо большого количества радиоактивных изотопов и ядерного топлива вроде  $^{239}\text{Pu}$ , в который превращается под нейтронным облучением  $^{238}\text{U}$ , ядерные реакторы дают немало промышленно важных металлов, таких, как палладий, родий и рутений. Доказано, что извлечение этих металлов из отработанного топлива для катализаторов, специальных сплавов и коррозионно-прочных материалов экономически оправдано, а их доля при полной переработке всего топлива, ежегодно извлекаемого из АЭС, составили бы значительную часть их мировой добычи из минералов. Отмечая, что их концентрация в топливе в десятков тысяч — миллионы раз выше, чем среднее содержание в земной коре, японские исследователи недавно заявили, что отработанное топливо — самая ценная среди известных человечеству руд.

Для того чтобы полностью использовать содержащийся в ядерных реакторах потенциал, нужно замкнуть ядерный топливный цикл. Это означает, что облученное топливо должно пройти полную химическую переработку: полезные изотопы извлечены, делящиеся изотопы отправлены в реактор, а нежелательные изотопы подвергнуты трансмутации либо в ускорителе, либо в специальных реакторах для сжигания ядерных отходов. Все это в деталях проработано в ядерных лабораториях мира, и часть технологий уже опробована в промышленных масштабах.

Например, существуют так называемые высокопоточные ускорители протонов. Помимо исследований в области ядерной физики, на подобных ускорителях с помощью протонных пучков проводят операции по удалению опухолей. Однако, направив поток быстрых нейтронов на вольфрамовую мишень, удастся получать мощный поток нейтронов. С его помощью можно исследовать материалы, а можно проводить трансмутацию макроскопических количеств вещества: таким методом делают некоторые изотопы для массовых медицинских исследований. Во многих лабораториях мира создают подобные системы трансмутации для переработки ядерных отходов — если в ядро долгоживущего радиоактивного изотопа добавить нейтроны, оно станет совсем нестабильным и быстро распадется. Одна-единственная система, состоящая из подкритического реактора для сжигания ядерных отходов с мощностью пучка протонов 20 МВт, способна переработать долгоживущие изотопы из топлива, собранного с 10 АЭС, и в результате их распада получится 800 МВт тепловой энергии!

Следующим шагом к изотопной экономике будет сочетание возможностей реакторов ядерного деления (в том числе реакторов на быстрых нейтронах) и ускорителей с термоядерным синтезом. В конце XX века термоядерная энергетика сильно продвинулась вперед. В 1997 году экспериментальный реактор ДжЕТ (Объединенный европейский тор) в английском Кулхэме с помощью термоядерного синтеза достиг мощности более 16 МВт энергии, удержав нагретую до 100 млн. градусов плазму в течение нескольких секунд. ИТЕР, Международный термоядерный экспериментальный реактор, который строят во Кадараше (Франция), должен достичь средней мощности 500 МВт за один шестиминутный импульс, которые станут следовать каждые полчаса. Огромные потоки нейтронов, возникающие при реакции дейтерия с тритием в термоядерном реакторе, позволят гораздо быстрее осуществлять трансмутации различных элементов или превращать те же  $^{238}\text{U}$  или  $^{232}\text{Th}$  в топливо для ядерных реакторов.

## Трансмутация, контролируемая лазером

Достиженные за последние пять лет успехи в создании мощных фемтосекундных и рентгеновских лазеров позволяют инициировать трансмутацию элементов непосредственно с помощью когерентного света. Некоторые из настольных лазеров, которые ныне имеются в большинстве уважающих себя физических лабораторий, могут создавать огромные плотности энергии в коротких импульсах: до  $10^{19}$  Вт/см<sup>2</sup>. Этого хватает, чтобы возбуждать в веществе гамма-излучение или разгонять заряженные частицы до энергий, достаточных для инициации ядерных реакций. Иначе говоря, с помощью настольной лазерной установки можно проводить эксперименты, для которых совсем недавно требовались огромные ускорители.

Например, с использованием крупного лазера «Пета-ватт» сотрудникам Ливерморской лаборатории в 1999 году удалось вызвать распад ядра <sup>238</sup>U. Однако вскоре в Йенском университете им. Фридриха Шиллера этот опыт повторили с настольным лазером. Эксперимент с большим английским лазером «ВУЛКАН» показал, что импульсами можно превратить долгоживущий <sup>129</sup>I (период полураспада 1,5 млн. лет) в короткоживущий <sup>128</sup>I с периодом 25 минут. Подобные методы, если они достигнут совершенства, окажутся действенным способом дезактивации отработанного топлива. Уменьшение длины волны излучения лазера существенно повышает эффективность таких фотоядерных реакций, а еще не созданный гамма-лазер, видимо, совершит в этой области революцию.

## Разделение изотопов

После того как трансмутация проведена, изотопы надо разделить. Технология разделения изотопов, ранее монополизированная оружейниками, в конце XX века претерпела революционные изменения. Прорыв, связанный с лазерным и плазменным разделением изотопов, в том числе плазменная центрифуга, ионный циклотронный резонанс и другие, обещает огромные преимущества. Обычные методы, такие, как высокоскоростные центрифуги, диффузионные процессы или электромагнитное разделение, были усовершенствованы, и сейчас их можно применять для гораздо большего числа изотопов. Кроме того, окончание холодной войны высвободило для гражданских нужд военные мощности, предназначенные для разделения изотопов как в США, так и в СССР. Это не только увеличило ассортимент имеющихся на рынке изотопов, но и снизило их стоимость, а также позволило искать для них новые приложения.

Разработка термоядерного реактора делает возможным создание так называемого плазменного факела. Используя удерживаемую магнитным полем плазму, можно разделить на изотопы любое вещество. Такая технология обеспечивает полностью безотходное производство: абсолютно все бытовые и промышленные отходы можно будет разложить на составляющие атомы, разделить их на группы, собрать по отдельности и применить по назначению. Человек научится создавать необходимые ему атомы, причем порой в количестве, гораздо большем, чем можно получить из природных источников. Параллельно с производством химических элементов будет развиваться технология переработки руд с помощью высокотемпературной плазмы; в результате резко вырастет перечень полезных ископаемых.

Поскольку плотность энергии плазмы может быть очень большой, она оказывается абсолютным растворителем. Любое вещество, попав в достаточно нагретую плазму, распадется на ионы и электроны. А далее эти ионы можно разделить в сепараторе. Самый известный способ —

центрифуга: изотопы разной массы вращаются с разной скоростью и разделяются по фракциям. Управляющее магнитное поле способно раскрутить плазму в кольце реактора до скоростей в тысячи раз больше, чем в механической центрифуге, обеспечивая несравнимо более качественное разделение, и такие плазменные центрифуги уже созданы. В будущем разделение изотопов будет проходить также с использованием электромагнитных полей или возбуждения волновых и вращательных движений непосредственно в плазменном жгуте.

В США обсуждают первые приложения принципов плазменного факела для утилизации радиоактивных веществ, которые накопились в хранилищах за полсотни лет производства ядерного оружия. Этот экспериментальный факел будет снабжен внешним источником энергии, а после создания промышленного термоядерного реактора переработка отходов и разделение изотопов будут происходить одновременно с выработкой электроэнергии.

## Изотопные материалы

Сейчас и производство изотопов, и потребность в них растут по экспоненте, что вызвано медицинским использованием радиоактивных изотопов. Только в США за год проводят 10 миллионов диагностических процедур такого рода. В будущем изотопы понадобятся для тонкого влияния на самые разные физические процессы, причем как в неживой природе, так и в живых организмах. Прежде всего речь идет о различиях в массах изотопов и в магнитных свойствах их ядер, от которых зависят сверхтонкое взаимодействие и ядерный магнитный резонанс.

Возможности, которые открывает перед нами химия разных изотопов, значительно превосходят число таких изотопов. Возьмем, например, органическую молекулу, каркас которой состоит из четырех несимметрично расположенных атомов углерода. Если учесть, что каждое место из этой четверки может быть занято либо <sup>12</sup>C, либо <sup>13</sup>C, получаем 16 вариантов, которые, обладая одинаковой структурой, будут различаться своими тонкими магнитными и другими свойствами. Добавив долгоживущий изотоп <sup>14</sup>C, получаем уже 81 вариант. В этой молекуле содержится десять атомов водорода. Они тоже могут быть представлены двумя стабильными изотопами, что резко увеличивает число вариантов.

«Изотопно сконструированный материал», синтезированный из чистых изотопов или определенного их набора, будет обладать иными свойствами, нежели те примитивные материалы, которые человек использует сегодня. Например, оказавшись в узле кристаллической решетки, атом иного изотопа, обладая отличной от окружающих атомов массой, будет колебаться с другой частотой. В результате моноизотопный материал имеет совершенно необычный, «когерентный» спектр колебаний атомов, чего невозможно добиться от материала, составленного из разных изотопов. Например, моноизотопный кремний, над получением которого работают во многих лабораториях мира (см. «Химию и жизнь», 2000, № 1), дает возможность преодолеть проблему отвода тепла от мощных микросхем: изотопно-чистые структуры из кремния, а также углерода и других элементов могут обладать гораздо более высокой теплопроводностью, нежели природные вещества. Другой пример — алмаз, составленный из <sup>13</sup>C: его твердость больше, чем у обычного.

Не исключено, что изотопно-чистые материалы сыграют важнейшую роль в получении новых форм ядерной энергии, создании сверхкоротковолновых источников когерентного излучения, например гамма-лазеров, или разработке материалов с горячей сверхпроводимостью.





С другой стороны, человечество стоит на пороге революции в биологии и медицине. Она будет связана с пониманием того обстоятельства, что существенное различие процессов в живой и неживой природе, на которое указывали Луи Пастер и В.И.Вернадский, проявляется себя и на субатомном уровне. Хотя сейчас нельзя предсказать, какую форму примет эта революция, вполне можно утверждать, что она будет связана с той ролью, которую играют различные изотопы в жизненных процессах. За этим последует принципиальное изменение в масштабах использования изотопов не только в биологии и медицине, но и в сельском хозяйстве. Например, весьма вероятно, что, контролируя изотопный состав питания растений, животных и людей, человечество получит значительные выгоды и в не очень отдаленном будущем на полках магазинов появятся изотопно-обогащенные продукты. (Подробнее об этом см. следующую статью. — *Примеч. ред.*).

## Роль изотопов для жизни

Жизнь на Земле неразрывно связана с ядерной энергией. Не говоря о том, что почти все атомы, которые есть в живых организмах, образовались в результате реакций внутри звезд, самим своим существованием биосфера обязана теплу Солнца, а оно есть продукт ядерного синтеза. Однако есть и еще один вид связи — открытое А.Л.Чижевским «живое эхо солнечных бурь», влияние Солнца на биосферу через ничтожные по своей величине магнитные поля. Заметив такую связь на астрофизическом уровне, посмотри, как она проявляется на микроуровне.

После того как изотопы были открыты, предпринималось немало усилий по изучению их роли в жизни организмов. Ранние работы показали, что содержание разных изотопов в живых организмах характерным образом отличается от их соотношения в окружающей среде. Различие это невелико, на уровне одной тысячной, и сопоставимо с изотопным обогащением, которое геологи обнаруживают в минералах. Если не рассматривать изотопы, обладающие сильной радиоактивностью, живые организмы, как кажется на первый взгляд, очень слабо различают изотопы; именно это обстоятельство позволяет с помощью меченных изотопами веществ изучать пути метаболизма. Единственное исключение — дейтерий. Будучи вдвое тяжелее водорода, он обладает иными химическими свойствами. Поэтому, например, млекопитающие, потребляющие только дейтерированную воду, быстро умирают. Что же касается бактерий, то их можно приучить к жизни в тяжелой воде и через некоторое время все атомы водорода в них заменяются на дейтерий.

Следует ли отсюда вывод, что изотопы не играют прямой роли в жизненных процессах? Ни в коем случае. Чтобы увидеть их влияние, надо отказаться от статистического подхода. Ключом служат магнитные свойства ядра, которые

принципиально отличны у разных изотопов. Этим обстоятельством пользуются в таком широко распространенном методе исследования, как ядерный магнитный резонанс.

Сигнал, который изучают в ЯМР-приборе, получается в результате взаимодействия ядер данного вещества с магнитным полем, создаваемым магнитными катушками вокруг образца, и микроволновым импульсом, который возбуждает ядерные колебания. Этот сигнал зависит, с одной стороны, от магнитного момента ядра, а с другой — от так называемого сверхтонкого взаимодействия между ядрами и электронами в их окружении, что связано с квантовым свойством — спином. Спин и магнитный момент данного ядра зависят от его нуклонного состава, поэтому магнитные свойства разных изотопов одного и того же химического элемента могут сильно отличаться.

Было бы странно, если бы столь хорошо организованный механизм не нашел своего места в живых существах. В самом деле, есть данные о чувствительности процессов в живых организмах к постоянному и переменному магнитным полям, есть даже целые области биофизических исследований — магнитобиология и биомагнетизм. Однако до сих пор ясности в этом вопросе нет.

Одна из причин — чрезвычайно низкий уровень магнитных сил, которые обычно связаны с магнитными моментами ядер. Электрические силы, приводящие к химическим реакциям, гораздо сильнее и, как предполагается, не зависят от связанного с изотопами магнетизма. Магнитный момент ядра в тысячу раз слабее, чем тот, что вызван движением электронов. Чтобы получить распознаваемый сигнал от ядра, в ЯМР применяют поля, которые в 20—30 тысяч раз сильнее магнитного поля Земли.

Однако история науки неоднократно доказывала, что слабейший эффект, который никто не замечает, как раз и определяет ход того или иного процесса. Так получается и с влиянием магнитных полей ядер на процессы в живых организмах.

В 2005 году академик А.Л.Бучаченко с коллегами опубликовал в «Proceedings of the National Academy of Sciences» статью, в которой рассказано о проявлении магнито-изотопического эффекта в синтезе АТФ, главного энергоносителя организма. Приведем несколько цитат из этой статьи:

«В одной из своих блестящих статей Вебер и Сениор указывали, что, несмотря на значительный прогресс в нашем знании структуры и нашем понимании молекулярной динамики и функционирования ферментов, которые связаны с синтезом АТФ, химический механизм ее фосфорилирования остается загадочным. «Наше понимание синтеза АТФ на уровне молекул остается рудиментарным», — писали они... Ключевая реакция образования обладающей высокой энергией связи  $O-P-O$  остается неясной... В области химии ферментативных реакций все идеи скорее можно рассматривать как предположения... Однако не исключено, что понимание механизма следует из недавно обнаруженного необычного явления: зависимости фосфорилирующей активности ферментов от изотопов магния.

# Дейтериевая ЖИЗНЬ

С.Анофелес



Этот необычный эффект был обнаружен для креатин-киназы и АТФ-синтазы. Скорость синтеза АТФ с помощью ферментов, содержащих ион  $^{25}\text{Mg}^{2+}$  (ядерный спин 5/2, магнитный момент 0,855 магнетонов Бора), оказалась в два-три раза выше, чем в случае не обладающих ядерным спином  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  и  $^{26}\text{Mg}^{2+}$ . Это открытие свидетельствует, что ферментативное фосфорилирование представляет собой ион-радикальный, электрон-спин-селективный процесс, в котором ион  $\text{Mg}^{2+}$  ведет себя как радикал».

Далее в статье приводятся данные о том, что фосфоглицерат-киназа с магнитным изотопом магния также дает скорость реакции в 2,6 раза выше, чем с немагнитным. Анализ этих данных показывает: дело именно в разном спине ядра, а не в кинетических факторах, связанных с различием масс изотопов. Таким образом, открытие изотопического эффекта в синтезе АТФ оказывается продолжением давних идей академика Бучаченко о зависимости скорости реакций от спина реагентов, или спиновой химии (см. «Химию и жизнь», 2005, № 3).

Необходимо отметить, что процитированная работа по магнито-изотопическому эффекту представляет собой лишь одно, хотя и многообещающее, направление исследования роли изотопов в жизненных процессах. Однако из нее мы видим, что в живых организмах мельчайшие изотопические сдвиги, которые в неживой природе будут совершенно незаметны, могут играть определяющую роль в событиях, происходящих на макроуровне. Поэтому спиновая химия живых организмов — это огромное поле исследований, результатом которых, возможно, станет методика управления процессами в живых организмах с помощью изотопов.

## Вселенский человек

Создание изотопной экономики неразрывно связано с развитием астрофизики и требует экспансии человечества по крайней мере в пределах Солнечной системы. Чтобы грамотно использовать субатомные процессы на Земле, нужно обязательно понять, как они работают на галактической шкале пространства-времени. Кроме того, мы должны гораздо лучше понимать предысторию Солнечной системы и происхождение присутствующих в ней химических элементов и изотопов. Для этого необходимо создать в космическом пространстве большую сеть обсерваторий, способных проводить исследования объектов как в нашей Галактике, так и за ее пределами с точностью, которая значительно превосходит нынешнюю. Для этого масштаб сети телескопов должен быть порядка размера орбиты Марса или больше.

Столь значительные исследования Вселенной невозможно проводить без развитой производственно-транспортной инфраструктуры в космосе, в которой особая роль будет принадлежать постоянным поселениям на Луне и Марсе. С другой стороны, чтобы создать такую инфраструктуру, нужен «квантовый скачок» в общей производительности труда, который заложен в самой по себе изотопной экономике. Например, необходимое для нее освоение термоядерных процессов позволит создать термоядерный двигатель. А с его помощью время перелета с околоземной орбиты на Марс сократится до пары недель.

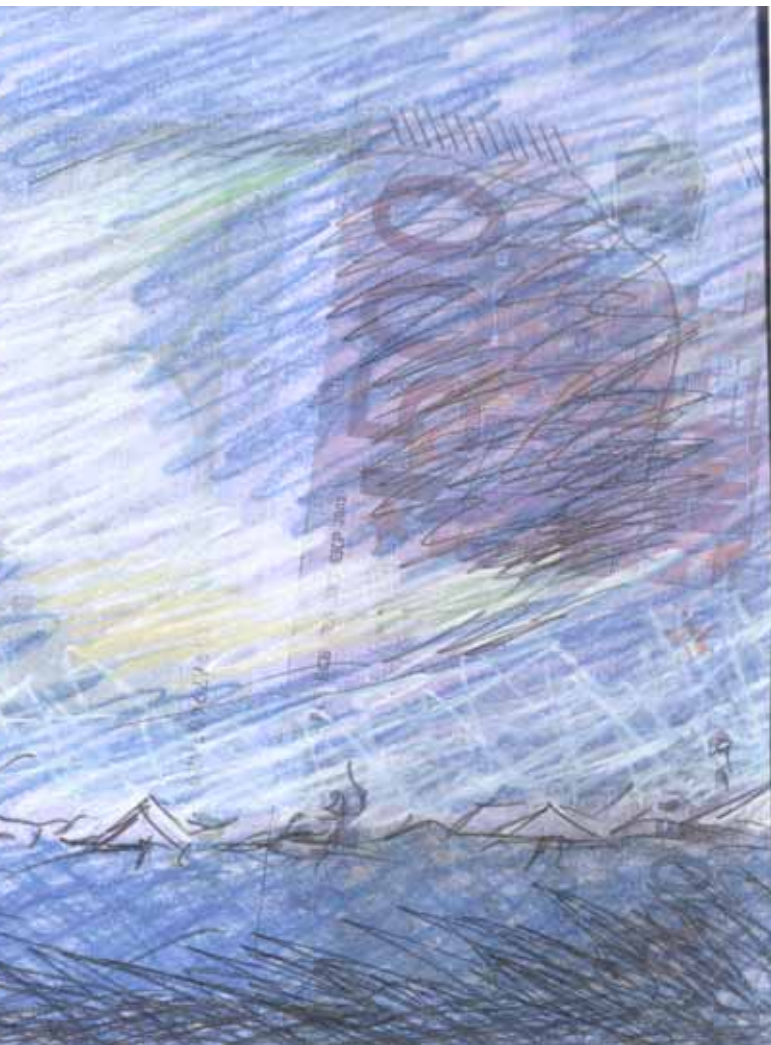
С созданием изотопной экономики человеческая деятельность впервые перестанет сводиться лишь к перераспределению имеющихся химических элементов. Человек сам научится изготавливать новые элементы, обеспечит их замкнутый круговорот в процессе производства и фактически, повторяя происходящие в звездах процессы, выйдет на астрофизический уровень; станет поистине вселенским существом, а не обитателем планеты Земля.



**В**озможно, первое применение в биологии идей изотопной экономики будет связано не с упоминаемым автором предыдущей статьи магнито-изотопическим эффектом, а с зависимостью скорости реакции от массы изотопа. А наиболее сильно эта зависимость выражена у изотопов водорода: все-таки разница масс протия и дейтерия — двукратна, и это не может не сказываться на спектре колебаний атомов в молекуле и энергии связи. У других элементов, составляющих основу живых организмов, — углерода, кислорода и азота, — различие между массами стабильных изотопов не превышает 10%. Именно с помощью дейтерия предлагает защищать всевозможные биополимеры от окисления бывший сотрудник Института биологической химии им. академика М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН, затем Оксфордского университета, а ныне руководитель компании «Retrotop» М.С.Щепинов. Ход его рассуждений таков.

Согласно одной из гипотез, причиной старения служит постоянно идущее окисление клеточных структур свободными радикалами. Наиболее опасен этот процесс в митохондриях, поскольку при гибели митохондрии выделяются вещества, способствующие апоптозу клетки. Кроме того, радикалы могут напрямую повреждать различные структуры в клетке — от мембран до ДНК. Причем силы противодействия (а на каждый свободный радикал и подобный ему окисляющий агент вроде перекиси





Художник Г. Гоннаров

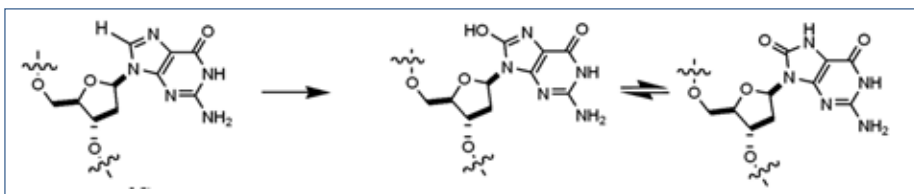


**ГИПОТЕЗЫ**

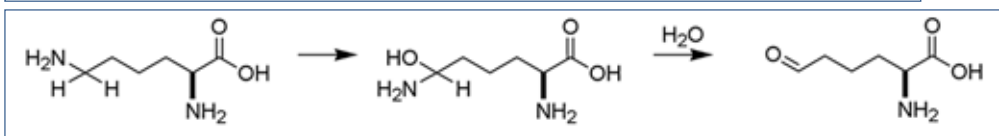
водорода в организме есть нейтрализующий его фермент) не всегда справляются со своими обязанностями, и средства ремонта той же ДНК порой не могут полностью устранить неполадки. Эксперименты показывают, что, например, у людей старше 85 лет количество окисленных нуклеотидов в молекулах ДНК составляет около одного процента, а это очень много.

Впрочем, окислить аминокислоту, нуклеотид или жирную кислоту мембраны можно отнюдь не в любом месте. В каждой молекуле есть одно-два слабых звена. Во многих случаях лимитирующей стадией оказывается отделение от молекулы атома водорода в определенном положении и замена его на гидроксильную группу, если речь идет именно об окислении, а не о действии какого-нибудь иного радикала (хотя азотный радикал тоже начинает с отщепления атома водорода). Другие слабые места – участки с двойной связью C=C или C=N.

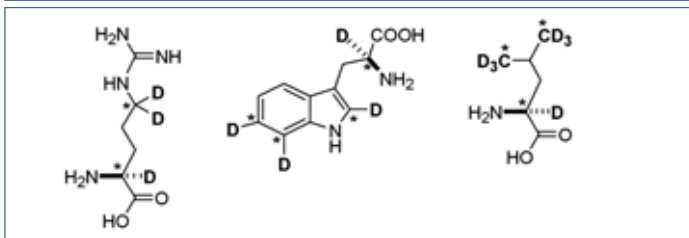
«Аминокислоты, в которых дейтерий и <sup>13</sup>C заменяют обычный водород и <sup>12</sup>C, должны быть более устойчивы к действию окислителей. Однако замену нужно проводить только с теми атомами водорода, которые наиболее чувствительны к окислителям: так удастся свести к минимуму риск нарушения других процессов метаболизма. То же самое касается нуклеотидов и жирных кислот», –



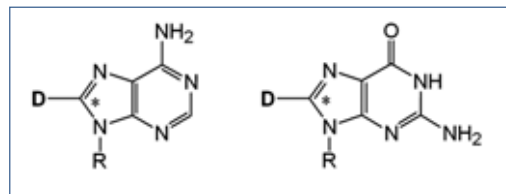
*Окисление свободного лизина*



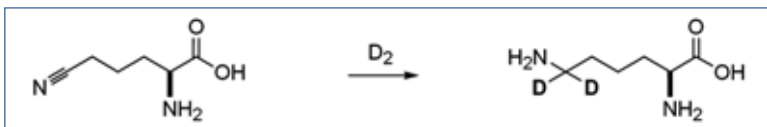
*Окисление пуриновых оснований молекулы ДНК*



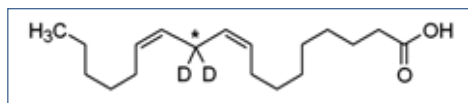
*Примеры аминокислот (аргинина, трипсина и валина), в которых наиболее уязвимые позиции защищены с помощью тяжелых изотопов водорода и углерода (помечено звездочкой)*



*Так выглядят защищенные версии азотистых оснований ДНК: аденина и гуанина*



*Реакция создания дейтерированного лизина*



*Защита дейтерием и тяжелым углеродом слабых мест входящей в мембраны клеток линолевой кислоты*



пишет М.С.Щепинов в статье, опубликованной в журнале «Rejuvenation Research» (2007, т. 10, №1).

По его мнению, осуществить процедуру дейтерирования не очень трудно. Например, для создания дейтерированных в нужном месте лизиновой и аргининовой кислот нужно взять в качестве предшественника соответствующее нитрильное соединение, дейтерировать его, а потом превратить в кислоту стандартным способом.

Для жирных кислот, которые составляют мембраны клеток и митохондрий, основной враг – гидропероксил-радикал  $\text{HO}_2\cdot$ . Причем, по некоторым сведениям, этот радикал зарождается непосредственно в мембране митохондрии или на ее поверхности. Наиболее подвержены его действию метиленовые группы 1,4-диеновой системы молекул жирных кислот. Именно такие места и следует защитить с помощью дейтерия.

Эту операцию можно проделать отнюдь не со всеми жирными кислотами. Например, многие медиаторы-про-

станоиды (простагландины, тромбоксаны, лейкотриены и прочие) получают из арахидоновой кислоты в результате удаления водорода именно из метиленовой группы. Помещение туда дейтерия может испортить отлаженный механизм.

К сожалению, существует не так уж много работ, по которым можно составить однозначное представление о том, в какой степени введение дейтерия изменяет скорости биохимических реакций. Одна из них – статья Стига Дамгаарда из Копенгагенского университета, опубликованная в журнале «Biochemistry» за 1981 год. В ней было показано, что скорость превращения дейтерированного этанола в ацетальдегид в печени крысы почти в три раза меньше, нежели у обычного спирта. Сведения о двукратном изменении скорости можно найти и для некоторых реакций с нуклеотидами, однако различные свободные радикалы в различных условиях и вести себя будут непохоже. Поэтому полного представления о том, насколько эффективна защита биопо-

## Тяжелая вода и жизнь

При работе с тяжелой водой как будто попадаешь в совершенно иную Вселенную. Вроде все как в нашей – нормальной, но все не так... Приведенный ниже небольшой обзор позволит и не очень знакомому с темой читателю убедиться в этом.

### Тяжелая вода и микробы

Одно из первых сообщений о биологическом влиянии тяжелой воды появилось еще в 1934 году, то есть через год после открытия этого соединения. Было обнаружено, что концентрированная  $\text{D}_2\text{O}$  (>90ат.% D) остается стерильной, несмотря на попадание в нее микробов из пыли и воздуха. Тогда был сделан вывод о губительном влиянии дейтерия на микроорганизмы.

Подробные исследования показали, что эффект замедления роста микроорганизмов тем сильнее, чем выше содержание  $\text{D}_2\text{O}$  в среде. Впрочем, гораздо позже было показано, что при низких концентрациях (0,1–2%) тяжелая вода может стимулировать рост культур.

В последующие годы много исследовали влияние дейтерия на различные виды бактерий. В результате подтвердилось, что на средах с  $\text{D}_2\text{O}$  увеличивается время генерации, протяженность лаг-фазы, а выход микробной биомассы снижается. Многие исследователи отмечают изменения в морфологии клеток, происходящие на средах с  $\text{D}_2\text{O}$ : образование почковидных формаций у возбудителя тифа *Eberthella typhosa*, переход от грамположительности к грамотрицательности у молочнокислых бактерий, существенное увеличение размеров клеток (от 0,2 до 13 мкм) *Azotobacter agilis*, изменения формы и размеров клеток энтеробактерий, кишечной палочки и хлореллы. В то же время было

показано отсутствие мутагенного эффекта у всех исследуемых микроорганизмов.

Другие исследования показали, что, отбирая адаптированные формы, можно преодолеть цитостатическое действие тяжелой воды на микроводоросли. Наиболее важным результатом этого этапа изучения жизни в тяжелой воде стало обнаружение следующего интересного и полезного факта: экстракты клеток водорослей, выращенных на  $\text{D}_2\text{O}$ , прекрасно стимулируют рост микроорганизмов на средах с максимальными концентрациями  $\text{D}_2\text{O}$ . Это открытие позволило успешно культивировать *Bacillus tiberius*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *Hemophilus influenzae*, *Rhodospirillum rubrum* и основные штаммы *E. coli* на полностью дейтерированных средах. При приготовлении таких ростовых сред использовались высококонцентрированная  $\text{D}_2\text{O}$  и экстракты дейтерированной биомассы водорослей в качестве источника углерода.

Первые исследования изотопных эффектов дейтерия  $\text{D}_2\text{O}$  с эукариотическими микроорганизмами были проведены на культурах дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis* и грибов *Aspergillus niger* и *Penicillium janczewskii*.

Основной новый вывод, сделанный к моменту завершения данного этапа исследований (60-е годы), – это представление о том, что для каждого микроорганизма, для каждой метаболической или физиологической системы действие тяжелой воды может ока-

заться совершенно непредсказуемым. Например, уровень синтеза каротина на средах, содержащих  $\text{D}_2\text{O}$ , у одних культур повышался, у других – полностью блокировался, по-разному проходило спорообразование у разных культур грибов при разных концентрациях  $\text{D}_2\text{O}$  и т.д.

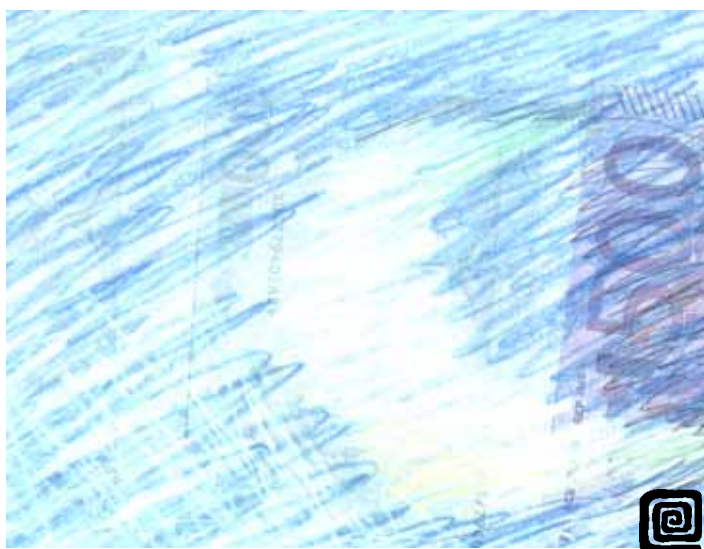
Таким образом, накопленные знания привели к двум последствиям. С одной стороны, «несистемное» действие тяжелой воды на биологические объекты вызвало заметное снижение интереса к исследованиям. С другой стороны, возможность культивирования микроорганизмов на средах с максимальными концентрациями дейтерия подсказывала, как получать дейтерированные аналоги различных биологически активных соединений для разнообразных вариантов научного и практического использования.

### Стабилизация органических молекул

Существенные различия в физико-химических свойствах природной и тяжелой воды проявляются и при взаимодействии с молекулами биологически активных соединений. Еще в 1960 году было отмечено особое свойство  $\text{D}_2\text{O}$  – усиливать стабильность органических молекул, макромолекул, вирусов и вакцин. Это свойство сейчас широко используется, когда возникают проблемы с хранением терапевтических субстанций в полевых условиях, где не всегда есть электричество и холодильник. Существуют рекомендации по использованию тяжеловодных растворов для хранения трансплантируемых органов, тканей, а также белков, в том числе ферментов, препаратов сывороток и крови, культур микроорганизмов.

лимеров с помощью дейтерия, пока что составить нельзя. Возможно, по мере развития изотопной экономики будут получены более подробные данные о скоростях метаболизма различных дейтерированных соединений. Кроме того, нельзя упускать из виду и то обстоятельство, что неверный выбор места для дейтерирования той или иной жизненно важной молекулы может привести к крайне негативным последствиям для всего организма. Чтобы разобраться с этим, понадобится отдельное направление исследований.

Для массового производства дейтерированных соединений, можно воспользоваться микроводорослями, выращивая их в тяжелой воде. Если потом из них готовить корм для рыб или птиц, дейтерированные аминокислоты и жирные кислоты, будучи незаменимыми, окажутся в их организмах, и таким образом изотопно-обогащенная пища имеет шанс оказаться на столе человека. Конечно, сперва нужно доказать, что она будет действенной защитой от старости.



## РАССЛЕДОВАНИЕ

В качестве свежего примера можно привести обстоятельное исследование стабилизирующего действия  $D_2O$  на белок микротрубочек — тубулин. Этот белок, играющий ключевую роль в процессах расхождения хромосом при клеточных делениях, весьма нестабилен в растворах. Помещение же тубулина в раствор тяжелой воды стабилизирует этот белок: при физиологической температуре в  $H_2O$ -буфере белок инактивируется полностью за восемь часов, тогда как в аналогичном  $D_2O$ -буфере снижение активности не превышает 20%.

Неоднократно было показано, что хранение макромолекулярных медикаментов в 95%  $D_2O$  равносильно снижению температуры хранения в  $H_2O$  на 4–5°C, уже при 7–25%  $D_2O$  заметно снижается денатурация белка. Вместе с тем тяжелая вода обнаруживает и криопротекторные свойства. Эта ее способность позволяет сохранять эритроциты и другие структурные компоненты крови и органов при температурах ниже –26°C. Тяжелая вода способна повышать стабильность белков и других макромолекул в клетках при высоких температурах. Однако изучение факторов, которые способны повысить стабильность живых вакцин при повышенной температуре (до 45°C), показало, что тяжелая вода обладает стабилизирующим действием только в узком диапазоне: около 90 ат.% D, pH 6,5.

### Микроводоросли как фабрики дейтерированных соединений

Микроводоросли были одним из модельных организмов для определения изотопного эффекта дейтерия тяже-

лой воды еще в первых экспериментах в середине тридцатых годов XX века. Существенно позже их стали рассматривать как источник индивидуальных дейтеросоединений.

Даже на частично дейтерированной среде у культур хлореллы обнаруживалось подавление фотосинтеза, но при этом возрастала способность накапливать аминокислоты и промежуточные продукты реакций цикла дыхания клеток. Возник вопрос: что следует считать причиной подавления процессов жизнедеятельности микроводорослей — собственно изотопный эффект дейтерия  $D_2O$  или эффект от действия на клетки дейтерированных метаболитов?

Ответ нашли японские ученые Университета Шизуока. Оказалось, что фиксацию  $CO_2$  ингибирует именно дейтерий  $D_2O$ -среды. Установили также, что у дейтероклеток равновесие между синтезом сахарозы (в цитоплазме) и крахмала (в хлоропластах) сдвинуто в сторону последнего, в отличие от протонированных клеток. Позже выяснилось, что причина «сверхсинтеза» дейтерокрахмала — резкое снижение активности некоторых ферментов в дейтерированных клетках. Дальнейшие исследования показали, что дейтероклетки содержат существенно меньше АТФ, хлорофиллов, каротиноидов, белков и липидов, чем обычные клетки. При этом относительный уровень ДНК и РНК в них одинаков.

Еще один вид микроводорослей — спирулина — довольно хорошо растет на высокодейтерированных средах. Эта особенность определила интерес к химическому составу биомассы спирулины, в частности к липидному составу. При изучении методами ЯМР и МС с использованием бомбардировки быстрыми атомами, а также обычными химическими методами было установлено, что биомасса, продейтериро-

ванная на 97,5%, содержит те же основные липиды, что и недедейтерированные клетки. Выделяемые дейтероллипиды могут быть использованы для получения искусственных высокодейтерированных мембран известного состава. Липосомы, приготовленные из этих липидов, уже используются в различных исследованиях. Еще в 1988 году была предложена биотехнологическая схема получения дейтероллипидов. Интересно отметить, что водоросль-продуцент рода *Neochloris* при росте на  $D_2O$  синтезировала гораздо больше целевого липида, чем на простой воде. Использование же дейтероллипидов в смазочных составах помогает преодолевать термическое разрушение — такие липиды более термостойки по сравнению с протонированными. В одном американском патенте предлагают получать дейтероглицерин из клеток микроводорослей различных представителей рода *Dunaliella*. Такой глицерин рассматривался как исходное вещество при синтезе акриловой кислоты ( $CH_2=CH-COOH$ ), используемой в производстве дейтерированных пластиков.

Итак, микроорганизмы, адаптированные к тяжелой воде, способны продуцировать множество разнообразных дейтерированных соединений. Микроводоросли как источник дейтерированных биологически активных соединений находят применение в научной и практической сферах. Масштабного производства каких-либо дейтерированных соединений с помощью микроорганизмов пока еще нигде нет. Однако, судя по лабораторным работам, нечто подобное может вскоре появиться.

Доктор биологических наук  
**Д.А.Складнев,**  
ГосНИИ Генетики



Художник Н. Колпакова

## Механические эффекты

Ну, во-первых, микрочастицы-порошинки возникают при различных операциях с компактным материалом. Во-вторых, при испарении брызг растворов солей полония (ускоренных тепловыделением). А в-третьих — это, в соответствии с традицией русских сказок, должно быть самое интересное, — они возникают друг из друга и из компактного материала «сами по себе». И скоро мы узнаем, как это происходит, а пока вернемся к нашим (хотя лучше бы, чтобы не нашим) порошинкам. Из практики работы с полонием известно, что его порошинки способны «сами» распространяться по помещению, ползти по полу. Об этом упоминал А.А.Вашман в статье «Полоний и тритий от Девятки» (журнал «Энергия», 1996, № 2). Возникает естественная мысль, что это «отдача» при вылете относительно массивных  $\alpha$ -частиц. Оценка показывает, что для частиц размером  $0,1-1-10$  мкм, в которых происходит соответственно  $1-10^3-10^6$  распадов в секунду, начальная скорость в результате «отдачи» составит величину порядка  $10^{-2}$  м/с— $10^{-5}$  м/с— $10^{-8}$  м/с. Тогда, пренебрегая сопротивлением воздуха, получаем, что смещения за один шаг составят  $5 \cdot 10^{-6}-5 \cdot 10^{-12}-5 \cdot 10^{-18}$  м. При соответствующих этим размерам частотах распада получим ограничения на скорость перемещения  $7 \cdot 10^{-6}-7 \cdot 10^{-9}-7 \cdot 10^{-12}$  м/с — пренебрежимо малые величины. Так что механические эффекты при вылете  $\alpha$ -частиц не обеспечивают подвижности порошинок. Увы... попробуем побороться к задаче с другого бока.

## Электрические эффекты

При вылете  $\alpha$ -частиц порошинка заряжается и начинает взаимодействовать с электрическими полями, имеющимися в помещении. Что это за поля? Самое слабое — естественное поле Земли, около  $3 \cdot 10^2$  В/м. Оно может быть экранировано проводящими стенами или металлической армату-

# Приключения горячей частицы

Жил да был атом полония-210, горя не знал, газет не читал, собирался в соответствии с законами физики распасться неизвестно в какой момент, ибо радиоактивный распад — процесс по нынешним понятиям стохастический, период полураспада атом тот знал, но когда лично ему суждено сие деяние предпринять — не ведал. В спор между Эйнштейном и Бором насчет того, играет или не играет Конструктор Вселенной в кости, мы вдаваться не будем, тем паче что полагаем, что если и играет, то по маленькой — большего людишки не стоят. Впрочем, по нынешним российским реалиям лучше на сей счет помолчим, а то ревнители религии уже на физиков в суд, кажется, подают, ибо хотя они в отличие от физиков все и лучше всех знают, но почему-то свое высшее знание именно через суд в российских граждан внедрять собираются.

Итак, пришло время, протунеллировала  $\alpha$ -частица в соответствии с теорией Г.Гамова сквозь потенциальный барьер, вылетела из ядра, и тут-то все и началось. Ибо вылетела она с довольно большой энергией и могла пролететь в материале около 10 микрон. Физик в такой ситуации немедленно говорит: ага, рассмотрим две ситуации. Первая — порошинка полония размером менее 10 мкм, то есть все  $\alpha$ -частицы из нее вылетают, и вторая ситуация — порошинка существенно больше 10 мкм, так что вылетают только те  $\alpha$ -частицы, которые родились в поверхностном слое, да и то примерно шестая часть их, то есть те, у которых при рождении скорость была направлена наружу (а не внутрь и не в четыре разных «вбок»). Это, конечно, приближение, но в физике оно часто применяется и дает неплохую точность. Да, кстати, а откуда взялись сами «порошинки»?





## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

рой железобетона. Но в любом производственном и лабораторном помещении есть поля аппаратуры, которые как минимум в сто раз больше и составляют около  $3 \cdot 10^4$  В/м. По крайней мере, таково поле любой электрической розетки (переменное, частота 50 Гц), и даже у вас в кармане есть постоянное поле около  $10^4$  В/м – в вашем соевом. Только не надо пугаться и падать в объятия наперсточников, пугающих граждан электромагнитной опасностью. Это электростатическое поле не проникает в человека. Кроме полей аппаратуры в помещениях – если не принимать специальных мер – наличествуют поля, возникающие при электризации трением, их напряженность порядка  $3 \cdot 10^6$  В/м.

Если использовать для оценки роли этого эффекта время, в течение которого заряжающаяся порошок при

## Тепловые эффекты

Если  $\alpha$ -частица не вылетела из порошок – а при размерах существенно больше 10 мкм большинство частиц будет застревать в порошках, – вся энергия также будет оставаться внутри. Поскольку выделяющаяся мощность растет как объем, а теплоотвод пропорционален площади поверхности, то существует предельный размер, больше которого кусок полония «не может быть», – то есть как его ни охлаждай, он все равно расплавится, испарится, можно сказать, взорвется. Если не доходить до таких безобразий и считать, что при интенсивном охлаждении может сниматься  $1 \text{ кВт/см}^2$  (при обдуве «водяным туманом» снимают и в несколько раз больше), то критический размер оказывается равен 1 см. Но мы-то интересуемся маленькими частицами, порошокками. Им общий перегрев не грозит, но...

Пусть  $\alpha$ -частица пролетает в порошокке какой-то путь и распределяет свою энергию вдоль траектории равномерно. Время пролета при траектории 10 мкм составит величину порядка  $5 \cdot 10^{-13}$  с, а характерное расстояние, на которое распространяется тепло за это время, оказывается порядка межатомных расстояний. То есть энергия распределяется по атомам, оказавшимся на пути частицы, при этом каждому достается энергия

около 50 нм. Тогда размер кластеров варьирует от нуля (при рождении  $\alpha$ -частицы близко к поверхности) до 50 нм. Последняя величина может достигаться только при размерах порошокки 10 мкм, а при меньших размерах будет меньше и размер кластеров. Можно показать, что при размерах порошокки 0,1–1–10 мкм максимальный размер кластеров может быть 12–25–50 нм. Вот откуда берутся порошокки – они создаются уже имеющимися порошокками.

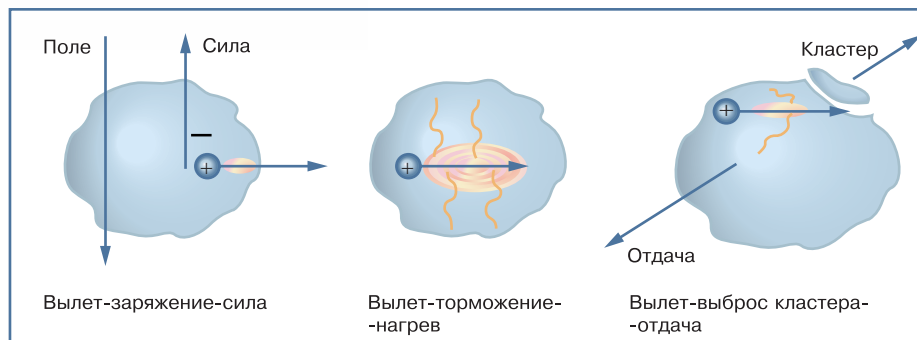
## Механические эффекты при отрыве кластеров




Кластеры указанных размеров тяжелее  $\alpha$ -частиц в  $10^6$ – $10^7$ – $10^8$  раз и покидают горячую частицу со скоростью, определяющейся переданной материалу до момента вылета энергией. Полагаю, что эта энергия составляет 3 эВ на атом, получаем, что кластеры имеют скорость 3000 м/с. При этом исходная горячая частица приобретает скорость, определяющуюся сохранением импульса, то есть массой горячей частицы и кластера, и при размерах 0,1–1–10 мкм имеем скорость горячей частицы  $7$ – $5 \cdot 10^{-2}$ – $4 \cdot 10^{-4}$  м/с. С учетом взаимодействия с воздухом можно получить смещение за шаг соответственно  $2,5 \cdot 10^{-6}$ – $2 \cdot 10^{-6}$ – $10^{-8}$  м.

При частотах распада  $1,5$ – $1,5 \cdot 10^3$ – $1,5 \cdot 10^6$  раз в секунду, свойственных этим размерам горячих частиц, имеем ограничения на скорость  $4 \cdot 10^{-6}$ – $3 \cdot 10^{-3}$ – $1,5 \cdot 10^{-2}$  м/с, а средние смещения за 1 час, пропорциональные корню из количества распадов, будут  $10^{-4}$ – $3 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-4}$  м. Таким образом, при размере горячих частиц 1–10 мкм их подвижность может обуславливаться не только зарядом и взаимодействием с полями, но и данным эффектом. При этом как средняя за 1 час, так и максимальная скорости достигают наибольших величин для частиц размером 3 мкм, и они составляют соответственно 1 мм/ч и 1 см/с.

В заключение напомним, что все численные оценки даны для изотопа  $^{210}\text{Po}$  с временем полураспада 140 суток, или  $10^7$  с. В принципе результаты применимы без больших коррективов для всех  $\alpha$ -активных изотопов тяжелых элементов, для которых энергия  $\alpha$ -частиц составляет 4 – 9 МэВ (ближайшие к  $^{210}\text{Po}$  «конкуренты» по этим эффектам –  $^{227}\text{Th}$  с периодом полураспада 18,9 суток и  $^{228}\text{Th}$  с периодом полураспада 1,9 года). Кроме того, эффекты, связанные с зарядом, могут наблюдаться и при распаде с вылетом электрона.

Доктор технических наук  
**Л.А.Хатуль**



Порошокка   
 $\alpha$ -Частица   
 Тепло 

наличия поля оказывается в равновесии с гравитацией, то есть кулоновская сила становится способной компенсировать вес, то даже для поля  $3 \cdot 10^4$  В/м порошокки размером порядка 10 мкм оказываются подвижны за счет появления на них заряда за сотые доли секунды. После этого они могут переноситься хоть полем, хоть движением воздуха, то есть расползаться по помещениям.

А куда девается та немаленькая энергия, с которой вылетела из атома  $\alpha$ -частица?

около 20 кэВ – более чем достаточно для удаления атома из решетки (для полония примерно 3 эВ). Поэтому вылетающие из горячей частицы  $\alpha$ -частицы могут обеспечить отрыв от поверхности кластеров с частотой около частоты вылета  $\alpha$ -частиц. И она для 10 мкм порошокки составляет величину порядка  $10^6$  кластеров в секунду.

Оценим размер кластеров. Считая, что при распространении энергии от траектории  $\alpha$ -частицы энергия распределяется поровну между связями, получаем, что ее хватит на освобождение  $2 \cdot 10^6$  атомов. Это количество дает сферический кластер диаметром

# Микроэлементный человек

Доктор медицинских наук, профессор  
**А. В. Скальный,**  
 директор НИИ биоэлементологии  
 Оренбургского государственного университета

На эмпирическом, интуитивном уровне связью между болезнями и содержанием химических элементов занимались с незапамятных времен. Но наверное, первым строго научным и важным событием было обнаружение Менгини в 1747 году железа в крови человека. В XIX и XX веках шло стремительное накопление знаний по элементологии, в частности, и в нашей стране.

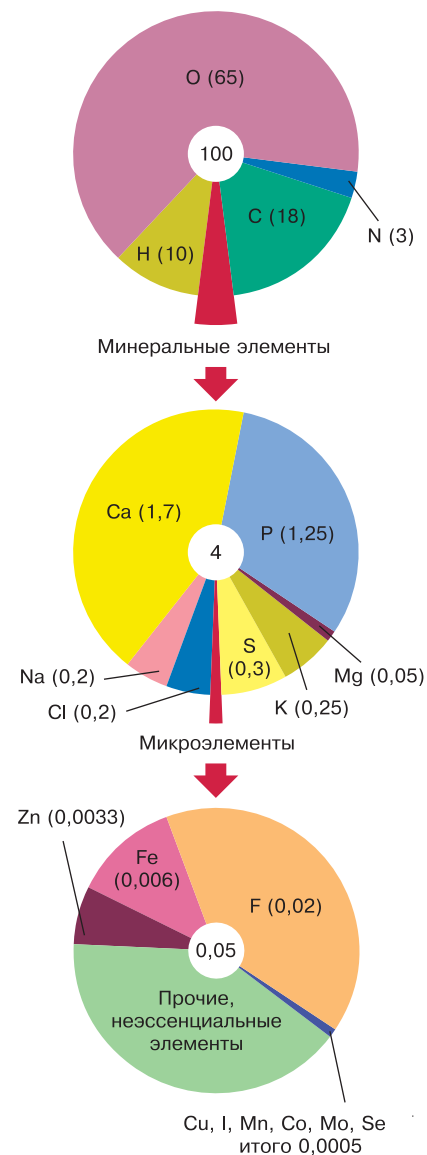
Всплеск интереса к микроэлементам начался с конца 1950-х годов, после выхода монографии профессора А.И.Войнара, которого по праву можно считать основателем медицинской элементологии в нашей стране. Ученики В.И.Вернадского создали научные школы, которые активно использовали в медицинских целях данные, полученные в лабораториях. Между 1960 и 1990 годом в СССР прошло 10 всесоюзных симпозиумов «Микроэлементы в медицине, биологии и сельском хозяйстве». Однако после перестройки все остановилось.

И все же эта область науки у нас выстояла. В 2001 году было основано Российское общество медицинской элементологии (РОСМЭМ), с 2000 года регулярно выходит журнал «Микроэлементы в медицине», с 2004-го — журнал «Биоэлементология». Более того, во всемирно известном издательстве «Elsevier» в Германии наше общество РОСМЭМ совместно с национальными обществами элементологов Франции, Италии, Германии и Испании выпускают журнал «Trace Elements in Medicine and Biology». Тем не менее общее понимание важности этой проблемы пока оставляет желать лучшего.

Организм человека состоит на 60% из воды, на 34% из органических веществ и на 6% — из неорганических. Основные элементы, из которых формируется наша органическая составляющая, — это углерод, водород, кислород, а также азот, фосфор и сера (рис. 1). В неорганических веществах организма человека обязательно присутствуют 22 химических элемента: Ca, P, O, Na, Mg, S, B, Cl, K, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cr, Si, I, F, Se. Ученые договорились, что если массовая доля элемента в организме превышает 0,01% от массы тела, то его следует считать макроэлементом. По этой градации есть еще микроэлементы (их содержание в организме составляет  $10^{-3}$ – $10^{-5}\%$ ) и ультрамикроэлементы (их меньше  $10^{-5}\%$ ). Конечно, такое деление условно, поскольку важнейший для организма элемент железо оказывается между макро- и микроэлементами.

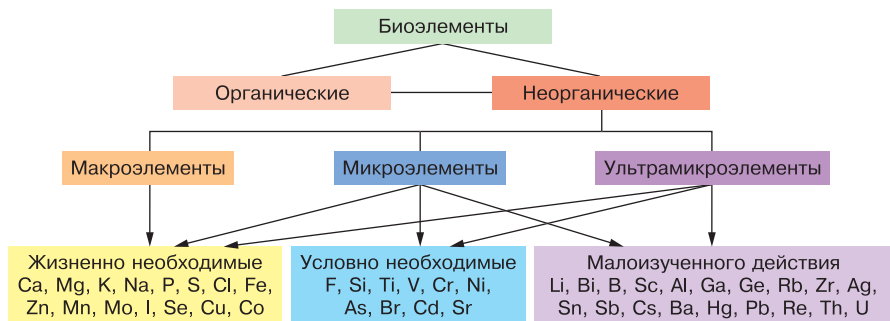
Если прибегнуть к иной классификации, то получится, что 12 элементов в организме человека — структурные, поскольку они на 99% формируют его элементный состав: C, O, H, N, Ca, Mg, Na, K, S, P, F, Cl. Все это обилие человеческих элементов можно классифицировать как угодно, только это не даст ответа на главный вопрос: какова их роль? А с этой точки зрения все элементы в нас делятся на: жизненно необходимые (эссенциальные), условно необходимые и те, роль которых еще мало изучена (рис. 2).

Поскольку в жизненно важные попадают и макро-, и микро-, и ультрамикроэлементы, это наглядно свидетельствует о том, что их концентрация в организме совершенно не определяет их биологического значения. Жизненно необходимые — это те микроэлементы, при отсутствии или недостатке которых нарушается нормальная жизнедеятельность организма.



## 1 Из чего состоит наш организм

Конечно, есть и токсичные микроэлементы. Их мы оставим пока в стороне, поскольку это тема для отдельной статьи. Впрочем, сложность проблемы в том, что жизненно необходимые микроэлементы при определенных условиях могут вызвать и токсические реакции, а токсичные при малых концентрациях становятся полезными. Например, серьезными кандидатами на эссенциальность сегодня считают кадмий и свинец. Эксперименты на лабораторных животных показали, что эти элементы необходимы для нормальной жизнедеятельности. У животных, рацион которых практически не содержал кадмия и свинца, развились болезни крови, бесплодие, снизился иммунитет и начались прочие отклонения. Поистине прав был Парацельс, когда



2  
**Классификация элементов в человеческом организме**

утверждал, что нет токсичных веществ, а есть токсичные дозы.

Отдельно хочется упомянуть о тех элементах, роль которых мало изучена. Некоторые ученые считают, что они случайно накапливаются в организме, поступая с пищей, и не приносят никакой пользы. Но никогда не знаешь, какие открытия принесет нам наука. Ведь буквально в последние десятилетия мы узнали об участии в метаболических процессах фтора, хрома, кремния и мышьяка. А о необходимости селена для живого организма стало известно всего 20–30 лет назад.

**Почему нам их так не хватает**

Все химические элементы мы съедаем с пищей, выпиваем с водой или вдыхаем с воздухом. Выше мы упомянули о 22 макро- и микроэлементах, которые обязательно должны присутствовать в организме человека. Стало быть, каждый день мы должны восполнять запасы этих важнейших веществ, поскольку у здоровых взрослых людей баланс нулевой — сколько организм поглощает, столько и выводит. Как пополнять? Это целая наука, которой пока довольно безуспешно в глобальном масштабе занимаются физиологи, гигиенисты, диетологи и специалисты по питанию. Дело в том, что химические элементы распределены в окружающей среде неравномерно. Поэтому они неравномерно накапливаются в живых существах — смотря по тому, где эти существа обитают.

Например, в «дарах моря» очень много кальция, железа, циркония, кремния, лития, иода и еще кое-каких элементов. Всего одна устрица содержит нашу суточную норму цинка. Наземная растительная пища в целом гораздо менее богата макро- и микроэлементами, зато марганца в ней в десять раз больше, чем в животной пище. Наземная фауна обеспечивает нас фосфором, азотом

и водородом, но почти не дает хрома, ванадия и марганца.

Все эти тонкости надо знать. А до тонкостей ли нам, если мы живем, где живем, и питаемся, как привыкли. Поэтому диетологи и не могут решить проблему в глобальном масштабе (хотя в конкретных случаях результаты бывают прекрасные). Кстати, если сделать элементный анализ жителей каждого отдельного региона, обнаружится четкая закономерность по избытку или нехватке каких-то элементов. Этим занимается целая наука — биогеохимическая экология, и это также тема для отдельной статьи.

Поверхность земли по составу неоднородна — в ней есть области с пониженным или повышенным содержанием тех или иных элементов (это естественные вариации, да еще человек добавляет разнообразия производственными и бытовыми отходами). Все это отражается на растениях, животных и людях, живущих в этих областях. В зависимости от степени изменений в составе микроэлементов организмы могут приспособиться, а могут и не справиться. Тогда возникают присущие именно данному региону заболевания, или эндемии (существование на данной территории в течение длительного времени болезней, вызванных природными или социальными условиями). Отчасти все эти явления можно сгладить разнообразной пищей, включающей привозные продукты из других регионов. Правда, привычка часто оказывается сильнее — охотнее покупают местные продукты. Но для этого опять-таки нужна плановая работа врачей.

Дело не только в наших пищевых пристрастиях и национальных привычках. Мы давно перешли от натуральной пищи к индустриальной, и соответственно изменился ее состав. Многие витамины и микроэлементы исчезают после кулинарной обработки, которую мы применяем почти ко

всему. В наш рацион прочно вошли рафинированные (очищенные) продукты, сахар, консервы, замороженные мясо, рыба и овощи. Кстати, по сравнению со свежим горошком в консервированном остается только половина меди, еще меньше цинка, магния и марганца. При получении белой муки мелкого помола из цельной пшеницы исчезает 68% цинка, 83% марганца, 55% меди и 8% железа. А тем, кто любит сахар, надо подналечь на медь, цинк и хром (хром, например, ответственен за регуляцию обмена углеводов).

Также меняется культура земледелия (растения обрабатывают гербицидами, в почву добавляют удобрения), из-за чего меняется состав почвы. В частности, в ней уменьшается содержание макро- и микроэлементов, а значит, меньше их и в растениях и мясе животных, которые мы едим. С начала XX века содержание железа в американских яблоках сократилось почти на 90%, кальция — на 48%, магния — на 83%. В капусте кальция стало в пять раз меньше, магния — в четыре, а железа — в два раза.

Производственные выбросы тоже сильно нарушают кругооборот элементов в природе и меняют химический состав всех обитателей суши. Это не может не отразиться на составе человеческого организма: ведь мы с вами — часть пути, который проходят минеральные элементы в своем круговороте.

В результате образовался четкий разрыв между количеством калорий, которые мы съедаем, и содержанием в пище витаминов, макро- и микроэлементов. Теперь, чтобы обеспечить необходимый набор минеральных веществ, приходится искусственно обогащать рацион витаминами, минералами и микроэлементами. По данным американских ученых-диетологов, рацион современного американца обеспечивает всего лишь 50–60% от суточной потребности в магнии, дает 50% необходимой меди, селена, кальция, не хватает также цинка и хрома. Большинство пожи-



**Гипоэлементоз – это недостаток микроэлемента в организме. Он может стать причиной не только временных нарушений, но и серьезных заболеваний.**

лых людей в развитых странах (особенно женщины) страдают от нехватки меди, марганца и калия, а подросткам чаще недостает железа и цинка. По нашим данным, в России у большинства детей (рис. 3), подростков и пожилых людей не хватает магния, цинка и железа.

**О важности баланса**

Может, это немного надуманно — расчет суперважности 10<sup>-5</sup>% какого-то элемента, о котором не каждый и зна-

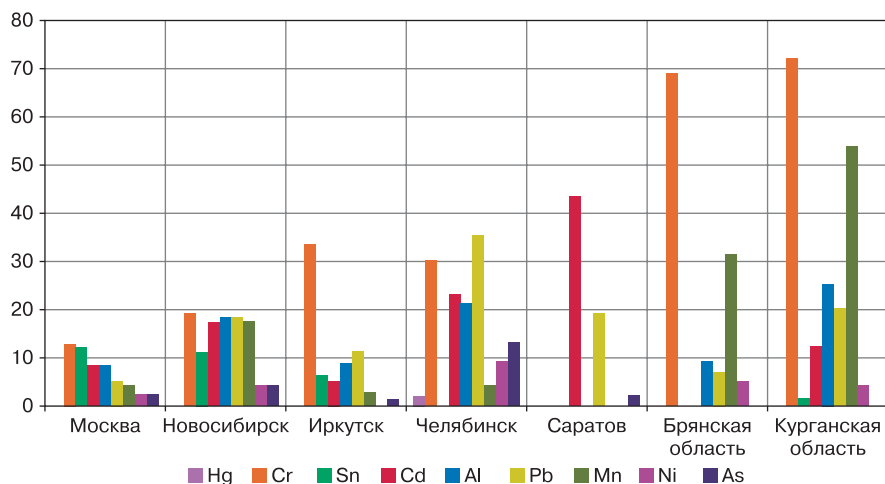
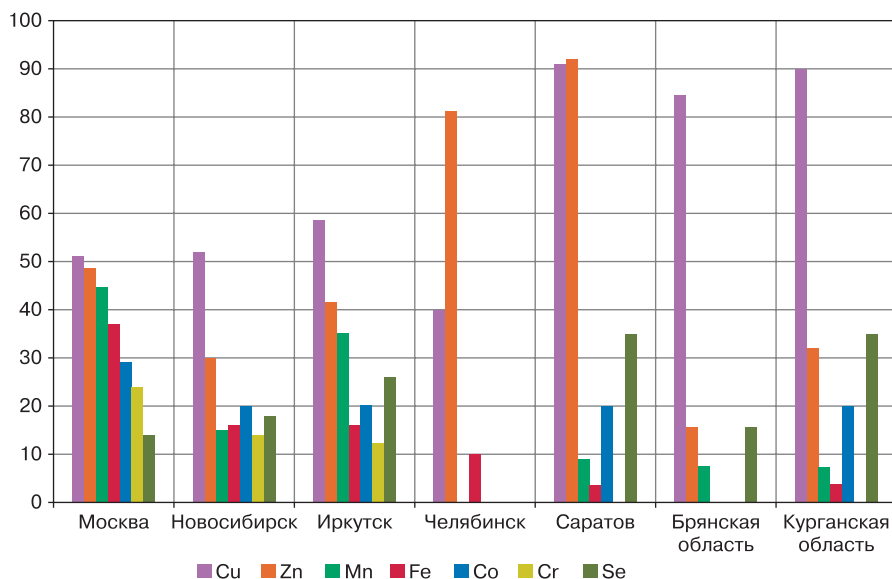
ет? По оценкам ученых, содержание в теле человека жизненно важных элементов: ванадия, хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, селена, молибдена, олова, иода — составляет от 3 до 100 мг на 70 кг веса. При переводе в моли получится, что в теле весом 70 кг по меньшей мере 10<sup>19</sup> ионов каждого из этих элементов. Если в человеке, как пишут в учебниках, 10<sup>14</sup> клеток и элементы расположены в них равномерно (хотя это, очевидно, не так), то на каждую клетку придется от 10<sup>5</sup> до 10<sup>6</sup> ионов этих элементов. Получает-

ся, что в каждой клетке человеческого организма сотни тысяч, а то и миллионы атомов микроэлементов! Вот и не верь после этого в гомеопатию.

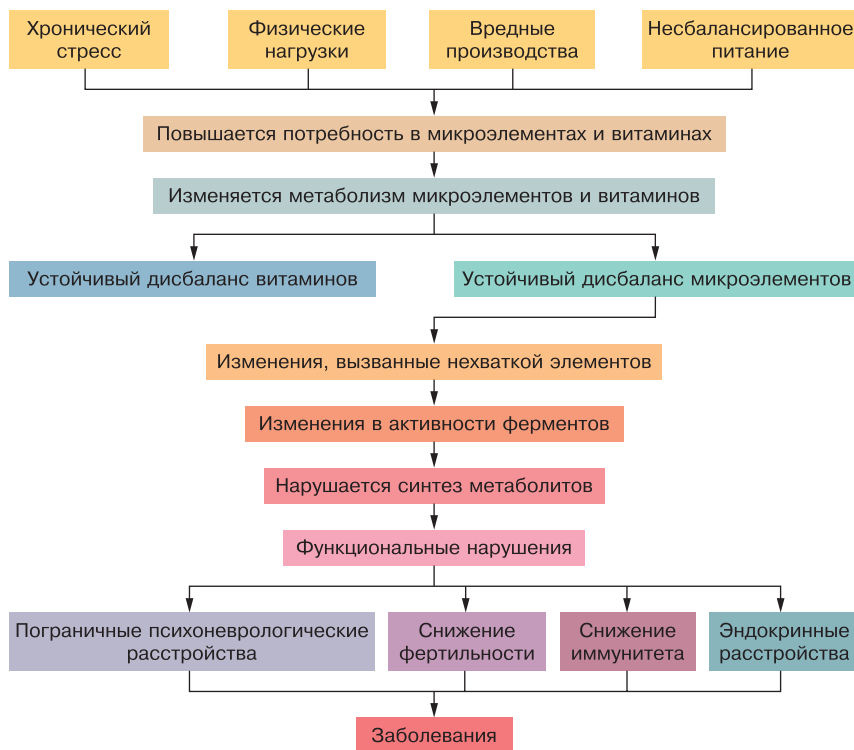
Вернемся к упомянутым 22 элементам, обязательно присутствующим в организме. Заметим, что большинство из них — металлы и большая половина — d-элементы. Они образуют координационные соединения со сложными органическими молекулами (белками, аминокислотами и пр.). Известно, что многие биологические катализаторы — ферменты содержат ионы переходных металлов d-элементов. Например, марганец входит в состав 12 различных ферментов, железо и медь — в 30, а цинк — более чем в 200 ферментов. Около 70% железа в организме человека включено в гемоглобин, а остальная часть находится в связанном виде в печени, костном мозге, селезенке. Чтобы рассказать про каждый элемент, не хватит и толстого учебника.

Микроэлементы в составе ферментов ускоряют или замедляют разные биохимические процессы — выступают, как уже сказано, в роли катализаторов или ингибиторов. Это приводит к тому, что повышается или понижается концентрация отдельных белков, жиров, углеводов и других необходимых для жизни веществ. А благодаря этому замедляется или ускоряется восстановление поврежденных тканей, рост и развитие клеток, возрастает или снижается насыщение организма кислородом, углекислым газом и пр.

Люди давно обратили внимание на то, что многие болезни связаны с недостатком какого-то элемента в организме. Минералы и металлы в лечебных целях применяли в Древнем Китае, Индии и Месопотамии. Большую популярность приобрели соли в качестве лекарств после Парацельса (начиная с XV века). В Британской фармакопее середины XIX века представлены тысячи лекарственных средств, содержащих микроэлементы, в том числе сотни препаратов с мышьяком, свинцом, ртутью. За последние сто лет информация о



3  
Гипоэлементозы у детей в разных городах России (показатель на 100 обследованных)



4  
Схема развития элементозов

роли определенных микроэлементов в формировании болезней растет лавинообразно, и уже накоплена довольно большая статистика.

Когда нарушается баланс микроэлементов в организме и тканях, выработка различных соединений (гормонов, белков) изменяется не в арифметической, а в геометрической прогрессии. Например, если молекула алкогольдегидрогеназы теряет всего один атом цинка, то активность этого фермента, нейтрализующего алкоголь, снижается в десятки раз. Нехватка железа нарушает нормальный синтез гемоглобина, недостаток меди – витамина В<sub>12</sub>, дефицит селена – антиоксидантную активность глутатионпероксидазы, а дефицит хрома – толерантность к глюкозе. Таким образом, микроэлементы действуют на организм опосредованно, изменяя активность ферментов, гормонов, белков, витаминов. И действие их очень сильное (см. схему).

С этой точки зрения мировую статистику – рост всевозможных заболеваний и снижение рождаемости – можно рассмотреть совсем под другим углом. Например, мы определили, что в рационах москвичек не хватает йода, селена, цинка, кальция. Пища, которую едят наши дети, обеспечивает только 53% потребности в кальции, 56% – в цинке, 48% – в селене и 43% – в йоде. Отсюда постоянные простуды (снижение иммунитета), избыток веса (нару-

шение толерантности к глюкозе), болезни эндокринной системы, бесплодие. Конечно, нельзя сказать, что это происходит только из-за недостатка макро- и микроэлементов в организме, но это безусловно один из важных факторов.

Все еще более сложно, чем может показаться на первый взгляд. Потому что минеральные вещества в организме могут взаимодействовать между собой и с другими веществами. Есть элементы-антагонисты, которые вытесняют друг друга, и соответственно меняется какая-то биохимическая функция. Например, натрий вытесняет калий, хром – цинк, магний замещает кальций... А еще есть лекарства, регулярный прием которых нарушает нормальное усвоение или обмен определенных микроэлементов, что приводит к их нехватке и вызывает, казалось бы, неожиданную болезнь.

## Что делать

Нужно понять, что макро- и микроэлементы – это тонкая настройка нашего организма. Иногда что-то сломалось, по всем врачам пробежали, вроде бы все сделали, а причина не устранена, и болезнь возвращается снова и снова. Значит, что-то испортилось именно в тонкой настройке, о которой сразу и не подумаешь.

Мы должны помнить, что для правильной и слаженной работы нам тре-

буется не только железо для гемоглобина, кальций для костей и йод для щитовидной железы, а почти вся таблица Менделеева. Их много, этих микроэлементов, и они должны находиться в нужном балансе, чтобы ни один не мешал другому. Только тогда все в организме будет правильно работать.

Пить комплексы витаминов с микроэлементами, конечно, полезно, чтобы поддержать среднестатистический здоровый организм, но это не поможет, если требуется адресная помощь в нужном месте (а ведь можно и сломать свой баланс приемом витаминов и микроэлементов). Если подходить к вопросу грамотно, то желательно сделать анализ химических элементов. Их определяют в биологических жидкостях (крови, моче, слюне), а также в волосах, ногтях и зубах – в зависимости от того, какую проблему надо решить. Чтобы увидеть общую картину, лучше сделать многоэлементный анализ волос. Кстати, можно определить и обеспеченность организма аминокислотами и витаминами – партнерами макро- и микроэлементов в биологическом ансамбле.

Ну и конечно, питание. Наверное, не стоит всерьез думать о том, чтобы полностью вернуться к продуктам, выращенным в натуральной среде. Большинству людей это недоступно. Но и полностью переходить на добавление только синтетических витаминов тоже неправильно. Надо использовать обе эти возможности.

Сейчас все больше людей в Америке, Европе и Японии переходят на простую, натуральную пищу в умеренных количествах, избегая чревоугодничества. Проросшие зерна, соевые продукты, хлеб с отрубями, зелень, морская капуста, парное или охлажденное мясо – и все это запить минеральной водой. И всячески разнообразить свое меню, в том числе привозными продуктами. Если говорить о балансе микроэлементов, то рекомендации есть то, что ели ваши предки (и что растет в вашем регионе), не всегда верные.



ЗДОРОВЬЕ



# У колыбели ЭВОЛЮЦИИ

Кандидат биологических наук

**И.А.Савинов,**

Московский государственный университет  
прикладной биотехнологии

Одно из приоритетных направлений современных биологических исследований — изучение и сохранение биоразнообразия. Сейчас описано около 2 миллионов видов живых организмов, но очевидно, что на самом деле их гораздо больше — возможно, до 10 миллионов. Поэтому биологи снова становятся натуралистами и, как два века назад, отправляются путешествовать в те края, где особенно велика плотность и разнообразие жизненных форм. К числу таких регионов, безусловно, относится Юго-Восточная Азия. Великие натуралисты прошлого называли ее «колыбелью эволюции»: столь изумительно богатство местной флоры и фауны. Именно там в 50-е годы XIX века работал Альфред Рассел Уоллес, который независимо от Чарльза Дарвина (и практически одновременно с ним) пришел к теории эволюции путем естественного отбора.

В сфере моих собственных профессиональных интересов, в ботанике, там сейчас реализуются три крупных международных проекта: англоязычные издания «Flora Malesiana» и «Flora of Thailand» (первая публикуется уже около 50 лет под эгидой Королевского гербария Лейдена, а вторая — в Таиланде с 1963 года), а также французский проект «Flore du Cambodge, du Laos et du Viet-Nam», который начал свою работу в последние годы под эгидой гербария Музея естественной истории в Париже. С кураторами этих проектов мне довелось сотрудничать, а для французского — даже готовить обработку гербарных материалов по семейству бересклетовых. Зимой прошлого года я получил возможность лично познакомиться с богатейшей флорой Юго-Восточной Азии, собрать небольшой гербарий и поработать в местных ботанических учреждениях.

## Город клонированных орхидей

Считается, что первым европейцем, побывавшим в Сиаме (древнее название Таиланда, сохранявшееся до 1939 года), был венецианский купец Марко Поло. А первым русским исследователем Бангкока и южных районов страны стал великий этнограф и антрополог Н.Н.Миклухо-Маклай. Конечно, туристический бум здесь начался гораздо позже: со второй половины XX века. Как ни парадоксально, этому способствовало окончание вьетнамской войны, после которой многие американские солдаты и офицеры остались в регионе, а другие стали приезжать сюда на тихий семейный отдых... Проспекты турфирм не слишком преувеличивают: Таиланд — сказочная страна и каждый найдет здесь для себя что-то интересное. Ботаники — не исключение.

Переместиться из заснеженной Москвы в Бангкок несложно: около 8,5 часа полета, с промежуточной посадкой на туркменской земле, и вы в сердце азиатских тропиков! Столица Таиланда всегда встречает путешественника удушающей банной жарой: очень влажно и температура за 30. Первое впечатление — близкое к шоку, но привыкаешь быстро.

Бангкок располагается по обоим берегам крупнейшей реки Юго-Восточной Азии — Чао-Прайи. «Восточной Венецией» называли Бангкок путешественники. И в самом



фотографии автора

*В храмовом комплексе Та Пром огромные досковидные корни крупнотрапезных деревьев проламывают древние стены*

деле, прежде город был пронизан множеством каналов — «кхлонгов», сходящихся к реке. Это была транспортная система, торговые артерии города. Особая роль здесь принадлежала «плавающим» фруктовым базарам: тайцы продавали плоды прямо с лодок. В сегодняшнем Бангкоке каналы сохранились лишь в центре города. Можно прокатиться по кхлонгам, наблюдая баракки бедных районов, офисы крупных компаний и берега, утопающие в зелени пальм и бугенвиллей.

Современный Бангкок — город начала XXI века. Здесь вы увидите и высочайшие небоскребы, компьютеризированное метро. Высокие технологии проникли и в цветоводство: орхидеи здесь выращивают методом культуры тканей. В результате улицы Бангкока буквально увешаны гирляндами из этих прекрасных цветков. И «просто так», как сирень и тюльпаны в весенней Москве, растут на улице кринумы и гименокаллисы из семейства амариллисовых.

Бангкок — один из центров буддизма. Величественные храмы окружают вас буквально повсюду, и возле каждого цветут плюмерии, сены и другие диковинные растения. Неудивительно, что местные и приезжие ботаники рано осознали необходимость планомерного изучения растительных ресурсов страны и создали специальный лесной департамент.

Именно гербарий Королевского государственного лесного департамента курирует подготовку современной сводки по флоре Таиланда. По оценкам экспертов, она включает около 10 000 видов сосудистых растений. Этот гербарий я посетил, чтобы изучить некоторые образцы из семейства бересклетовых (*Celastraceae*), встречающиеся в Таиланде, и подготовить предварительный список видов бересклетовых, растущих на территории страны.



## Камбоджа

В Камбодже до сих пор остается много «белых пятен», неизвестных натуралистам. Этому способствовали годы режimy красных кхмеров: добрые, душевные люди заминировали тропические леса половины страны и разминирование продолжается по сей день. Сейчас Камбоджа переживает второе рождение, и понятен интерес биологов к этой стране. Особенно привлекают ботаников сохранившиеся участки первичных диптерокарповых тропических лесов (главную роль в этих лесах играют высокоствольные деревья из семейства диптерокарповых, получивших название за их своеобразные плоды, снабженные двумя крыльями) и южноазиатских саванн. В других странах Индокитая, Лаосе и Вьетнаме, подобных участков уже не осталось.

Пномпень, столица Камбоджи, после многомиллионного Бангкока предстает перед путешественником мелким провинциальным городом. Зато впечатляет место слияния двух рек: полноводной и широкой Тонлесап и величайшей реки Азии — Меконга. Из Пномпеня мы направились на запад страны, город Сиём-Риеп, в окрестностях которого находятся величественные храмы Ангкора. Переезд занял почти весь день. Мы путешествовали по пальмовой саванне, проезжая бесконечные деревни. Изредка ландшафт оживлялся небольшим озером с цветущими красными кувшинками.

История открытия знаменитого Ангкор-Вата — «Города в джунглях» — почти детективная. Этот город был столицей в течение семи веков, которые так и называются «ангорским периодом». В 1432 году под натиском тайцев кхмеры были вынуждены оставить город и перенести столицу на берег Меконга в Пномпень. Покинутый людьми, Ангкор стал зарастать деревьями и лианами. Спустя несколько веков здесь шумел настоящий тропический лес. В 1858 году французский натуралист Энри Муо, получив поддержку Лондонского Королевского географического общества и оставив свою жену в Шотландии, ступил на землю Сиамы. Путешествуя по тропическим лесам северо-запада современной Камбоджи, он натолкнулся на город, заросший столетними деревьями-великанами. Теперь в Ангкор-Вате работают археологи, сюда приезжает множество туристов.

## Досковидные корни и фикус-душитель

Изучению и сохранению лесов в Таиланде посвящена специальная государственная программа. Ее курируют сразу два департамента — Лесной и Национальных парков и особо охраняемых территорий. Мне удалось посетить один из национальных парков Таиланда в южной провинции Сура-Тхани.

Национальный парк «Кхао-Сок» — это огромный массив дождевого тропического леса, сохранившегося по склонам окрестных известковых гор и вдоль берегов искусственного водохранилища Чеулан. Утренним поездом из Бангкока мы прибыли в небольшой городок Сура-Тхани, а оттуда уже отправились в парк. Его ландшафт кажется сказочным, неземным. Известковые утесы причудливых форм, рассекаемые живописными долинами рек, окружают дорогу со всех сторон. Дорога ведет в крупнейшую на Малаккском полуострове заповедную зону.

В парке встречается редчайшее растение тропиков Юго-Восточной Азии — раффлезия керри, цветение которой приходится на зимние месяцы, январь и февраль. Цветок ее достигает 82 см в диаметре! К сожалению, местные гиды сообщили нам нерадостную весть: раффлезия уже отцвела.

Главное, чем отличаются тропические леса от наших, — это многоярусность: только среди деревьев ботаники выделяют 3—4 яруса. Вообще-то для ботаника любой лес —



Цветы на улицах Бангкока:  
а — кринумы,  
б — гимевокалусы,  
в — орхидеи.

ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

это ярусная система, но в тропиках ярусов больше из-за особенно благоприятного распределения питательных веществ, а также света, влажности и температуры. Местные леса формируют различные представители семейства диптерокарповых, бомбаксовых и мальвовых. Многие из них цветут очень недолго, их крупные яркие цветки быстро опадают. Еще утром мы шли (как потом поняли) под цветущим деревом, а после обеда масса нежно-желтых цветов лежала у наших ног. Непривычно для европейца выглядят основания стволов деревьев с досковидными корнями. Зачем деревьям такие корни — на этот счет существуют разные версии. Говорят об особенностях местных почв с плохой аэрацией, препятствующей вторичному приросту древесины на внутренней стороне таких корней (она образуется только с наружной стороны), о том, что столь высоким стволам необходима дополнительная опора...

После ярусов высокоствольных деревьев следуют ярусы низкорослых деревьев и кустарников, а затем травянистых растений. Среди последних особенно поражают своим обилием виды селлагинеллы, представители семейств марантовых, ароидных, а также лазящие бегонии. Особое место принадлежит эпифитным папоротникам и орхидеям (эпифитами называются растения, которые прикрепляются к коре деревьев, но не питаются их соками, в отличие, например, от паразита омелы). Среди лиан выделяются крупные древовидные бобовые, а также ро-



Селлагинелла



танговые пальмы (*Calamus sp.*), свисающие с деревьев подобно канделябрам. Это один из немногих родов пальм-лиан: длина их стеблей иногда превышает 100 м и на них есть мощные колючки, помогающие лазанию. Особый колорит лесу придают знаменитые фикусы-душители. Начиная свою жизнь с семечка, попавшего в развилку ствола крупного дерева, проросток быстро разрастается, окутывая своего хозяина придаточными корнями и побегами, и постепенно «удушает» его.

## Дуриан и мангровый лес

При виде берега Андаманского моря в тайской провинции Краби просто захватывает дух от необыкновенного, зеленовато-бирюзового цвета воды и скалистых берегов мелких островов. А в глазах натуралиста это побережье обладает еще одним важным достоинством, кроме красоты вида: во время отлива здесь обнажается великолепная широкая литораль. Вот где можно изучать всю систематику беспозвоночных, от кишечнополостных до членистоногих! Недалеко отсюда есть кладбище морских раковин Сусанхой, геологический памятник ископаемых пластов — ракушечника, возраст которого насчитывает 40 млн. лет. Вдоль всего побережья встречаются рощи деревьев казуарин, похожих на хвойные. Группа казуариновых — одна из самых загадочных в растительном царстве. Ее положение в системе цветковых растений остается неясным. Одни авторы считают, что это очень древняя группа, имеющая примитивные цветки, другие рассматривают ее как вторично упрощенную.

В провинциальном городке Транг можно посетить местный рынок, полный всяческих пряностей и фруктов. Чего только там нет! Мангустаны, рамбутаны, авокадо, папайя, яблоки, груши, ананасы, гуайява; и, разумеется, дуриан. Этот знаменитый плод имеет вид очень крупного — размером с футбольный мяч и весом более 4 кг — шара, целиком покрытого мощными деревянистыми колючками. Мякоть белая или кремовая, с исключительным вкусом и отталкивающим, сладковато-гнилостным запахом. Сырая мякоть спелых плодов здесь считается деликатесом. Другие виды дуриана практически лишены запаха и также съедобны. Местное население солил плоды, а также готовит из них разнообразные блюда, а незрелые плоды использует как овощи. Мы имели возможность попробовать мякоть дуриана, и нам она показалась похожей на кислое испорченное тесто.

Позднее, уже в Москве, я узнал, что есть нужно было, оказывается, не мякоть, а сочный придаток семян дуриана — ариллус. Он имеет сладкий орехово-сырный вкус и ни с чем не сравнимый аромат.

На малообитаемом острове Сукорн в Андаманском море, примерно в 1 км от «большой земли», можно почувствовать себя почти что натуралистами-первопроходцами. Туристов в провинции Транг вообще мало, а на Сукорне их было всего лишь десятка три-четыре. Правда, на острове есть три небольшие деревни местных жителей, и остров покрыт в основном культурной растительностью. Но сама эта культурная растительность экзотична для европейца: кокосовые пальмы и гевея. Здесь вольготно себя чувствует водный варан. Когда такая «ящерка», около метра в длину, неожиданно переходит дорогу прямо перед вами — впечатление не из слабых. А в темное время суток здесь обычны крупные питоны. Однако ботаника здесь ждет сюрприз другого рода: восточная прибрежная часть острова покрыта великолепной мангровой рощей.

Мангры — это своеобразный тип растительности, который формируется на периодически затопляемых водой морских побережьях и вблизи устьев рек, впадающих в море. Обычно они имеют вид густых зарослей, перепле-



*Почки и свисающие корни ризофоры.  
Внизу — мангровый лес во время отлива*



тенных побегами и корнями растений. Восточные, малайско-индонезийские мангры по видовому разнообразию намного превосходят западные — африканские и южноамериканские. Самые распространенные деревья мангр — ризофоры (*Rizophora sp.*) и авиценнии (*Avicennia sp.*), отличающиеся формой корней: у первых они в виде подпорок, а у вторых — восходящих свечей.

Отличительная особенность мангровых растений — их

*Литораль Андаманского моря*





*Спаржевидные корни авиценнии*

способность к живорождению (это официальный ботанический термин). Иначе им было бы не выжить при регулярном затоплении: если бы эти семена еще на материнском растении не отращивали себе «якорь», то морская вода уносила бы их. Плывая на лодке вдоль мангровых зарослей, видишь плоды ризофоры, прорастающие прямо на материнском растении. Корешок проростка появляется, когда плод висит еще на материнском растении и вертикально падает вниз, вонзаясь в ил. Кроме того, многие виды обладают способностью выделять на поверхность листьев солевые растворы и таким образом избавляться от избыточной концентрации солей в тканях. Эти растения формируют особую экосистему, в которой обитают многие виды животных, подчас столь же удивительных, как и растения: моллюски-устрицы, рыбы-прыгуны, манящие крабы, раки-отшельники....

Острова и материковое побережье Юго-Восточной Азии привлекают биологов еще по одной причине. Здесь расположены богатейшие морские экосистемы — коралловые рифы, строительством которых занимаются несколько сотен видов рифообразующих коралловых полипов. Причудливым подводным миром мы любовались среди островов Ко-Лео-Льен.

В южном Таиланде довольно много заповедников и национальных парков. Часть из них — морские, расположены на побережье Андаманского моря и Сиамского залива и островах, а часть — наземные, охраняющие массивы влажных тропических лесов.

*Холмы «Таман-Негары»*



Автор благодарит организаторов и гидов, биологов Дарвиновского музея А.Р.Алякринского и А.В.Шаповалова, а также И.А.Шанцера (ГБС РАН, Москва), Марка Ньюмена (Королевский ботанический сад, Эдинбург), Серену Ли (Сигнапурский ботанический сад) и Конгканда Чайамарит (Гербарий лесного департамента Бангкока) за консультации по тропической флоре.



**ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК**

**Под тропическим ливнем**

Правительство Малайзии уже давно озаботилось сохранением тропических лесов. Если удастся спасти их, можно будет говорить и о восстановлении дождевых лесов в Юго-Восточной Азии, о сохранении генофонда редких видов. В конце 70-х годов прошлого века был создан государственный резервный лесной фонд, курирующий программу по сохранению биоразнообразия страны.

Национальный парк «Таман-Негара» — огромный массив тропического леса. В XX веке его посещали многие известные натуралисты, в том числе Дэвид Эттенборо и Джеральд Даррелл. Парк занимает обширную территорию на границе трех малайских штатов, причем внутренние его районы до сих пор мало изучены. Считается, что здесь встречаются дикие популяции не только слонов и тигров, но даже суматранских носорогов! Широкая река Тембелинг, как и несколько десятилетий назад, продолжает нести свои мутные (особенно в сезон дождей) воды среди пышного тропического леса в Южно-Китайское море.

Тропические леса материковой Малайзии, в отличие от тайских, принадлежат уже к другой флористической области. Здесь жаркая и исключительно влажная атмосфера, которая сразу дает о себе знать. Хотя мы приехали в «сухой» сезон, все два дня нашего пребывания в парке шел настоящий тропический ливень. В лес мы отправились, надев куртки.

Сразу становится очевидно, что этот лес — совсем другой, хотя его основу составляют те же диптерокарповые. Близость экватора чувствуется прямо физически; ко всему прочему, северо-восточные муссоны приносят на этот берег полуострова Малакка зимние дожди. Пышность и богатство местной тропической растительности поражает. Ботаники насчитывают на полуострове около 10 000 видов растений, причем многие из них были определены именно на территории парка. Диптерокарповые леса (одних только видов этого семейства здесь около 200) в среднем поясе гор сменяются лавровыми, а еще выше (на горе Гунунг-Тахан) — вересковыми. В низинных лесах много папоротников-лиан, как, например, дикраноптерис, а также орхидных и пальм; в горах — мхов и лишайников. Видим уже привычные (по тропическому лесу в Таиланде) основания высокоствольных деревьев с досковидными корнями, среди которых замечаем прямо-таки гигантские бересклетовые (*Kokoona sp.*), в наших лесах представленных невысокими кустарниками.

В помощь ученым, изучающим жизнь леса, великолепное изобретение местных специалистов — «канопи»: хорошо укрепленные веревками доски, подвешенные в кроне деревьев на высоте от 5 до 40 метров. С его помощью можно многое узнать о растениях и животных верхних этажей леса.

Кстати о животных. В лесу мы повстречали гигантскую сколопендру, которая стремительно «скользила» по мокрому склону. Кроме того, мы были буквально атакованы несметным количеством почвенных и древесных пиявок. Влажные тропические леса — настоящий рай для этих созданий. Придя в бунгало, я насчитал на своем теле никак не меньше тридцати кровотокащих ранок... А на обратном пути из «Таман-Негары» нас провожали печальным взглядом (наверное, из-за дождя) гиббоны.





# Угольный метан – демон подземного царства

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

На угольных шахтах часто происходят взрывы, приводящие к многочисленным жертвам. Так, 19 марта 2007 года трагедия случилась на шахте «Ульяновская» в Кузбассе. В подземных горных выработках находилось 203 горняка, из них удалось спасти только 93. Это одно из самых страшных событий в угольной промышленности России за последние годы. «Ульяновская» считается современным предприятием (ее строительство завершилось только в 2002 году), она оснащена новейшей отечественной и зарубежной горной техникой, в том числе британской системой контроля шахтного воздуха, но это не помогло.

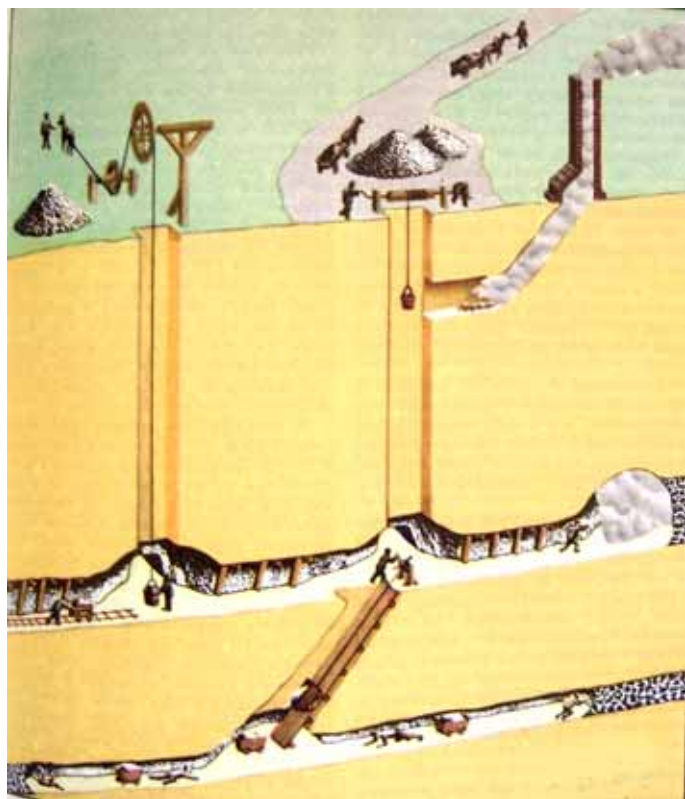
24 мая 2007 года взрыв на шахте «Юбилейная» унес жизни 39 шахтеров. Подобные события с роковой периодичностью происходят и в Донецком, Кизеловском, Карагандинском угольных бассейнах. Они не минуют шахты Польши, Германии, Англии и других стран. В ноябре 2007 года катастрофа случилась на шахте имени Засядько в Украине.

**П**ричина подобных трагических событий в том, что в пластах угля многих месторождений находится природный газ – метан, называемый в этом случае угольным. А он, как всем известно, может гореть и взрываться. Удельная теплота его сгорания – около 50 МДж/кг (в два раза больше, чем у каменного угля). Метан загорается при содержании в воздухе 5–6%, если температура источника тепла достигает 650–750°C; при содержании в воздухе от 5–6 до 14–16% он взрывается, а когда его более 16% – горит. При горении концентрация горючего газа снижается, и процесс может превратиться во взрывной. Взрыв смеси из 9,5% метана и воздуха достигает наибольшей силы, поскольку тогда в реакцию вступает весь метан и кислород. Когда газ взрывается в горных выработках шахт, давление образовавшихся газообразных продуктов может достигать мегапаскалей, а температура – 2000–2500°C.

Большое содержание метана в шахтном воздухе может привести и к другой беде – удушью из-за дефицита кислорода. Если количество первого в воздухе достигает 40%, концентрация второго снижается до 12%. Кроме углеводородов, в углях содержатся CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и некоторые другие газы.

Кстати, объем метана в угольных месторождениях всего мира оценивается величиной 240–260 трлн. м<sup>3</sup>. Это значительно больше, чем запасы газа всех промышленных газовых месторождений.

Для последующего изложения нам будет важен один показатель – метанообильность. Это количество метана, выделяющегося из угля в выработки шахты. Обычно его измеряют в кубометрах в минуту или в кубометрах на тонну добываемого угля. Шахты по своей метанообильности подразделяются на три категории: для третьей, самой опасной, этот

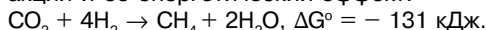


*Реконструкция каменноугольной шахты XV–XVI вв. Наличие в шахтном воздухе взрывчатого газа было впервые отмечено в 1555 году, взрывы газа в шахтах – в 1621 году*

показатель составляет от 10 до 15 м<sup>3</sup>/т угля. При содержании метана более 15 м<sup>3</sup>/т шахты называются сверхкатегорными, и на них вводят специальные требования к организации труда. По нормам предельное содержание метана в шахтном воздухе не должно превышать 2%.

## Происхождение угольного метана

Обычно рассматривают два источника угольного метана. Первый из них можно назвать микробиогенным. Давным-давно люди заметили на болотах пузырьки и струйки газа, которые поднимаются из глубины к поверхности. Было установлено, что этот газ (метан, или болотный газ) выделяют бактерии, живущие только в бескислородной среде. Они получают энергию, усваивая простые органические соединения, которые образуются при разложении сапрофитными микроорганизмами растительного вещества торфа. В их клетках при участии фермента гидрогеназы генерируются высокоактивные атомы водорода, которые реагируют с углеродом углекислого газа и образуют метан. Вот общее уравнение реакции и ее энергетический эффект:



Однако происхождение угольного метана нельзя объяснить только этим процессом. В болотах, где из отмерших растений получается торф и начинают формироваться ископаемые угли, микробы тоже производили метан, но этот газ диффундировал через толщу торфа и, будучи легче воздуха, уходил в атмосферу. На протяжении десятков тысяч лет, пока формировались торфяники, метан в них образовывался, но почти не накапливался.

Если же земная кора опускается, торфяник может покрыться морскими или континентальными осадками (геологи говорят, что он переходит в ископаемое состояние). Покрывающие его породы чаще всего бывают глинистыми или песчано-глинистыми. Они надежно изолируют торф от окружающей среды, и метан перестает улетать в воздух. Но вслед за этим

довольно быстро прекращается и его образование, так как затухает деятельность метанообразующих бактерий. Жизнь в погребенных торфяниках замирает, благодаря чему, кстати, сохраняются и сами угольные пласты, и все другие виды горючих полезных ископаемых.

Еще один факт не позволяет считать метанообразующих бактерий источником угольного метана. Погружение земной коры приводит к тому, что осадочные породы и вместе с ними торфяники подвергаются действию возрастающих температур и давлений недр Земли. При этом ископаемый торф превращается в уголь. В зависимости от конкретных значений температур и давлений в разных месторождениях образуются бурые угли, каменные угли или антрациты (по геологической терминологии – угли разных стадий метаморфизма). Многолетний опыт показал, что количество метана в угольных пластах последовательных стадий метаморфизма изменяется следующим образом. В бурых углях оно минимально, в каменных – максимально, в антрацитах – значительно меньше, чем в каменных, но изредка бывает высоким. Объяснить такую затейливую картину, исходя из гипотезы болотного (микробиогенного) происхождения метана, трудно.

Рассмотрим теперь наиболее распространенные и оправданные гипотезы образования угольного метана, объединенные общей исходной посылкой: этот газ родился в процессах метаморфизма углей. Тогда метан – это результат термохимических преобразований угольного вещества под воздействием температур и давлений. Геологи установили, что при 30–50°C торф переходит в бурые угли, при температурах выше этой границы и до 180–240°C образуется вся гамма каменных углей, и от 240 до 330°C – антрациты. Давление при этом изменяется от 40 до 290 МПа. Во втором номере «Химии и жизни» за 2006 год я рассказывал, что происходит с молекулярной структурой органического вещества углей по мере того, как торф превращается в антрацит. Напомним, «молекула» торфа и угля состоит из бензольных колец, соединенных друг с другом непосредственно или через углеводородные мостики. К ароматическим и алифатическим структурным элементам присоединены функциональные группы: COOH, OH, OCH<sub>3</sub> и другие. Обратим внимание: при метаморфизме эти группы и алифатические мостики отщепляются от молекулы угля. По мнению большинства исследователей, входящие в их состав углерод и водород служат материалом для образования метана и других углеводородов. Функциональные группы и алифатические структурные элементы практически полностью отщепляются от молекулы угля на каменноугольной стадии метаморфизма. Видимо, поэтому на стадии антрацитов материала для образования углеводородных газов чаще всего не остается, и антрациты редко содержат много метана.

В литературе рассматриваются и другие варианты термохимических процессов, приводящих к образованию метана. Предполагается, например, что при распаде функциональных групп часть твердой фазы угольного вещества переходила в газообразную в виде молекул CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> и других. Эти преобразования ускорялись с повышением температуры. Процесс изомерной перегруппировки атомов в твердой фазе имеет довольно низкую энергию активации, равную приблизительно 30–55 кДж/моль, а это делает вполне вероятным образование метана в реальных условиях метаморфизма. Элементы-примеси, в том числе тяжелые металлы, всегда присутствующие в углях, могли стать катализаторами этих процессов.

Была предложена также модель синтеза газообразных углеводородов при взаимодействии свободных радикалов – продуктов распада функциональных групп – с минеральными примесями (например, с глинами). Считается, что подобная модель обеспечивает благоприятную кинетику реакций, а энергии активации для них невелики.



Автор совместно с профессором С.Б.Булгаревичем (Институт физической и органической химии Южного федерального университета, Ростов-на-Дону) предложил важные дополнения к гипотезе природного синтеза угольного метана. По нашему мнению, метан и другие углеводороды образуются в результате низкотемпературного крекинга угольного органического вещества в условиях механохимической активации, возникающей при тектонических напряжениях в земной коре.

Известно, что механоактивируемые реакции протекают значительно легче по сравнению с аналогичными термическими реакциями. При механической активации проходят реакции, неосуществимые при нагревании, например окисление золота оксидом углерода до Au<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Энергия активации для образования свободных радикалов при термохимическом крекинге относительно невелика (около 30 кДж/моль). При подобном барьере крекинг способен протекать постоянно, на протяжении долгих геологических периодов. Чтобы низкотемпературный крекинг угольного вещества можно было рассматривать как процесс, непосредственно приводящий к генерации метана, авторы предположили существование природного механизма удлинения алифатических групп в молекуле угля. По нашему мнению, это происходит при участии бирадикала карбена :СН. Эта чрезвычайно активная частица (механизм образования которой мы здесь опускаем) работает на удлинение углеводородных алифатических цепочек. Далее возможен крекинг алкильных групп, при котором из предельного углеводорода получается новый предельный с меньшей молекулярной массой и не менее одного непредельного:

$$\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3 \rightarrow \text{Ar}-(\text{CH}_2)_{n-2}-\text{CH}=\text{CH}_2+\text{CH}_4$$

(Ar – конденсированные ароматические структуры молекулы угля).

Дискуссия по поводу образования угольного метана далеко не закончена. Тем не менее ясно, что это результат сложных взаимодействий структурных фрагментов «молекулы» угля, происходящих в твердой фазе. В результате формируется двухфазная система: уголь (твердая фаза) – смесь газов, в которой границей фаз служат стенки пор, трещин и других пустот в угольном пласте. Расчеты показывают, что из одного килограмма угля в результате метаморфизма образуется до 200 л метана. Отсюда понятно, почему глобальные запасы метана в углях оцениваются столь огромными величинами.

## Метан в угольных шахтах

Если бы образованием метана все и заканчивалось, поводов для беспокойства не было бы. Действительно, метан связан веществом угля и перемещается в пласте лишь за счет медленных процессов диффузии. Судя по низкой величине коэффициента его диффузии в угле (10<sup>-12</sup>–10<sup>-11</sup> см<sup>2</sup>/с), едва ли сорбированный метан мог бы давать выбросы.

Однако тектоническая история угленосных отложений не заканчивается стадией погружения. После опускания земной коры, с которым и связаны изложенные выше процессы генерации метана, она, как правило, поднимается, угленосная толща и вместе с нею угольные пласты сминаются в складки и

разрываются трещинами. В угольных пластах образуются полости, которые заполняются диффундирующим из угля газом. Так возникают более или менее изолированные скопления метана. Они вполне способны быстро перетечь в область более низкого давления, например в пространство лавы (горной выработки, где обрабатывается угольный пласт).

Давление метана в полостях определяется многими горно-геологическими факторами: газопроницаемостью пород, в которых находится угольный пласт (если они хорошо проницаемы, газ будет уходить в них); составом угля (не все его части в равной степени способны выделять метан); степенью метаморфизма, от которой зависит суммарное газовыделение. В итоге давление газа в недрах может колебаться от нескольких до десятков мегапаскалей.

Теперь посмотрим, как могут разворачиваться события при обработке угольных пластов, но для этого учтем горное давление – механические напряжения, возникающие в массиве горных пород вблизи выработок. Это объект исследования горной механики – науки, основы которой были заложены в последней четверти XIX века и в развитие которой большой вклад внесли отечественные ученые. Остановимся только на одном частном вопросе – особенностях проявления горного давления в лаве (рис. 1). Главное, чем интересен для нас этот рисунок, – распределение давления вблизи горной выработки. Оно представлено в виде так называемой эпюры – графического изображения распределения механических напряжений, которое достигает максимума на некотором удалении от забоя. Если выработка приближается к участку повышенного давления газа, то за счет горного давления полости, в которых скопился газ, будут сжаты и давление метана в них возрастет. Толща угля, отделяющая выработку от насыщенного газом угольного массива, в какой-то момент будет взрывообразно разрушена, и газ вместе с частицами угля и тончайшей угольной пылью (так называемой бешеной мукой) ворвется в лаву. Произойдет то, что в горной терминологии называется внезапным выбросом угля и газа. Искрящее электрооборудование, горящая сигарета или зажигалка, искры от соударения частиц горной породы приводят к взрыву. Что-то подобное, по-видимому, случилось на шахте «Ульяновская» и многих других.

Первый внезапный выброс угля и газа был зарегистрирован еще в 1834 году на шахте «Исаак» во Франции. В России это впервые случилось в 1906 году в Донбассе. Самый мощный в мире выброс произошел в этом бассейне на шахте им. Ю.А.Гагарина в 1968 году. Выработку шахты засыпало углем на протяжении 650 м. Было выброшено 14 тыс. т угля

и 600 тыс. м<sup>3</sup> метана. Слой бешеной муки на поверхности массы разрушенного угля составлял 40–50 см. Обычно внезапные выбросы происходят при обработке угольных пластов, залегающих на глубинах более 400 м от поверхности при метанообильности пластов свыше 10–30 м<sup>3</sup>/т. Отчетлива тенденция: при обработке угольных пластов, залегающих на все более глубоких горизонтах шахт, частота внезапных выбросов и взрывов метана возрастает. По иронии судьбы максимальная метанообильность свойственна коксующимся углям, из которых производят металлургический кокс. Кокс – незаменимый компонент выплавки железа из руды, без него никак не может обойтись черная металлургия. Вот почему, несмотря на очевидные угрозы, связанные с добычей коксующихся углей, отказаться от них невозможно.

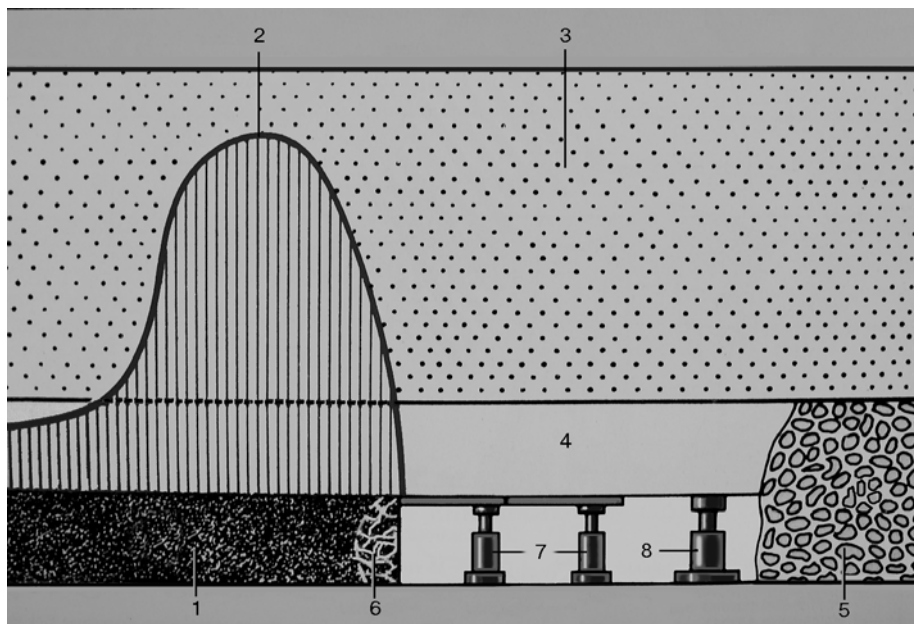
## Как уменьшают опасность?

На рисунке в начале статьи представлена реконструкция угольной шахты XV–XVI веков. Вентиляцию горных выработок, как можно предположить, проводили следующим образом. В верхней части шахтного ствола делали короткую горизонтальную выработку, в которой поддерживали пламя костра. Поток горячего воздуха, выходящий на поверхность, создавал тягу, как в бытовой печи, и она вытягивала загрязненный шахтный воздух.

С началом промышленной революции потребность в угле выросла. Пришлось углублять шахты и перемещать работы на все более глубокие горизонты, а вслед за этим участились случаи взрыва газа и связанные с этим тяжелые катастрофы с человеческими жертвами.

Было замечено, что причиной взрывов во многих случаях было воспламенение газа от светильных ламп, используемых шахтерами. В древности источником света в подземных горных выработках служили лучины, сальные коптилки, факелы – те же, что и в быту. С развитием горного промысла появились специальные лампы, напоминающие памятные нам керосиновые, но заправляемые сурепным маслом. Их использовали до начала XIX века.

Безопасную лампу для шахт с повышенным выделением газа (метана) сконструировал выдающийся английский химик Хэмфри Дэви в 1815 году. В ней металлическая сетка закрывала пламя от прямого контакта с шахтным воздухом и рассеивала тепло (рис. 2). Необходимый эффект достигается при использовании сетки, содержащей 156 ячеек на 1 см<sup>2</sup>. Использование лампы Дэви может считаться первым успехом в борьбе с угольным метаном.



**1**  
*Схема проявления горного давления в лаве:*  
1 – угольный пласт;  
2 – горное (опорное) давление;  
3 – основная кровля (при обработке угольного пласта она обычно не обрушивается);  
4 – непосредственная кровля (после обработки угольного пласта обычно обрушивается);  
5 – обрушение породы;  
6 – зона «отжима» (раздавленный горным давлением уголь);  
7, 8 – крепление кровли пласта





2  
**Шахтный светильник  
с предохранительной сеткой (лампа Х.Дэви)  
для шахт с повышенным содержанием  
взрывоопасных газов**



С тех пор мероприятия, призванные снизить опасность метанового взрыва, многократно расширились. Это, во-первых, вентиляция горных выработок для снижения концентрации метана в шахтном воздухе. Для нее нужна система оперативного контроля состава воздуха. Подобная система должна не только контролировать метан, но и при его опасной концентрации автоматически мгновенно отключать все потенциально искрящее оборудование и оповещать шахтеров об угрозе. Судя по заявлениям руководства угольной компании, на шахте «Ульяновская» было установлено самое современное английское оборудование такого рода. Но, как говорят, в момент аварии его по каким-то причинам отключили. Проверить это теперь трудно. Главное, однако, заключается в том, что трагические события иногда происходят внезапно, то есть им могли и не предшествовать какие-то тревожные признаки или они появились тогда, когда было уже поздно что-либо предпринять.

Так мы подошли к еще одному комплексу мероприятий, который может снизить опасность: заблаговременное предупреждение о возможности внезапного выброса. Если бы удалось его предсказать, то принять меры и при необходимости вывести шахтеров из опасных горных выработок было бы вполне реально. Геологи и горняки, ученые и практики, понимая важность проблемы, приложили огромные усилия к ее решению. Задача, однако, очень не проста.

Один из достаточно эффективных методов предупреждения – сейсмоакустический. Дело в том, что при росте механических нагрузок (рис. 1) и сжатии угольного пласта возникает так называемая геоакустическая эмиссия – шумы, которые может отметить специальная аппаратура и расшифровать служба непрерывной регистрации звуковых сигналов. И хотя обнаружить сейсмоакустические аномалии удается не всегда, во многих случаях метод позволил заранее предвидеть возможность выброса.

Поскольку скопления газа часто связаны со всякого рода тектоническими нарушениями угольных пластов, а положение последних, как правило, известно, составление прогноза опасности выбросов – это обязанность шахтной геологической службы.

И наконец, еще один комплекс защиты – превентивная дегазация угольных пластов, чтобы уменьшить поступление газа в горные выработки и предотвратить его внезапное выделение. Чаще всего для этого бурят специальные скважины, и через них газ выходит на поверхность. В последние годы удаляемый метан, которого выделяется совсем немало, стараются использовать, например, в энергетике. В России к этому ближе всего подошли в Кузнецком угольном бассейне. За рубежом (в США) она реализована в промышленных масштабах.

В заключение познакомим читателей с интересными, но малоизвестными событиями, связанными с угольным метаном. Речь пойдет о попытках повысить эффективность дегазации с помощью так называемых сотрясательных

взрывов – они создают в пластах дополнительные трещины, по которым газ легче удаляется. Эта методика эффективна во многих случаях.

В 70-х годах при формировании программ использования ядерных взрывов в мирных целях было принято решение о подземном взрыве ядерного заряда с целью сотрясения большого объема угленосных отложений. Привлекательность ядерного взрыва состояла в том, что сотрясение должно было одновременно охватить большой объем угленосных отложений и, следовательно, эффективность мероприятия ожидалась весьма высокой. Говорят, горняки и геологи возражали против этого эксперимента, считая, что планируемая мощность заряда была совершенно недостаточной для получения практически ощутимого результата. Применение же заряда большей мощности создавало огромный риск для густонаселенного региона. Однако знающих и опытных скептиков не послушали. Как сказал античный автор: «Большая часть взяла верх над лучшей». В сентябре 1979 года на шахте «Юнком» в Донбассе (теперь она находится на Украине) прогремел подземный ядерный взрыв. Заряд мощностью, эквивалентной 300 тоннам тринитротолуола, был заложен на глубине 800 м между самыми опасным по внезапным выбросам угольными пластами. Студенты-заочники геофака Ростовского университета, которым автор читал лекции по геологии угольных месторождений, рассказывали ему об этих событиях. Они почему-то считали, что испытаниями руководил академик П.Л.Капица. Завеса строжайшей секретности, отсутствие надежной информации и рискованность эксперимента вызывали определенное недоверие к этим рассказам. И только значительно позже все подтвердилось, за исключением имени руководителя – в действительности им был другой академик.

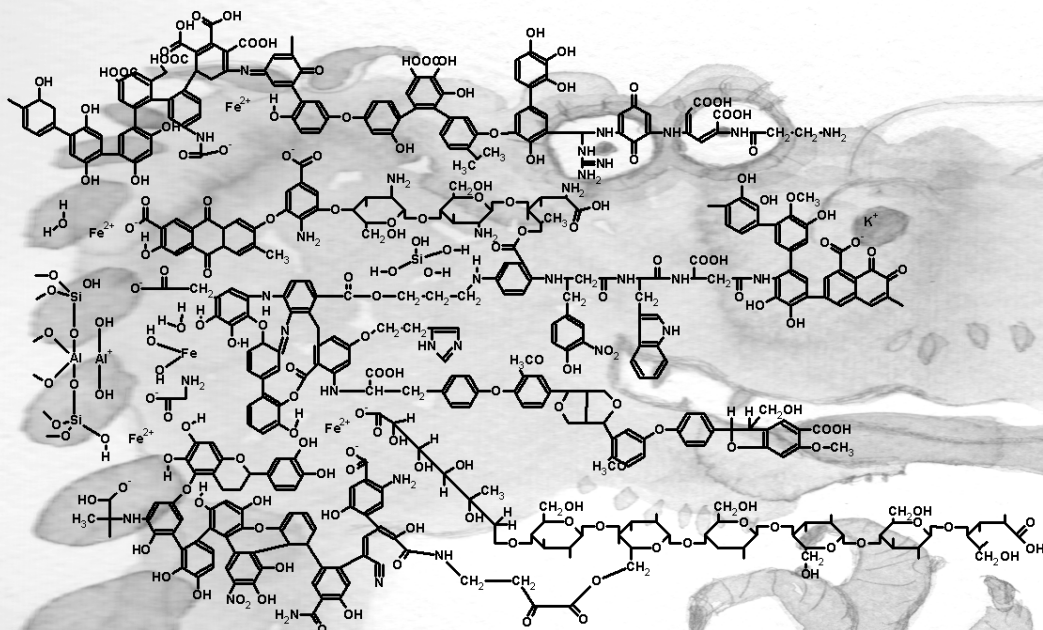
Эффект ядерного эксперимента оказался чрезвычайно мал. Судите сами: уже менее чем через год на шахте произошел внезапный выброс, расстояние которого от эпицентра атомного взрыва составило всего 60 м! В довершение позже обнаружилось, что у жителей района появились симптомы заболеваний, сходных с радиационным поражением черномышских спасателей. Если это действительно так (об этом писали СМИ), вполне вероятно, что это связано с поступлением радиации из зоны взрыва на поверхность.

Таков угольный метан. Если не считать неясных перспектив его утилизации, все, что с ним связано, следует изображать только черными красками. Добавим к этому, что угольный метан, который вследствие природных процессов или искусственной дегазации поступает в атмосферу, становится фактором парникового эффекта и глобального потепления климата. Один моль метана поглощает в 25 раз больше ИК-радиации, чем углекислый газ.

Все сказанное, однако, не должно бросать тень на метан газовых месторождений – природный горючий газ, на котором держится более 20% современной мировой энергетике.



# Гуминовые вещества — вызов химикам XXI века



*1*  
*Гипотетический  
структурный  
фрагмент гумусовых  
кислот почв  
(Кляйнхемпель, 1970)*

*Есть огромный класс природных органических веществ, о котором химики надолго и совершенно незаслуженно забыли. Между тем с точки зрения химии будущего их возможности безграничны, а область их возможного применения очень велика. Речь о гуминовых веществах.*



## Что такое гуминовые вещества?

Это основная органическая составляющая почвы, воды, а также твердых горючих ископаемых. Гуминовые вещества образуются при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды. В.И.Вернадский в свое время называл гумус продуктом коэволюции живого и неживого планетарного вещества. Более развернутое определение уже в 90-х годах XX века дал профессор кафедры химии почв МГУ Д.С.Орлов: «Гуминовые вещества — это более или менее темноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения, преимущественно кислотной природы». Из этого следует только один вывод: вплоть до сегодняшнего дня определение гуминовых веществ имело скорее философский, чем химический смысл. Причины кроются в специфике образования и строения этих соединений. Откуда же они берутся и что они собой представляют?



Образование гуминовых веществ, или гумификация, — это второй по масштабности процесс превращения органического вещества после фотосинтеза. В результате фотосинтеза ежегодно связывается около  $50 \cdot 10^9$  т атмосферного углерода, а при отмирании живых организмов на земной поверхности оказывается около  $40 \cdot 10^9$  т углерода. Часть отмерших остатков минерализуется до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , остальное превращается в гуминовые вещества. По разным источникам, ежегодно в процесс гумификации вовлекается  $0,6\text{--}2,5 \cdot 10^9$  т углерода.

В отличие от синтеза в живом организме, образование гуминовых веществ не направляется генетическим кодом, а идет по принципу естественного отбора — остаются самые устойчивые к биоразложению структуры. В результате получается стохастическая, вероятностная смесь молекул, в которой ни одно из соединений не тождественно другому. Таким образом, гуминовые вещества — это очень сложная смесь природных соединений, не существующая в живых организмах.

История изучения гуминовых веществ насчитывает уже более двухсот лет. Впервые их выделил из торфа и описал немецкий химик Ф.Ахард в 1786 году. Немецкие исследователи разработали первые схемы выделения и классификации, а также ввели и сам термин — «гуминовые вещества» (производное от латинского *humus* — «земля» или «почва»). В исследование химических свойств этих соединений в середине XIX века большой вклад внес шведский химик Я.Берцелиус и его ученики, а потом, в XX веке, и наши ученые-почвоведы и углехимики: М.А.Кононова, Л.А.Христева, Л.Н.Александрова, Д.С.Орлов, Т.А.Кухаренко и другие.

Надо сказать, что к началу XX века интерес химиков к гуминовым веществам резко упал. Понятно почему — было достоверно установлено, что это не индивидуальное соединение, а сложная смесь макромолекул переменного состава и нерегулярного строения (рис. 1), к которой неприменимы законы классической термодинамики и теории строения вещества.

Фундаментальные свойства гуминовых веществ — это нестехиометричность состава, нерегулярность строения, гетерогенность структурных элементов и полидисперсность. Когда мы имеем дело с гуминовыми веществами, то исчезает понятие молекулы — мы можем говорить только о молекулярном ансамбле, каждый параметр которого описывается распределением. Соответственно, к гуминовым веществам невозможно применить традиционный способ численного описания строения органических соединений — определить количество атомов в молекуле, число и типы связей между ними. В какие-то моменты ученым, наверное, казалось, что работать с этими веществами совсем невозможно — они как «черный ящик», в котором все происходит непредсказуемо и каждый раз по-иному.

Чтобы хоть как-то упростить систему, исследователи предложили способ классификации гуминовых веществ,



основанный на их растворимости в кислотах и щелочах. Согласно этой классификации, гуминовые вещества подразделяют на три составляющие: гумин – неизвлекаемый остаток, не растворимый ни в щелочах, ни в кислотах; гуминовые кислоты – фракция, растворимая в щелочах и нерастворимая в кислотах (при  $\text{pH} < 2$ ); фульвокислоты – фракция, растворимая и в щелочах, и в кислотах. Гуминовые и фульвокислоты, взятые вместе, называют «гумусовыми кислотами». Это наиболее подвижная и реакционноспособная компонента гуминовых веществ, активно участвующая в природных химических процессах.

По мере погружения в «молекулярный хаос» гуминовых веществ химикам открылось то, что уже давно было известно почвоведом, – хаос только кажущийся. Так, например, диапазон вариаций атомных отношений основных составляющих элементов (С, Н, О и N) не столь уж широк. При этом он отчетливо зависит от источника происхождения гуминовых веществ. Максимальное содержание кислорода и кислородсодержащих функциональных групп наблюдается в веществах, полученных из воды, и дальше их содержание снижается в ряду: «вода – почва – торф – уголь». В обратной последовательности увеличивается содержание ароматического углерода.

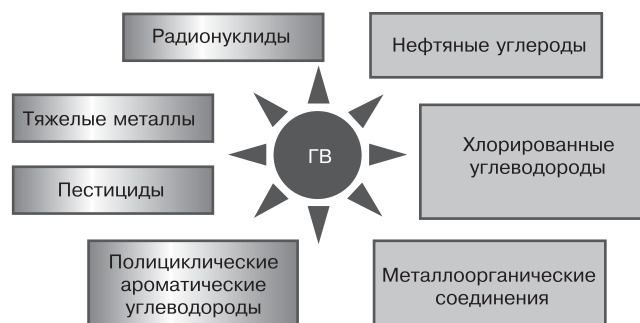
Выяснилась еще одна закономерность. У всех гуминовых веществ (не важно, какого происхождения) единый принцип строения. У них есть каркасная часть – ароматический углеродный скелет, замещенный функциональными группами. Среди заместителей преобладают карбоксильные, гидроксильные, метоксильные и алкильные группы. Помимо каркасной части, у гуминовых веществ есть и периферическая, обогащенная полисахаридными и полипептидными фрагментами. Гуминовые вещества, повторим еще раз, – одни из самых сложных по строению природных органических соединений, в этом они превосходят даже нефти, лигнины и угли.

Чтобы можно было количественно описать структуру и свойства гуминовых веществ, на Химическом факультете МГУ мы предложили использовать молекулярные дескрипторы (структура записывается набором численных параметров, связанных с определенными свойствами) различных уровней структурной организации: элементного, структурно-группового и молекулярного. С помощью такого подхода строение гуминовых веществ можно описать набором параметров, которые отражают атомные отношения составляющих элементов, их распределение между основными структурными фрагментами и характеристики молекулярно-массового состава.

Важная характеристика вещества – его химические свойства, то есть способность вступать в реакции с другими соединениями. А как же быть при таком сложном строении? Спектр реакций, в которые могут вступать гуминовые вещества, очень широк, особенно это касается их наиболее реакционноспособной части – гумусовых кислот. Благодаря карбоксильным, гидроксильным, карбонильным группам и ароматическим фрагментам (рис. 2) гумусовые кислоты вступают в ионные, донорно-акцепторные и гидрофобные взаимодействия. В переводе на язык химии окружающей среды гуминовые вещества способны связывать различные классы экотоксикантов, образуя комплексы с металлами и соединения с различными классами органических веществ. Тем самым они выполняют функцию своеобразных посредников, смягчающих действие загрязнений на живые организмы.

Структурная группа	Тип взаимодействия
COOH	ионный обмен
CAr-OH	комплексобразование
$\text{>C=O}$	окисление-восстановление
$\text{C}_6\text{H}_6$	донорно-акцепторные
-CH <sub>n</sub>	гидрофобные взаимодействия

2  
Химические свойства гумусовых кислот



3  
Связывание экотоксикантов гуминовыми веществами

## Где встречаются гуминовые вещества?

Гуминовые вещества есть почти повсюду в природе. Их содержание в морских водах 0,1-3 мг/л, в речных – 20 мг/л, а в болотах – до 200 мг/л. В почвах гуминовых веществ 1–12%, при этом больше всего их в черноземах. Лидеры по содержанию этих соединений – органо-генные породы, к которым относятся уголь, торф, сапропель, горючие сланцы. Обычно гуматы получают из окисленного бурого угля (его еще называют леонардитом), потому что в нем гуминовых веществ до 85%. Еще этот уголь удобен тем, что у него низкая теплотворная способность, поэтому его обычно сгребают в отвалы. Получается, что основной источник гуминовых веществ – отходы добычи бурого угля, а это полностью соответствует основным принципам «зеленой химии». Запасы бурого угля в мире превышают 1 трлн.т.

Второй источник гуминовых веществ – торф (его мировые запасы больше 500 млрд. тонн). Из-за того что при торфяных разработках нарушаются естественные болотные ландшафты, то есть экосистемы, необходимые для поддержания экологического равновесия, добычу торфа в мире признали нецелесообразной. Однако в России торф активно добывают, причем в некоторых экономически отсталых регионах это единственный способ добычи средств к существованию для населения. В основном торф идет на топливо и местные удобрения, поэтому, если бы из него же извлекать гуминовые вещества, этот уникальный природный ресурс можно было бы использовать более рационально. Конечно, с точки зрения «зеленой химии» торф не идеальный источник гумино-

вых веществ, но в краткосрочной перспективе это вполне приемлемо.

Наконец, третий крупномасштабный источник гуминовых веществ – сапропель (донные отложения пресноводных водоемов, образующиеся из остатков растений и животных). Только в России его запасы составляют 225 млрд. м<sup>3</sup>. Однако в сапропеле гораздо больше минеральных примесей, чем в торфе и угле, и он существенно разнообразнее по химическому составу, поэтому нужны более сложные технологии его переработки. С другой стороны, для производства сырья на месте и этот вариант может оказаться полезным. Тем более что в сапропеле нередко уже содержатся различные микроэлементы, которые нужны в качестве удобрений и кормовых добавок. Параллельно при добыче сапропеля удается очистить заиливающиеся озера.

Основной метод, которым выделяют гуминовые вещества, – щелочная экстракция растворами аммиака или гидроксидами калия или натрия. Такая обработка переводит их в водорастворимые соли – гуматы калия или натрия, обладающие высокой биологической активностью. Метод практически безотходный, поэтому его широко используют и в России, и за рубежом. Альтернативный способ предполагает механическое измельчение бурого угля с твердой щелочью, в результате чего получается твердый, растворимый в воде гумат калия и натрия.

## Где их использовать

Сначала надо рассказать о той важной роли, которую гуминовые вещества выполняют в биосфере. Они участвуют в структурообразовании почвы, накоплении питательных элементов и микроэлементов в доступной для растений форме, регулировании геохимических потоков металлов в водных и почвенных экосистемах.

К концу XX века, одной из основных проблем которого стало химическое загрязнение окружающей среды, гуминовые вещества, как уже говорилось, начали выполнять роль естественных детоксикантов. Гумусовые кислоты связывают в прочные комплексы ионы металлов и органические экотоксиканты в воде и почве (рис. 3). Известно, что наиболее активен свободный токсикант, связанное вещество не так опасно, поскольку теряет биодоступность.

Во всех моделях биогеохимических циклов загрязняющих веществ, которые создают для того, чтобы оценить опасность, скорость накопления и время жизни ядов в окружающей среде, обязательно надо учитывать их взаимодействие с гумусовыми кислотами. Оно коренным образом меняет и химическое, и токсикологическое поведение вредных веществ. В свое время это дало новый импульс исследованиям – надо же было получить количественные характеристики взаимодействия гумусовых кислот с экотоксикантами.

Химики, вооруженные сложнейшими инструментальными методами, с энтузиазмом принялись за гумусовые вещества. Сегодня в «Chemical Abstracts» каждый год можно найти рецензии на более чем 2000 статей, посвященных этому вопросу. В результате накоплен колоссальный экспериментальный материал. Особо надо отметить тот факт, что наряду с теоретическими изысканиями растет количество прикладных исследований.

В каких областях сегодня применяют гуминовые вещества? Чаще всего – в растениеводстве как стимуляторы роста или микроудобрения. В отличие от аналогичных синтетических регуляторов роста, гуминовые препараты не только влияют на обмен веществ растений.



При систематическом их использовании улучшается структура почвы, ее буферные и ионообменные свойства, становятся активнее почвенные микроорганизмы. Особого внимания заслуживают адаптогенные свойства – гуминовые препараты повышают способность растений противостоять болезням, засухе, переувлажнению, переносят повышенные дозы солей азота в почве. Преимущества гуминовых препаратов заключаются также в том, что они повышают усваивание питательных веществ, а значит, нужно меньше минеральных удобрений без ущерба для урожая.

В последнее время перспективными считают органоминеральные микроудобрения, содержащие гуматы калия и/или натрия с добавкой Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Co и B в хелатной форме. Особенно они хороши на карбонатных почвах, где, несмотря на высокие концентрации микроэлементов, содержание их в доступной для растений форме невелико. Надо сказать, что обычно для этих же целей применяют микроудобрения на основе синтетических лигандов (ЭДТА, ДТПА, ЭДДГА). Они эффективны, но в их промышленном производстве используют и монохлоруксусную кислоту, и этилендиамин, получаемые из хлорированных углеводородов. Конечно, такое производство небезопасно для человека и окружающей среды. Кроме того, если регулярно вносить удобрения с синтетическими лигандами, то они накапливаются в почве, а это ухудшает ее свойства. Поэтому создание и использование удобрений на основе гуминовых препаратов – куда более безопасная альтернатива.

Другое интересное применение гуминовых веществ – рекультивация загрязненных почв и вод. Их пытаются также применять для очистки и рекультивации территорий, загрязненных органическими веществами и нефтепродуктами, а также тяжелыми металлами. Уже разработаны и используются твердые сорбенты на основе гуминовых веществ.

Наряду со связывающими свойствами гуминовые вещества имеют ярко выраженные поверхностно-активные свойства. Поэтому их добавляют для лучшей растворимости гидрофобных органических веществ (например, нефтепродуктов). Гуминовые вещества входят в состав буровых растворов, а также служат основой растворов, предназначенных для промывания водоносных горизонтов, загрязненных ароматическими веществами. Также для этих целей используют синтетические ПАВ, но, в отличие от них, гуминовые вещества совершенно безопасны для природы.

Другие способы их применения пока остаются экзотикой. Основная причина – та самая гетерогенность структуры, которая, с одной стороны, дает чрезвычайно широкий спектр свойств, а с другой – неспецифичность действия.

Как уйти от этой неспецифичности, создать гуминовые вещества более направленного действия? Например, для рекультивации сред, загрязненных гидрофобными органическими соединениями, нужны гуминовые

препараты, обладающие повышенным сродством по отношению к загрязняющим веществам, то есть тоже гидрофобные. А вот при создании микроудобрений на гуминовой основе они, наоборот, должны быть гидрофильными и прекрасно растворяться в воде. Поэтому, чтобы повысить эффективность применения гуминовых препаратов в конкретной области и расширить спектр их применения, надо научиться направленно менять их свойства. Причем получающийся продукт должен быть стабильным, а его свойства воспроизводимыми.

## Дизайн гуминовых материалов

Итак, цель — получение гуминовых производных с заданными свойствами (рис. 4,5). То есть надо найти такой способ их модификации, после которого усилятся уже имеющиеся положительные свойства и появятся новые. Желательно вдобавок, чтобы такой способ можно было использовать в промышленном масштабе. При решении этой сложной химической проблемы надо, с одной стороны, максимально сохранить гуминовый каркас после серии реакций — в этом залог нетоксичности и устойчивости к биоразложению, а с другой стороны, максимально модифицировать в нужном направлении активные группы. Скажем несколько слов о предлагаемых методах и подходах.

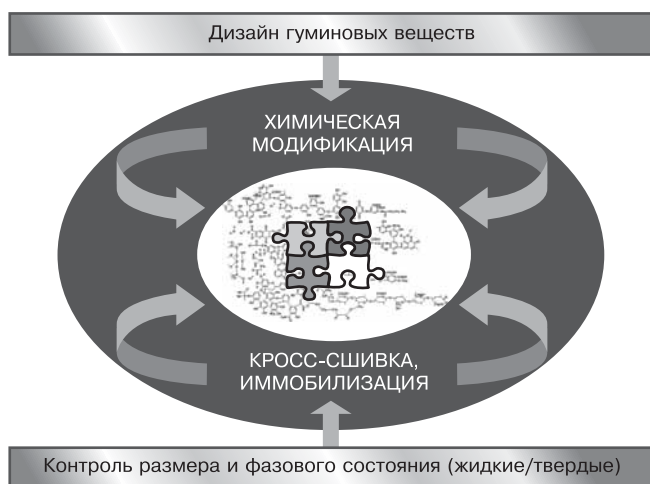
Чтобы увеличить растворимость комплексов с метал-

лами в воде, на Химическом факультете МГУ мы провели сульфирование гуминовых веществ. Дело в том, что, когда речь идет о микроудобрениях с гуминовыми кислотами, растворимость комплексов гуминовых веществ с металлами ниже, чем у синтетических аналогов. Чтобы решить эту задачу, мы ввели дополнительные сульфогруппы, после чего, как показали эксперименты, растворимость гуматов железа действительно увеличилась.

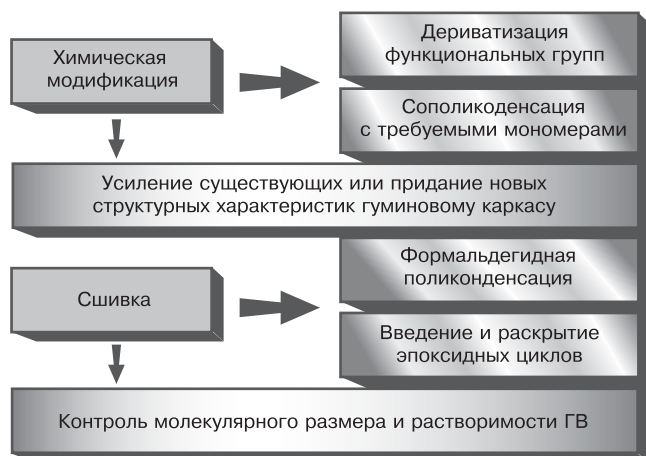
Для решения другой задачи — увеличения гидрофобности гуминовых веществ — мы провели кислотный гидролиз гуминовых веществ. Напомним, что гуминовые молекулы состоят из двух строительных блоков, различающихся по химической природе: ароматического каркаса и углеводно-пептидной периферии. При этом известно, что в зависимости от того, какой фрагмент преобладает — гидрофобный ароматический или гидрофильная периферия, — будут сильно изменяться поверхностная активность и способность гуминовых веществ к гидрофобным взаимодействиям. Наши эксперименты подтвердили, что если разложить гуминовые вещества на составляющие, то, например, каркасные фрагменты на 20% лучше связывают пирен, чем исходные препараты.

Совершенно другой тип модификации мы использовали для того, чтобы сделать гуминовые вещества более активными восстановителями. Дело в том, что именно восстановительные свойства определяют способность гуминовых препаратов нейтрализовать окисленные актиниды (например, плутоний). Мы взяли гуминовые вещества, полученные из окисленного угля — как мы уже говорили, основного сырья для промышленного производства гуминовых препаратов. У этих гуминовых веществ самое высокое содержание ароматического углерода (свыше 60%) и нет углеводных фрагментов. К ним мы присоединили различные хиноидные фрагменты с помощью фенолформальдегидной конденсации и получили высокоактивные гуминовые редокс-полимеры (рис. 6). Они действительно лучше восстанавливали радионуклиды. Более того, чтобы сделать реакцию «зеленой» при производстве в промышленном масштабе, мы отработали такую реакцию, для проведения которой не нужен токсичный формальдегид. Оказалось, что такой способ позволяет ввести хиноидный фрагмент в гуминовое вещество «по выбору» — достаточно одного незамещенного положения в фенольном фрагменте гуминового каркаса. В результате получается целый набор хиноидно обогатченных гуминовых производных с различными электрохимическими свойствами.

Следующий наш шаг — получение гуминовых производных с повышенной сорбционной способностью на минеральных матрицах (рис. 7). Зачем это нужно? Основное, что останавливает применение гуминовых веществ в природоохранных технологиях: после того как детоксикант вносят в почву и он адсорбирует металл, непонятно, как предотвратить его дальнейшее передвижение. Идеальным решением проблемы было бы заставить гуминовые вещества необратимо прилипать к минеральным поверхностям (например, к песку или глинам). Учитывая, что основная составляющая природных минералов — это кремнезем, то самый удобный способ — создать связь Si—O—Si между гуминовым веществом и минеральной матрицей. Тогда можно получить порошок с поверхностно-активными группами, которые после растворения в водоеме будут прилипать к минеральной поверхности. Вопрос только в том, как это сделать? Казалось бы, все просто: нужно ввести силанольный фрагмент в гуминовый каркас — и дело с концом. Но такие гуминовые вещества в воде будут полимеризоваться, и ничего хорошего из этого не выйдет.



4  
Дизайн гуминовых материалов



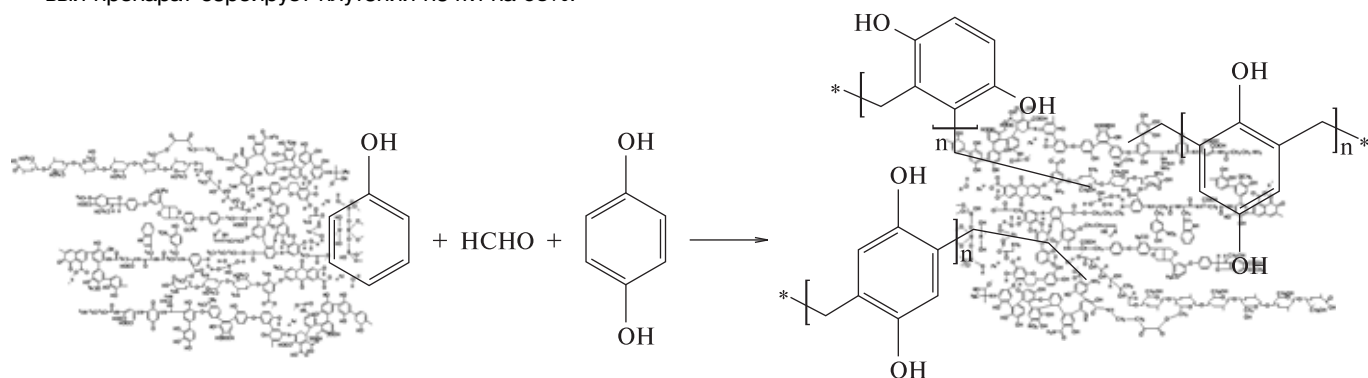
5  
Способы химической модификации гуминовых веществ



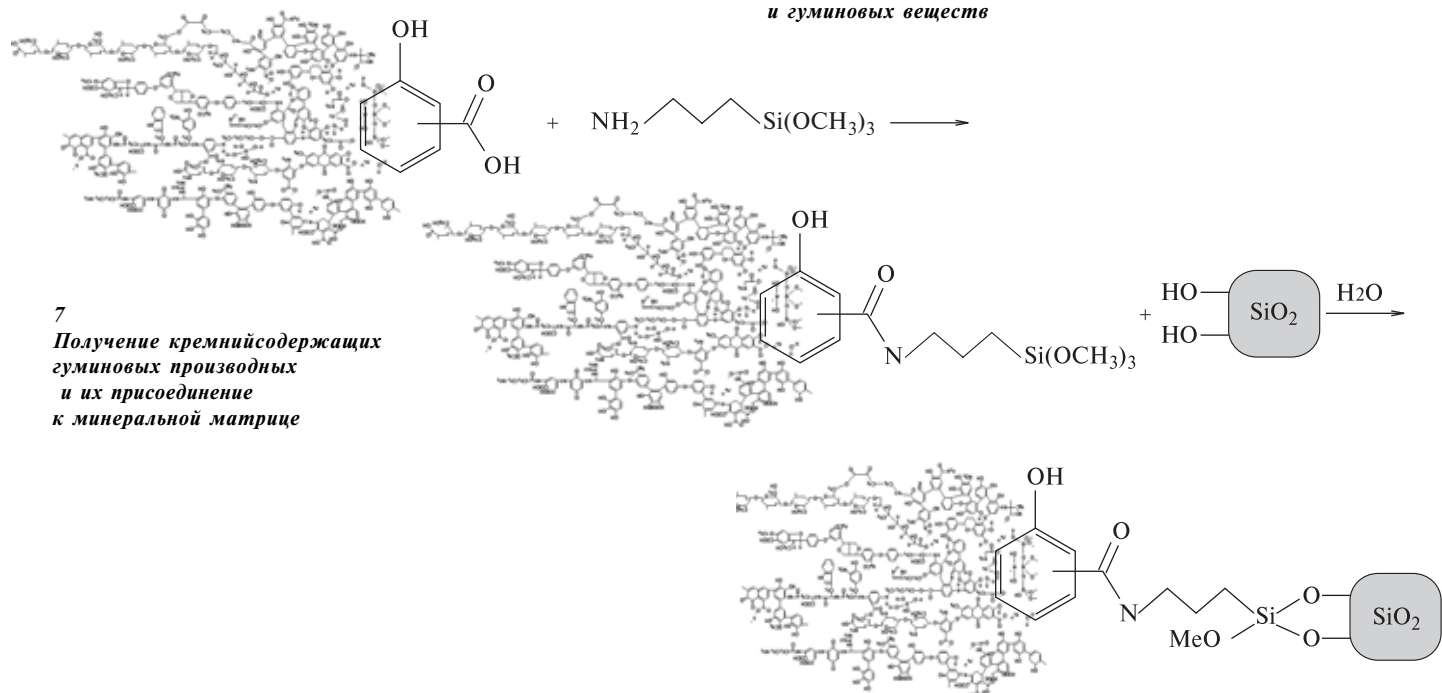
Мы обратились за помощью к коллегам в лабораторию элементоорганических соединений Института синтетических полимерных материалов (ИСПМ) РАН. И решение было найдено: нужно вводить не силанольную группу, а алкоксисилильную. Такое вещество в воде будет гидролизаться и высвобождать гуминовые вещества с силанольными группами. Сказано – сделано: были получены гуминовые производные (рис. 7), которые с успехом сели на силикагель (модель минеральной поверхности) из водного раствора. Оказалось, что, изменяя степень модификации гуминовых веществ, можно управлять и свойствами, которыми будет обладать гуминовая пленка. По экспериментальным данным, новый препарат сорбирует плутоний почти на 95%.



РЕСУРСЫ



6  
Фенолформальдегидная конденсация гидрохинона и гуминовых веществ



7  
Получение кремнийсодержащих гуминовых производных и их присоединение к минеральной матрице

Конечно, невозможно охватить в одной статье и даже в книге все накопленные данные по существующим способам и перспективам использования гуминовых веществ. Публикации последних лет содержат большое количество оригинальных предложений по новым областям применения гуминовых препаратов. Наряду с растениеводством их все больше используют в медицине, животноводстве и других областях.

Очередная конференция Международного гуминового общества называется «От молекулярного понимания – к инновационным применениям гуминовых веществ». Она пройдет в России (14 – 19 сентября 2008 года) под эгидой IUPAC, а ее организатор – Химфак МГУ. Это вполне закономерно подтверждает лидерство наших ученых в

этой области химии. Кстати, они совершенно уверены, что это сырье будущего. Почему? Потому что гуминовые вещества проявляют уникальные биологические свойства, не нанося никакого вреда природе.

#### Что еще почитать о гуминовых веществах

**Орлов Д.С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990.

**Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кощеева И.Я.** Геохимическая роль гумусовых кислот в миграции элементов. В сб. «Гуминовые вещества в биосфере». М.: Наука, 1993.

**Левинский Б.В.** Все о гуматах. Иркутск, 2000.

**Лунин В.В., Тундо П., Локтева Е.С.** Зеленая химия в России. Изд-во Моск. ун-та, 2004.



# Александр Николаевич Энгельгардт

**А**лександр Николаевич Энгельгардт родился 21 июля (2 августа) 1832 года в семье крупного землевладельца Николая Федоровича Энгельгардта, в имении Климово Смоленской губернии (ныне Ярцевский район Смоленской области). До шестнадцати лет его обучали и воспитывали дома. В 21 год в чине поручика Александр окончил Михайловское артиллерийское училище, где получил прекрасную подготовку по математике, механике, химии. Был причислен литейщиком к Санкт-Петербургскому арсеналу. Через полтора года его перевели в Новый арсенал начальником литейной мастерской, позднее назначили правителем дел Комиссии артиллерийского ученого комитета.

В арсенале А.Н.Энгельгардт исследовал физико-химические свойства сплавов, идущих на отливку больших пушек, совершенствовал технологию литья. В 1855 году его командировали изучать сталелитейное производство на пушечных заводах Круппа. В «Артиллерийском журнале» он выступал с историческими обзорами, посвященными литью медных и стальных пушек в России, с описаниями опытов по сравнению прочности отечественных и немецких орудий; с сообщениями «о новейших исследованиях по предмету химии, касающихся артиллерии». Более десяти лет (1853–1866) Александр Николаевич отдал военной службе.

Двадцатилетним, обдумывая будущую жизнь, Энгельгардт писал в дневнике: «Нужно многим заняться, естественными науками в особенности... Труд, умеренность, твердая воля, не обращать внимание на слова других — вот что мне нужно для достижения моей цели». Выполняя намеченное, Энгельгардт «поселился в своей квартире, завел свою лабораторию и начал заниматься изучением органической химии, слушал лекции Зинина, читал Жерара, делал опыты». Уже первые его исследования 1855 года «О действии анилина на изатин, бромизатин и хлоризатин» и «О действии броманилина и хлоранилина на изатин» были опубликованы в «Бюллетене» Академии наук. Другие работы в этой области позднее увидели свет на страницах того же бюллетеня, «Журнала Русского химического общества», в Трудах съездов русских естествоиспытателей. Часть их он написал в соавторстве с П.А.Лачиновым, А.Ф.Волковой. Предметом исследований были ароматические соединения: тимол и его производные, крезолы и их производные, дифениловые соединения, амины, нитросоединения, бензальдегид, фенол. По подсчетам профессора Л.Л.Балашева, автора вступительной статьи и примечаний к письмам А.Н.Энгельгардта «Из деревни» (издание 1967 года),

с 1854 по 1870 год он опубликовал около 50 работ по органической химии и артиллерийскому делу.

В этот период ученый многое сделал для общения русских химиков, издания их трудов на русском языке, содействуя развитию химии, распространению химических знаний в стране. С 1857 года Н.Н.Соколов и А.Н.Энгельгардт на протяжении трех лет содержали на свои средства первую в России публичную химическую лабораторию. Она была устроена по образцу Гисенской лаборатории Ю.Либиха, в которой учились Н.Н.Зинин и сам Соколов. В 1859 году начал выходить первый в России научный «Химический журнал Н.Соколова и А.Энгельгардта», он издавался два года.

Публикации по вопросам химии заняли 1700 страниц. С 1861 по 1864 год вышло шесть томов русского «Энциклопедического словаря», химический отдел которого редактировал Энгельгардт. В 1868 году состоялось первое заседание Русского химического общества. А.Н.Энгельгардт был одним из инициаторов его создания, подписантом Устава, деятельным членом общества, организатором специального журнала — «Журнала Русского химического общества».

В 1860-е годы наряду с научными начали появляться популярные и публицистические статьи ученого. Первые — по разным отраслям естествознания, вторые — о влиянии земельной реформы 1861 года на развитие сельского хозяйства. Выходили они в журналах «Рассвет», «Отечественные записки», «Сельское хозяйство и лесоводство», в «Земледельческой газете», «Санкт-Петербургских ведомостях», в «Трудах Вольного экономического общества». Часть их составила «Сборник общепонятных статей по естествознанию» (СПб., 1867, вып.1.) и книгу «Химические основы земледелия» (Смоленск, 1878). Энгельгардт занимался переводом книг Р.Гофмана «Земледельческая химия» (1863) и Ф.Крокера «Руководство к сельскохозяйственному анализу», пропагандировал идеи минерального питания растений Ю.Либиха, теорию происхождения видов Ч.Дарвина.

В 1864 году А.Н.Энгельгардта пригласили в только что открытый Санкт-Петербургский земледельческий институт исполнять по совместительству обязанности профессора. Он читал еженедельно три лекции по земледельческой химии и каждый день проводил четырехчасовые занятия по качественному и количественному анализу. Позднее к ним добавились лекции по органической химии. Перед химической лабораторией Энгельгардт поставил такие задачи: практическое образование студентов и исследование вопросов, касающихся русского сельского хозяйства. В книге «О фосфоритах в России» (СПб., 1868) он отмечал: «Растения извлекают из почв различные вещества, но между всеми этими веществами первое место по важности для земледельца занимает фосфорная кислота... Для приготовления тук, богатых фосфорной кислотой, употребляются кости животных и ... камни: апатиты, фосфориты, копролиты». Фосфорные



удобрения (их поиски, анализ, приготовление, использование) стали предметом постоянной заботы лаборатории Энгельгардта в течение многих лет.

В 1865 году профессор «нашел удобный способ разложения костей посредством поташа или золы и извести для приготовления тука, богатого фосфорною кислотой и, кроме того, содержащего известь, щелочи, азотистые вещества, аммиак». Он установил: «Особенно золы гречишная и подсолнечниковая превосходно разлагают кости». «Либих отозвался, что этот способ есть лучший из всех известных... для местностей, где... зола добывается в изобилии». Метод был отмечен Демидовской премией. Костяное удобрение, приготовленное этим методом, экспонировалось на Всемирной Парижской выставке 1867 года. Однако «способ остался без применения», поскольку «время еще не пришло», — писал автор.

Летом 1866 года по командировке Департамента земледелия и сельской промышленности А.Н.Энгельгардт вместе с выпускником Императорского лицея, слушателем института А.С.Ермоловым «обследовал залежи фосфоритов — «саморода» на пространстве между реками Десной и Волгой в губерниях Смоленской, Орловской, Курской, Воронежской, Тамбовской». Собранные материалы два года анализировали в институте, русские фосфориты сравнивали с суфолкскими и арденскими. Оказалось, что зарубежные образцы содержат намного меньше фосфорной кислоты, чем отечественные; что операция отмучивания, применяемая в металлургии для обогащения бедных руд, может быть использована при изготовлении из саморода тука с повышенным процентом фосфорной кислоты. Энгельгардт пришел к убеждению: «Самород даст нам все средства для поправки наших истощенных почв. ...Нам никогда не придется покупать фосфорные туки за границей... потому что наши залежи саморода неисчерпаемы». Результаты исследований были «опубликованы на немецком языке в изданиях Академии наук, на русском языке в журнале Министерства государственных имуществ и в общепонятной форме в газетах». Вскоре «составилась компания для разработки фосфоритов и для приготовления из них туков и устроился завод около Курска... Фосфорные туки, однако, не пошли, потому что время для них еще не наступило... Более того, знаю, что нужно, чтобы эти богатства не лежали втуне», — писал А.Н.Энгельгардт позже, в 1881 году. «Помещицы хозяйства, «grande culture», не имеют у нас смысла, не имеют «raison d'être» (права на существование) и суть только тормозы для развития хозяйства страны».

В конце 1866 года А.Н.Энгельгардт вышел в отставку по военному ведомству и был назначен профессором химии Земледельческого института. Химическая лаборатория продолжала анализы русских фосфоритов, а также костной и роговой муки, подсолнечниковых жмыхов, мусора из помойных ям, «ночного золота», удобре-

ний из березовой золы и костей; проводила разложение копыт, рогов, перьев щелочами; готовила костяное удобрение, о чем сообщалось в журнале «Сельское хозяйство и лесоводство». Весной 1868 года Министерство государственных имуществ «в уважение трудов А.Н.Энгельгардта по занятиям... со студентами и особых заслуг по исследованию залежей фосфоритов» наградило его премией (1000 рублей) и выделило 1200 рублей для обновления лаборатории.

М.Г.Кучеров писал в 1900 году: «Отстроенная по плану и под непосредственным наблюдением Александра Николаевича лаборатория сразу сделалась гордостью института... При лаборатории составила хорошая библиотека из необходимых журналов и справочных книг... Шкафы кладовой наполнялись обильным запасом всего», что нужно для лекционных демонстраций, учебно-практических и научных работ. В светлой, просторной, с красивой до изящества мебелировкой, удобно устроенной лаборатории «каждый день от утра до глубокой ночи можно было слышать... звучный, слегка картавый бас хозяина, щедро на все стороны расточавшего свою помощь, остроумие, веселость». Об А.Н.Энгельгардте этого периода М.Г.Кучеров вспоминал как о человеке, «исполненном огня, таланта, инициативы, экспансивности и множества личных связей в мире науки».

Лучшая в России химическая лаборатория привлекала в институт студентов. Если в 1868 году их было 96 человек, то в 1869-м — 161. В 1869 году на оснащение лаборатории благодаря настойчивости и энергии Энгельгардта было затрачено 3300 рублей. Многие ученики школы Энгельгардта стали известными людьми России: П.А.-Лачинов, П.А.Костычев, А.С.Ермолов, М.Г.Кучеров, В.И.-Ковалевский, В.Г.Котельников, Н.Чирвинский и другие.

Занимаясь искусственными удобрениями, А.Н.Энгельгардт не прекращал опыты с ароматическими соединениями. На химической секции Второго съезда русских естествоиспытателей и врачей (Москва, 1869) он сделал совместный с П.А.Лачиновым доклад «Об изомерных крезолах и их производных». В 1870 году Академия наук присудила им Ломоносовскую премию (1000 рублей) за исследования крезолов и нитросоединений, опубликованные в ЖРХО. Тогда же совет Харьковского университета (по представлению Н.Н.Бекетова и Гарнич-Гарницкого) присвоил А.Н.Энгельгардту степень почетного доктора химии за цикл работ по органической химии.

В 1870 году А.Н.Энгельгардт был избран деканом Земледельческого института. Его обязанностью стало воспитание студентов. С сентября по субботам начали проходить студенческие вечера. В декабре после участия в таком вечере он был арестован и помещен на два месяца в Алексеевский равелин Петропавловской крепости. В конце января 1871 года ему было объявлено, что «он уволен от службы и отдан под надзор полиции с воспрещением выезда за границу и въезда в столичные города



и города, где есть университеты». Педагогическая деятельность воспрещалась за внушение воспитанникам «безнравственных демократических идей». Для ссылки А.Н.Энгельгардт избрал свое имение Батищево в Дорогобужском уезде Смоленской губернии. Там он прожил 22 года (1871–1893).

В марте 1871 года М.Е.Салтыков-Щедрин предложил Энгельгардту «изобразить современное положение помещичьего и крестьянского хозяйства, сравнительно с таковым же до 1861 г.». С 1872 года опальный ученый написал 12 писем «Из деревни» (они составили 35 печатных листов). В июне 1872 года М.Е.Салтыков-Щедрин прислал восторженный отклик: «Статьи ваши все до одной драгоценны... Каждая Ваша строка будет принята «Отечественными записками» с величайшей благодарностью». 11 писем были опубликованы в «Отечественных записках» (1872–1882), 12-е – в «Вестнике Европы» (1887, № 5); отдельные издания выходили в 1882, 1885, 1897, 1937, 1956, 1960, 1999 годах. Письмами А.Н.Энгельгардта зачитывалась вся культурная Россия. Они поражали неумной энергией автора, тонкостью его наблюдений, неожиданностью обобщений, глубиной и объективностью, точной характеристикой действительности; их отличала живость, яркость изложения; от них веяло искренней любовью к человеку труда, к отечеству.

В первых письмах автор сравнивал свою столичную и деревенскую жизнь. «Три года назад я жил в Петербурге, служил профессором, получал почти 3000 рублей жалованья, занимался исследованиями об изомерных крезолах и дифенолах, ходил в тонких сапогах, в панталонах навыпуск, жил в таком теплом доме, что в комнатах можно было босиком ходить, ездил в каретах, ел устрицы у Эрбера, восхищался Лядовой в «Прекрасной Елене», верил тому, что пишут в газетах... С деревней... был знаком только по повестям... А теперь я живу в деревне, в настоящей деревне, из которой осенью и весной иной раз выехать невозможно. Не служу, жалованья никакого не получаю, о крезолах и дифенолах забыл, занимаюсь хозяйством, сею лен и клевер, воспитываю телят и поросят, хожу в высоких сапогах с заложенными в голенища панталонами, живу в таком доме, что не только босиком по полу пройти нельзя, но не всегда и в валенках усидишь, – а ничего, здоров. Езжу в телеге или на бегунках, не только сам правлю лошадей, но подчас и сам запрягаю, ем щи с солониной... восхищаюсь песнями, которые «кричат» бабы, и пляскою под звуки гобубца, не верю тому, что пишут в газетах... Удивительная разница».

И тем не менее и в письмах, и в статье «Из истории моего хозяйства. 1876–1878» нет и тени уныния: «Вспоминая, как сожалели, причитали о моем несчастье, когда судьба выкинула меня в деревню, я невольно улыбаюсь. Теперь я благодарю судьбу... Здесь на этом вольном воздухе, на этом приволье полей и лесов, среди этого охватывающего человека, наполняющего все существо его дела, настоящего дела, здесь, среди этой невозмутимо спокойной, серой массы, среди этих людей, ежедневно совершающих, не сознавая того, геройские подвиги, как простое дело, здесь, в деревне, я познал сладость свободы, нашел покой, счастье, почувствовал у себя под ногами почву, сделался сыном своей родины, познал ее силу, могущество, богатство, непобедимость». В деревне А.Н.Энгельгардт стал не только выдающимся писателем-публицистом, но агрономом-практиком, основателем русской агрохимии.

Энгельгардт приехал в запущенное после 1861 года имение, где из 560 га земли пахотных было 80 га. Он

заменил трехполье 15-польным севооборотом с посевом клевера и льна, с внесением навоза по пару, а с 1885 года начал применять минеральные удобрения. Урожай ржи и овса удвоились, стали устойчивыми. К 1893 году пашня заняла 120 га. Блестящий результат Энгельгардт объяснил так: «Я веду хозяйство фабрично... при помощи артели людей, работающих сообща и харчующихся из общего котла». С 1877 по 1887 год в его имении работало около 80 молодых интеллигентов, желающих научиться ведению сельского хозяйства. Однако к 1884 году ученый пришел к выводу, что «будущее не принадлежит таким хозяйствам, как мое. Будущее принадлежит хозяйствам тех людей, которые будут сами обрабатывать свою землю и вести хозяйство не единично, каждый сам по себе, но сообща».

Вскоре Энгельгардт перешел к опытам с искусственными удобрениями. В 1884 году он «сделал экскурсию в Рославльский уезд Смоленской губернии и разыскал там фосфориты... К.В. Мясоедов (помещик, двоюродный брат известнейшего художника Г.Г.Мясоедова – *Примеч. автора*)... размолот их на простой мельнице. Весной 1885 года он прислал для использования 100 пудов фосфоритной муки. Результат превзошел все ожидания. Фосфоритная мука, употребленная без навоза, на тощих почвах произвела поразительное действие как удобрение под рожь... Рожь... была гуще и выше ростом, перистее, отличалась темной зеленью, ранее выколосилась, стала ранее зреть... Ко времени жатвы... была много спелее...толще соломой, колосистее... В 1886 г. я употребил 400 пудов фосфоритной муки, в 1887–1300 пудов». «Фосфоритная мука есть превосходное средство для наших тощих северных почв», – заключил А.Н.Энгельгардт на основании опытов. Их он описал в книге «О хозяйстве в северной России и применении в нем фосфоритов. Сборник статей А.Н.Энгельгардта из Батищева (1872– 1888)» (СПб., 1888), а также в письмах «Из деревни».

«В 1887 г. В.В.Докучаев, В.И.Вернадский, П.А.Костычев, В.Г.Котельников и многие хозяева посетили Батищево, где видели результаты применения фосфоритов для удобрения под рожь... В.В.Докучаев был поражен». Еще в 1886 году П.А.Костычев анализировал в С.-Петербурге образцы почв из Батищева. «Оказалось, что батищевские почвы содержат значительное количество фосфорной кислоты. Но фосфорная кислота находится в виде... соединений, которые не могут усвоить растения, поэтому прибавка фосфоритной муки производит гигантское действие». Позже, по поручению Вольного экономического общества, в 1889 году почвы Батищева детально исследовал на месте бывший ученик В.В.Докучаева А.Р.Ферхмин. Он установил, что все они одного типа – подзолистые суглинки. Стала ясна правота заключения А.Н.Энгельгардта: «Вся штука в том, что нужно применять фосфориты на плохих землях».

С 1887 года Департамент земледелия стал выделять А.Н.Энгельгардту средства для приобретения фосфоритной муки под опыты. Анализами муки, поступающей из разных мест, а также аналогичными анализами почв и продуктов полей постоянно занимались П.А.Лачинов и П.А.Костычев. Для достоверности выводов и расширения представлений о пользе фосфоритов А.Н.Энгельгардт выполнил столько исследований, сколько под силу агрохимической опытной станции. Он изучал действие и последствие фосфоритной муки не только на рожь, но и на некоторые другие культуры; сравнивал ее действие с действием извести, мела, известкового туфа, навоза и таких фосфорных удобрений, как костяная мука, томасов шлак, суперфосфат; проводил сравнительную оцен-



ку муки, полученной из разных российских фосфоритов (смоленских, рязанских, костромских); выяснял, как влияет процентное содержание в ней фосфорной кислоты и степень измельчения фосфорита на урожайность растений; исследовал эффективность этой муки в зависимости от типа нечерноземных почв и хозяйственной истории участков, ее действие в сочетании с навозом и калийными удобрениями (каинитом, глауконитовым песком, древесной золой); определял зависимость действия муки от размещения удобряемого участка в севообороте. Полученные результаты ученый описал, по подсчетам профессора А.Г.Шестакова, более чем в 30 статьях. Свою деятельность по применению искусственных удобрений и созданию системы земледелия в Нечерноземной полосе России А.Н.Энгельгардт подытожил в книге «Фосфориты и сидерация» (СПб., 1891).

Многочисленными и многолетними опытами он опроверг выводы двадцатилетней давности. Тогда, в 1867–1869 годах, по инициативе экономиста А.П.Людоговского и под руководством Д.И.Менделеева Вольное экономическое общество провело первые в России научные опыты с минеральными удобрениями. Опыты пришлось на неблагоприятные по метеорологическим условиям годы. Ни фосфорные, ни калийные удобрения, за которые ратовал Ю.Либих, не помогли. «Навоз, хорошая обработка и известкование, а не фосфаты нужны нам», – таково было заключение исследователей.

В 1891 году А.Н.Энгельгардт представил Департаменту земледелия и сельской промышленности отчет с выводами: «Фосфоритование – самое действенное средство для истощенных северных почв, не содержащих достаточно фосфорной кислоты в усвояемом растении состоянии. Время фосфоритов пришло». «Фосфориты и сидерация – вот средства для приведения в культурное состояние громадной массы северных земель, лежащих теперь впусте». Для разумного применения удобрений надо считаться и с особенностями растений, и с почвенными условиями: «Где фосфорит, где известь, где глауконитовый песок – по времени и месту».

Вольное экономическое общество за «введение в России фосфорита» избрало А.Н.Энгельгардта своим почетным членом и присудило ему золотую медаль. Министрство государственных имуществ за двадцатилетнюю деятельность в области сельского хозяйства наградило его премией (5000 рублей), а также приняло решение выдавать ежегодно на работы, связанные с опытами, по 3000 рублей (половину суммы – на оплату труда, другую половину – непосредственно на опыты).

Окрыленный поддержкой, А.Н.Энгельгардт наметил широкий план продолжения опытов. В письмах любимым ученикам, министру А.С.Ермолову и профессору П.А.Костычеву, он поделился радостью по поводу обнаруженного им в 1892 году действия каинита на клевер. «Стоит только на чахлую бледную отаву (короткая трава, выросшая на пастбищах после скашивания. – Ред.) после скоса плохого клевера бросить горсть каинита, чтобы на этом месте через месяц появились роскошные темно-зеленые кусты. Откуда что берется!» Между тем незаметно подкралась болезнь. П.А.Костычеву он жаловался на кашель, болезнь ног, удушье, подозрительную полноту. В конце 1892 года последовало несколько острых приступов. 21 января (2 февраля) 1893 года наступил паралич сердца.

11 февраля 1893 года в Санкт-Петербурге состоялось заседание отделения химии Русского физико-химического общества. С сообщениями о смерти А.Н.Энгельгардта выступили Н.А.Меншуткин и Н.Н.Бекетов. Все цент-

ральные газеты, журналы России поместили некрологи. Много хорошего было сказано в память о человеке, ученом и гражданине России – А.Н.Энгельгардте. Самые достойные А.Н.Энгельгардта слова нашел 24-летний В.И.-Вернадский в письмах к жене еще летом 1887 года. Тогда по заданию Вольного экономического общества он приехал обследовать рославльские фосфориты, навеситил ученого в Батищеве и поделился впечатлениями об Александре Николаевиче: «Это высокий старик, с умным энергичным лицом, с седой бородой и седыми до плеч волосами. Лицо мне его очень понравилось... По-моему, это один из самых замечательных людей, каких мне только случилось видеть...»

Меня всегда поражало то, что человек, удалившийся так глубоко в глухую провинцию, сумел и смог влиять на жизнь и склад интеллигенции, на брожение умов, писавши очень, крайне мало. И мне казалось, что такой человек не пропал для родной страны, сделал свое дело для развития русского народа, а следовательно, и всего человечества...

Вред, нанесенный ссылкой... сделался мне ясен только теперь. Я увидел перед собой редкий тип мощного ученого, профессора, способного завлекать толпы слушателей, направлять их на все доброе, хорошее, честное; человека преисполненного редкой энергией, одаренного редкой привлекательностью, живостью ума и отзывчивостью. Такие люди рождаются не часто... При виде его... мне вдруг сделалось ясным, как много зла сделано всем, России, оттого, что такой человек был оторван от дела, ему сродного... Конечно, он и тут сделал, но то, что он сделал тут, – очень мало по сравнению с тем, что он мог и должен был сделать».

#### Что еще можно прочитать об А.Н.Энгельгардте

**Энгельгардт А.Н.** Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1959.

**Энгельгардт А.Н.** Из деревни. 12 писем. 1872–1887. М.: Сельхозгиз, 1960.

**Вернадский В.И.** Письма Н.Е.Вернадской. 1886–1889. М.: Наука, 1988 – № 23, № 24.

**Соловьев Ю.И.** История химии в России. Научные центры и основные направления исследований. М.: Наука, 1985.

**Тихонова А.В.** Род Энгельгардтов в истории России XVII – XX веков. Смоленск, 2001.

Кандидат  
педагогических наук  
**Г.И.Грученко**

Исследование проведено при поддержке РФФИ и администрации Смоленской области. Проект «Возвращенные имена», грант 07-03-58302 а/Ц.

# Общий стол для европейцев



ИНФОРМАЦИЯ

В 2007 году началась очередная, 7-я Рамочная программа Евросоюза по созданию единого европейского научного пространства. В этот раз ее бюджет, рассчитанный на срок до 2013 года, составил 55 миллиардов евро. Российские ученые вместе со своими зарубежными коллегами смогут принять участие в освоении этих средств.

В декабре 2007 года объявлен новый конкурс предложений по организации двух совместных проектов. Финансирование на них выделяют и Европейская комиссия и Федеральное агентство по науке и инновациям — каждый по два миллиона евро на участие ученых своей стороны в одном проекте. Темы совместных исследований — создание растений, которые производят вакцины, и молекулярное моделирование для рациональной разработки промышленных ферментов. Предполагается, что в первом случае будет найден дешевый способ массового производства высокоэффективных вакцин, а во втором будут разработаны и опробованы на практике методы синтеза новых промышленных ферментов.

Предложения будут рассмотрены согласно принятой в ЕС процедуре и в соответствии с критериями 7-й Рамочной программы, причем в комиссии экспертов будут представители РФ. Дополнительную информацию можно получить на сайте <http://cordis.europa.eu/fp7/kbbe/>, раздел FP7-KBBE-2008-2B, либо у директора Института биохимии им. А.Н.Баха РАН профессора Владимира Олеговича Попова, (тел. (+7 495) 952-36-81, 952-34-41, (+7 495) 761-72-33, [vpovov@inbi.ras.ru](mailto:vpovov@inbi.ras.ru)).

За последние 15 лет Европейский союз наладил весьма обширные связи с российскими исследовательскими организациями, причем на уровне как отдельных государств-членов, так и всего Союза в целом. Наряду с общим Соглашением о сотрудничестве в научной и технологической сфере между ЕС и РФ подписаны частные соглашения по ядерной безопасности и ядерному синтезу. Кроме того, действуют различные пан-европейские программы с российским участием такие, как ИТЕР, МНТЦ, «Тасис», «Эврика» и ЦЕРН.

Фактически сотрудничество ЕС с Россией в научно-технической сфере оказывается развито значительно лучше, нежели с остальными странами, которые не входят в ЕС. Более того, Россия пользуется определенными привилегиями: если отдельные соглашения о сотрудничестве подписаны и с некоторыми другими странами, то политическое соглашение о создании «Общего пространства в исследованиях и образовании, включая культурные аспекты» (четвертое общее пространство) Евросоюз заключил только с Россией.

Как показали итоги выполнения 5-й и 6-й Рамочных программ, Россия стала самым удачливым участником европейских исследовательских программ среди стран, не принадлежащих к числу ассоциированных партнеров ЕС. Это видно как из общего числа участников, так из суммы средств, полученных ими от ЕС.

В феврале 2006 года на основании решения, принятого во время встречи комиссара Я.Поточника и министра А.А.Фурсенко в декабре 2005 года, была создана Рабочая группа по агропромышленным исследованиям (Agro-Bio-Food Research). С российской стороны в нее вошли представители Министерства образования и науки во главе с И.П.Биленкиной, зам. главы Федерального агентства по науке и инновациям, со стороны Евросоюза — представители Директората по биотехнологии, пищевой промышленности и сельскому хозяйству во главе с Тимом Халлом, директором по исследованиям в области биотехнологии, пищевой промышленности и сельского хозяйства. Цель этой группы — дальнейшее развитие тесных отношений между ЕС и РФ в области агропромышленных исследований и укрепление сотрудничества на благо Общего пространства исследований и образования.

С тех пор рабочая группа регулярно собирается, личные контакты и контакты между организациями становятся прочнее, и появляются новые подходы к организации научного сотрудничества.

Во время 6-й Рамочной программы было принято к финансированию 11 проектов по проблемам агропрома с участием российских исследователей. Вот их список.

1. Улучшение биоконтроля почв (ВНИИ защиты растений).
2. Фаговая терапия как альтернатива антибиотикам в птицеводстве (ГосНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов).
3. Создание евро-азиатской сети для развития стратегии устойчивого использования облепихи (Северный НИИ лесного хозяйства).
4. Восточно-европейская сеть международного совместного обучения требованиям 6-й и 7-й

Рамочных программ по качеству и безопасности пищи для стран ЕС, а также РФ, Украины, Белоруссии и Армении (Инновационно-технологический центр «Биологически активные соединения» РАН).

5. Свежевыпеченные виды хлеба с улучшенной пищевой ценностью и низкой калорийностью (Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН).
6. Глобальная платформа по увеличивающимся рискам пищи и пищевых цепей (Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН).
7. Улучшение возможностей отслеживания желательных микроорганизмов и продуктов их

жизнедеятельности в пище и пищевых цепях (Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН).

8. Интегрированная система надежного выявления цепей получения пищи потребителем (Центр «Бионженерия» РАН, ООО «СКИФ»).
9. Распространенность пищевых аллергий среди европейцев (Сибирский государственный медицинский университет).
10. Новая стратегия улучшения зерновых бобов для совершенствования систем питания (ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН).
11. Улучшение пищевой безопасности с использованием нового интегрированного подхода анализа рисков (Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН).





## ТЕМАТИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**Секция 1. Пищевая биотехнология**

- Современная биотехнология и биобезопасность.
- Биотехнология, пища и здоровье. Реализация концепции здорового питания в России.
- Пища XXI века – новые подходы и технологические приемы: конструирование пищи, использование микроорганизмов, высокое давление, кавитация, тонкое измельчение и др. Прижизненное формирование качественных характеристик сельхоз сырья.
- Пищевые продукты, пищевые добавки и биологически активные добавки к пище, вспомогательные технологические средства в пищевой промышленности на основе биотехнологии.
- Методы и средства биотехнологии и нанотехнологии в контроле производства пищевой продукции, ее качества и безопасности.
- Нетрадиционные источники пищи. Перспективные штаммы микроорганизмов для интенсификации технологических процессов пищевой промышленности.
- Регулирование и контроль функциональных свойств пищевых продуктов. Современные представления о функциональных продуктах.
- Пища и пищевые загрязнители.
- Биологические объекты и нанотехнологии в пищевой промышленности.
- Генно- модифицированные организмы в производстве продуктов питания. Методы исследований, мировой опыт.
- Нанотехнологии, в том числе: катализаторы на основе наноматериалов для пищевой и спиртовой промышленности.

**Секция 2. Ферменты в пищевой промышленности**

- Влияние воды на ферментативную активность в пищевых продуктах.
- Направленный ферментативный катализ для получения продуктов с заданным фракционным составом и функциональными свойствами.
- Ферментативный катализ переработки сельхоз сырья – путь интенсификации биотехнологических процессов в пищевой промышленности.
- Производство пива и осветление соков, хлебобулочная промышленность, модификация крахмала, мясомолочная промышленность и другие отрасли, пробиотики, контроль качества продукции и др.

**Секция 3. Вода и пищевые технологии: безопасность, качество и эффективность**

- 3.1. Современные представления о структуре и свойствах воды, термодинамические и физические свойства связанной воды, энергии связей, активность воды.
- Приборы для определения активности воды.
- Пищевые продукты с промежуточной влажностью. Влияние активности воды на сроки хранения и развитие микрофлоры.
- Способы улучшения качества воды, водоподготовка и т.д.
- Изменения активности воды при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработке.
- Структурное состояние и биологическая активность воды в продуктах питания и их изменения при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработки продуктов питания.
- Роль и значение макро- и микроэлементного состава питьевых вод и продуктов питания в коррекции показателей здоровья населения
- Изотопный водородно-кислородный состав воды
- 3.2. Биотехнология очистки вод
- Анаэробный и аэробный процессы очистки сточных вод.
- Биохимия и биотехнология разрушения ксенобиотиков.
- ZWO (Международная организация Воды) – активность, проекты и результаты

**Секция 4. Инновации, финансы и бизнес в пищевой биотехнологии.****Секция 5. Биотехнологическое образование и пищевая промышленность.****МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:****• Российско-Американский симпозиум**

«Актуальные вопросы российско-американского сотрудничества в области биотехнологий. Опыт реализации биотехнологических инновационных проектов в США и России»

• В рамках конференции традиционно проводится **конкурс на лучшую научно-исследовательскую работу молодых ученых** – участников конференции: условия участия на сайте:

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

Прием тезисов до 6 февраля 2008 г.

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

**Тематика выставки:** Весь спектр биопродуктов для пищевой и фармацевтической промышленности, агропромышленного комплекса, ветеринарии, геологии, промышленных предприятий, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически активные добавки, Тест-системы для определения качества и биологической активности воды, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии, биодизель, биоэтанол. Питательные среды. Процессы и аппараты для очистки и подготовки воды. Оборудование и контрольно-измерительные приборы по определению активности воды, молекулярной структуры и изотопного водородно-кислородного состава воды в пищевых отраслях промышленности, медицине, косметологии и др. Промышленная и лабораторная безопасность, катализаторы на основе наноматериалов, нетрадиционные источники пищи, функциональные пищевые ингредиенты и продукты (технология получения и применения).



# VII Всероссийская олимпиада по органической химии

для студентов, аспирантов и молодых ученых

апрель 2008, Москва

Химический факультет МГУ

в рамках

Международной конференции студентов и аспирантов  
по фундаментальным наукам "Ломоносов-2008"



МГУ,

Химический факультет



ChemBridge Corporation



Высший химический колледж РАН

при информационной поддержке  
журнала "Химия и жизнь-XXI век"

Председатель:

**В.В. Лунин,**

академик РАН, профессор,  
декан Химического факультета

МГУ им. М.В. Ломоносова

Заместитель председателя:

**А.В. Анисимов,** профессор,

зам.декана Химического факультета

МГУ им. М.В. Ломоносова

Организационный комитет:

**С.Е. Семенов,**

Высший химический колледж РАН

**С.Е. Сосонюк,**

МГУ им. М.В. Ломоносова

**Б.И. Покровский,**

МГУ им. М.В. Ломоносова

**А.В. Куракин,**

ChemBridge Corporation

Участникам олимпиады, вошедшим в десятку сильнейших, фирма ChemBridge компенсирует проезд в Москву (в обе стороны, исходя из стоимости плацкартного билета).

Победителей ожидают призы:

Первый приз - 15000 рублей,

два вторых приза - по 10000 рублей,

два третьих приза - по 8000 рублей,

вошедшим в десятку победителей - по 5000 рублей,

пяти участникам, показавшим лучшие результаты среди участвующих в Олимпиаде повторно, будут выплачены дополнительные призы в размере 2000 рублей.

Регистрационная форма и задачи для разминки опубликованы на сайте [www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru) и в журнале "Химия и жизнь-XXI век" (№1, 2008)

Регистрационные формы

присылайте по адресу

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

или Москва, 119048, а/я 424

тел: (495)775-06-54 доб. 12-01, 12-19,

факс: (495)956-49-48

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

**Мы ждем вас!**

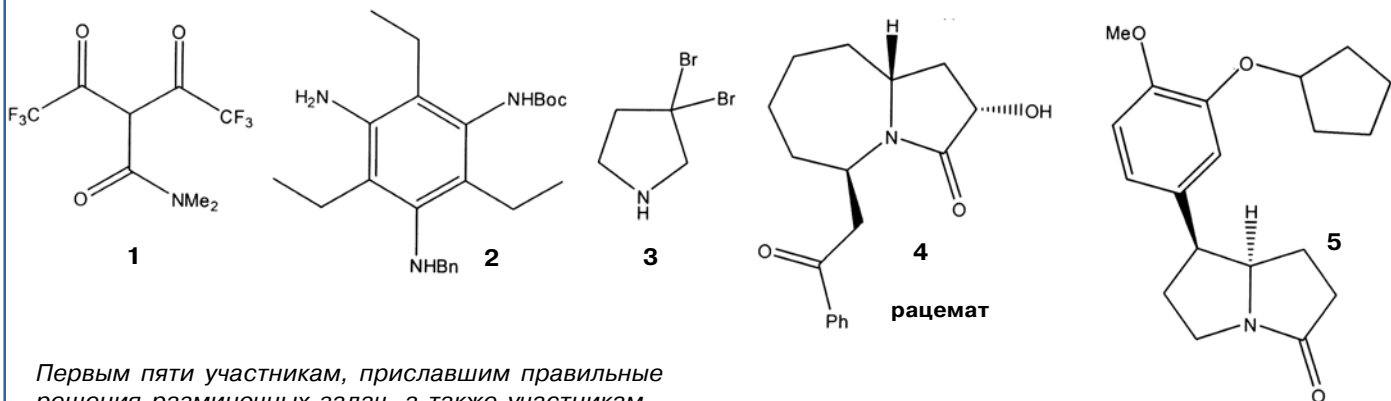
**Приходите и побеждайте!**

# Задание для разминки к Всероссийской олимпиаде по органической химии



ИНФОРМАЦИЯ

Предложите схемы синтеза в лабораторном масштабе не описанных в литературе соединений 1–5 на основе доступных исходных веществ и реагентов.



Первым пяти участникам, приславшим правильные решения разминочных задач, а также участникам Олимпиады, вошедшим в десятку сильнейших, компания «ChemBridge компенсирует проезд в Москву и обратно, исходя из стоимости плацкартного билета.

приведенный энантиомер



Архив «Химии и жизни» за 42 года — это более 50 000 страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков.

Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям.

Предупреждаем: архив защищен от копирования,

можно переписывать только отдельные

статьи и рисунки, но не весь диск.

Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив

можно на сайте журнала [www.hij.ru](http://www.hij.ru)

и по телефону

(495) 267-54-18.



# Мой друг Пашка



Художник Е. Силина



— Эй, Санчес! Айда на тарзанке кататься!

Это кричит мой друг Пашка. Он еще не знает, что я сижу дома как дурак — не потому, что решил прогулять уроки, а из-за высокой температуры и мерзкой боли в горле. Да еще и мама пригрозила, что если я высунусь за дверь...

Но, услышав Пашкин веселый голос, я не впадаю в уныние от того, что тот пойдет кататься на тарзанке без меня. Не-а! Я знаю, что Пашка обязательно что-нибудь придумает. Потому что он — Пашка. И он не такой, как все.

Он появился в нашем классе недавно. И само его появление было окутано тайной. Никто не знал, из какой школы его к нам перевели, кто его родители. Да и вообще странный он был. Первое время только молчал и улыбался своей нелепой улыбочкой, чем выводил всех нас из себя.

Говорят, что в школу его привезли на какой-то супермодной черной машине, а с классной руководительницей долго беседовали серьезные дядечки, после чего классная три дня ходила бледная и даже боялась смотреть на Пашку.

Ну, так это было или нет, точно сказать не могу: я, как обычно, в то время болел. Но и после, когда мы стали самыми настоящими друзьями, я так и не узнал, где Пашка живет, потому что в гости он никогда не приглашал, а от всяких намеков на это легко и непринужденно отделывался.

Впрочем, это не мешало ему ходить в гости к нам. И вот сейчас он сидел передо мной, с усмешкой наблюдая, как я давлюсь горячим чаем с малиной. Малина никак не лезла в воспаленное горло.

— Какая там тарзанка? — хрипел я. — Если мать узнает, она меня вообще в больницу упечат.

Говорил я это не очень уверенно и довольно уныло. Ведь мне страсть как хотелось опробовать эту новую штуковину. Рассказывали, что на ней можно на маленьком таком колесике пронестись надо всем карьером по натянутому тросу! Какая болезнь может остановить на пути к такому приключению?

Однако я и сам понимал, что ничего не выйдет. Руки и ноги у меня словно ватные, а голова кружилась даже от хождения на кухню. Так что испытания этого чуда пройдут без меня.

— Так я тебе принес новое средство, — доверительно подмигнул Пашка. — Держи! — И сунул мне в руку какой-то пакетик с мелкими сухими листьями. Листья на вид знакомые. — Завари как чай и выпей. Сразу все пройдет.

Пашке можно верить. Если он говорит, что пройдет, то стало быть, так и будет.

Я сделал отвар и затем выпил, даваясь кипятком. И чудо! Голова прояснилась, градусник показал 36,6. Боли в горле как не бывало.

Оставалось быстро одеться, после чего мы с гиканьем выскочили на улицу. И только по дороге я понял, что за листья находились в пакете, что за вкус у отвара.

Это был обыкновенный зеленый чай.

Тарзанка и вправду оказалась хороша. Верхний конец стального троса тщательно обмотан на уровне головы вокруг ствола старой сосны, к тому же промаслен. Когда я стоял у края обрыва, держась за деревянную рукоятку, страх не давал мне сделать шаг в бездну. Но сзади подтрунивал Пашка. И я знал, что ничего плохого со мной не случится.

Мы налетались до одурения. Даже и в голову не приходило, как я тормозил внизу, перед огромным булыжником, вокруг которого был обмотан нижний конец троса. Когда колесико набирало бешеные обороты, а палка, на которой я висел, разогревалась, как ручка сковородки, колесико вдруг плавно замедляло ход, а как — меня совершенно не интересовало.

Зато это интересовало дядек в костюмах, которые поджидали нас у выхода с карьера. В ответ на их странные вопросы я только мычал что-то невразумительное, а Пашка холодно улыбался. Ему почему-то вопросов не задавали...

Однако это не самая удивительная история про Пашку. Вообще, сдружившись с ним, мы, его одноклассники, вскоре перестали удивляться многому. Например, тому, что в хорошую погоду уроки кончались раньше, а на дом задавали меньше. Или тому, что на физкультуре даже толстый увалень Витус начал вдруг легко лазить по канату и подтягиваться пятнадцать раз подряд.

Однажды Пашку вызвали к доске. Учительница — худощавая Вампирша, как мы ее называли, — предложила ему решать довольно сложный пример. Она плотоядно смотрела, как Пашка мучается у доски, прекрасно зная, что у него проблемы с математикой.

Пашка страдал, выводя какую-то формулу и иллюстрируя ее корявым графиком. Филин с первой парты тщетно пытался ему что-то подсказать, то и дело с грохотом роняя на парту свои огромные очки.

— Так, разговорчики! — стуча костлявым пальцем по столу, предупредила Вампирша, и Филин запнулся на полуслове.

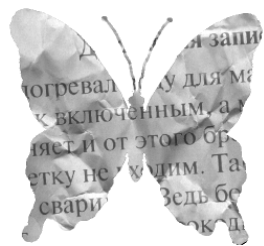
Взгляд учительницы устремился на доску.

— М-да. Я не ждала от тебя многого, Паша, но хоть таблице умножения ты бы выучил, а? Первый класс! Ну, сколько будет шестью шесть?

— Тридцать семь, — уверенно ответил Пашка и вдруг покраснел. Видимо, он слегка засомневался в своем решении. Но вдруг вздернул брови и исподлобья посмотрел на Вампиршу:

— А сколько это, по-вашему?

— И по-моему, и вообще — это будет тридцать шесть. Так что двойка тебе. Садись!



## ФАНТАСТИКА

Пашка не был отличником, но отличался редким самолюбием.

— А за что двойку? — насупившись, спросил он. — Я здесь правильно все написал.

Вампирша аж оторопела от такой наглости. Класс захихикал. Назревало представление.

— Что ты написал правильно? — прошипела Вампирша, изогнувшись, будто для прыжка.

— Что шестью шесть — тридцать семь, — невозмутимо ответил Пашка. Он уже совершенно успокоился, но уходит от доски не собирался.

— Та-ак, ребята! — протянула Вампирша. — Все взяли и перевернули свои тетради. А теперь посмотрели на задней обложке таблицу умножения. Сколько будет шесть умножить на шесть? — По классу пронесся тихий ропот. — Ну, что молчим? Сколько?

— Тридцать... семь, — мертвым голосом произнес Филин и шмыгнул носом. Его нельзя было упрекнуть в незнании математики, но и читать он тоже умел прекрасно, несмотря на слабое зрение.

Вампирша принялась судорожно хватать тетради и разглядывать на них таблицу умножения.

— Бред, бред! — бормотала она. — Опечатка!

— А вы на калькуляторе посчитайте, — предложил Пашка.

Это было явной наглостью, а потому вызывало заслуженное восхищение. Я хмыкнул. Следом то же сделали остальные.

Вампирша судорожно заколотила по кнопкам. После чего охнула, схватилась за голову и выбежала из класса.

Начался галдеж, и Пашка, сопровождаемый овациями, плюхнулся за парту рядом со мной.

— Как ты это сделал? — спросил я, тыча пальцем в экран своего калькулятора. Шесть на шесть выходило именно тридцать семь.

— Да просто решил — пусть так и будет, раз написал уже. А какая разница?

Калькулятор вдруг выдал длинный ряд цифр и умер. А через секунду погас свет во всей школе.

Помните? Это был тот самый день, когда во всем мире возникли проблемы с электричеством, когда вышибло все компьютеры. Когда чуть не сошла с орбиты МКС. И все оттого, что мой друг Пашка не дружил с математикой.

Как я догадался, что все дело именно в нем? Сам не пойму. Но вечером, когда сел за уроки, стало ясно: как ни решай задачки, а все получается наперекосяк. Да еще не горит свет, и даже книжки рвутся в руках, когда пытаешься их открыть, и с дверями что-то не то (хлоп-хлоп, а ведь никак-го сквозняка!), и перестали отвинчиваться краны... Ну, что я вам рассказываю, вы ведь сами все это помните.

Тогда я пошел искать Пашку. И, как оказалось, не я один.

Возле дома меня поджидали знакомые дядечки. Выглядели они весьма озабоченно. Видимо, оттого, что на этот раз приехали не на роскошной иномарке, а на стареньком «уазике». «Уазик», как ни странно, работал. Несмотря на то что шесть на шесть теперь тридцать семь.

Без долгих разговоров они усадили меня в машину, и мы поехали.

— Мальчик, скажи, где сейчас может быть Паша? — спросил один из этих странных людей.

— Дома, наверное, — буркнул я.

— Дома его нет, — быстро сказал второй.

— Ну, не знаю, — пожал я плечами. — Может, на карьере?

Старый карьер — это наше любимое место для игр и сборищ. Летом — кучи огромных камней и маленькое грязное озеро посередине, настоящий Большой каньон, а зимой — идеальное место для катания на санках, ну и на лыжах, если кому не жалко лыж и кого не пугают переломы.

И мы туда поехали.

Когда въезжали в кратер карьера, я сразу почувствовал неладное: трос новенькой тарзанки безвольно свисал прямо в грязное озеро. Я еще не успел ничего сообразить, как взрослые выскочили из машины и бросились куда-то.

Я тоже выскочил наружу и увидел Пашку. Он лежал на берегу озерца, наполовину в воде, придавив своим телом часть уходящего в воду троса.

Вам знакомо ощущение, когда все вокруг происходит будто бы вовсе не с вами — словно наяву попал в страшный сон? Именно так было в ту минуту.

Когда Пашку уложили на заднее сиденье, он увидел меня. И вдруг всхлипнул.

— Я ошибся. Шесть на шесть — и вправду тридцать шесть. — А затем стал бормотать что-то совершенно непонятное.

— Что с ним? — испуганно спросил я, когда мы ехали в больницу.

— Все будет хорошо, — уверенно сказал один из дядечек. — Мы успели вовремя.

— А когда он снова придет в школу?

— Думаю, скоро...

Но в школу Пашка так и не пришел, и я его больше не видел.

Похоже, те самые дядечки решили от греха перевести его в очередную школу, подальше от нас.

О Пашке напоминают мне только сгоревший калькулятор, подшивка научных журналов о необъяснимых аномалиях в орбитах планет Солнечной системы да стоящие на полке регалии нобелевского лауреата.

Считается, что именно я придумал лечить грипп обыкновенным зеленым чаем. Ведь если я расскажу про своего друга Пашку, мне никто не поверит.





ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ МИР

22-25 апреля 2008 г.

Россия, Москва,  
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
павильон Форум



VT XXI  
2008



МОСКВА-2008



High technologies change the world

IX Международный форум  
The 9<sup>th</sup> International Forum

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ HIGH TECHNOLOGY OF XXI ВЕКА

## ПРОГРАММА:

- IX Международная выставка «VT XXI - 2008»
- Международная конференция «Высокие технологии – стратегия XXI века»
- Конкурсная программа

## ОРГАНИЗАТОРЫ:

- Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
- Департамент науки и промышленной политики города Москвы
- Институт экономики и комплексных проблем связи (ОАО «ЭККОС»)
- ООО «ЭКСПО-ЭККОС»
- Российский Фонд развития высоких технологий
- Московская торгово-промышленная палата
- Московская ассоциация предпринимателей
- Министерство промышленности и науки Московской области
- ОАО «Московский комитет по науке и технологиям»
- ЗАО «Экспоцентр»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Правительства  
Российской Федерации



Правительства  
Москвы



Форум проводится под патронажем  
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОДРОБНОЙ ИНФОРМАЦИИ,  
ПОЖАЛУЙСТА, ОБРАЩАЙТЕСЬ:

ООО «ЭКСПО-ЭККОС»

Тел.: (495) 332-35-95, 331-05-01, 331-23-33;

Факс: (495) 331-05-11, 331-09-00;

E-mail: vt21@vt21.ru; arena@vt21.ru;

http://www.vt21.ru; www.expoecos.com

[www.VT21.ru](http://www.VT21.ru)



# Утка

**Когда люди начали разводить уток?** Домашняя утка происходит от дикой утки-кряквы. По мнению специалистов, утку одомашнили в конце III тысячелетия до нашей эры, а произошло это в Двуречье и в Китае. Несколько позже домашние утки появились в Северной Африке, Европе и Северной Америке. На Руси на уток охотились с незапамятных времен, а содержать начали не позднее VIII века, а скорее всего, и раньше. Домашние утки биологически мало отличаются от диких и свободно с ними скрещиваются. В настоящее время существует около 30 утиных пород: мясных, мясо-яичных и яйценосных. Утки яйценосной породы индийские бегуны могут нести по 365 яиц в год.

**Почему же в продаже не бывает утиных яиц?** Утиные яйца действительно запрещены к продаже. Главная причина – сальмонеллез, весьма распространенный среди водоплавающих птиц. В желтке яиц, снесенных утками-бактерионосителями, сальмонеллы живут более полугода, а на скорлупе сохраняют жизнеспособность до семи недель. Именно по этой причине эпидемиологическая служба запрещает продавать яйца уток (и гусей) в любое время года. На суше сальмонеллам живется хуже, и куриные яйца инфицированы в меньшей степени.

**Правда, что утки разносят вирус гриппа?** С некоторых пор птичий грипп для людей страшнее человеческого, и неудивительно: свое путешествие по миру каждый новый вирус гриппа начинает с диких уток. У диких птиц инфекция протекает в основном бессимптомно, а в теплое время года дикие водоплавающие встречаются с домашними. От домашних уток и гусей легко заражаются индюки и куры, наиболее чувствительные к птичьему гриппу. Вирусы гриппа, специфичные для птиц, легко адаптируются к новым хозяевам, в том числе свиньям и людям. Свиньи упомянуты не случайно. Чтобы новые птичьи вирусы могли заражать человека, они должны получить соответствующие гены, открывающие им доступ в человеческие клетки. Этот процесс происходит в организме свиньи, которая одинаково легко заражается и птичьим, и человеческим гриппом. Поэтому самого пристального внимания медиков требуют два весьма обширных района. Это Северная Азия, где размещаются миллионы птичьих гнездовий, и юг Китая, где эти птицы зимуют и где имеется огромное поголовье свиней, в организме которых объединяются вирусы человека и птиц. В этом же районе очень высока плотность населения, что также благоприятствует возникновению и развитию эпидемий.

Новые эпидемии неизбежны, но их тяжесть зависит от фактора внезапности. Если ученые будут готовы к вспышке болезни, ее можно будет локализовать. Так что давайте надеяться на медиков и не отказывать себе в удовольствии отведать жареной утки.

**Чем полезно мясо утки?** Несмотря на то что мясо утки содержит всего 17% белка, в нем присутствуют все аминокислоты, включая незаменимые. Кроме того, с утиной мы получаем витамины группы В, фосфор и много железа. Мясо утки очень нежное, легко и быстро готовится и легко усваивается, поскольку содержит мало соединительных тканей, не более 8%; сравните для наглядности с говядиной – в ней до 15% всяких пленок и жилок.

**Но ведь утиное мясо жирное. Разве это не вредно?** В утке действительно много жира, до 38% (в курятине только 18%), что и понятно. Утка – птица водоплавающая, а жир способствует увеличению ее плавучести и помогает не замерзнуть. Ведь пребывание даже в теплой воде довольно быстро охлаждает организм теплокровного. Кстати, благо-





даря своей жирности утки, в отличие от кур, хорошо переносят холода. Но утиный жир не так вреден, как может показаться. Он содержит не только насыщенные жирные кислоты, типичные для животных жиров, но и ненасыщенные, характерные для растительных масел. А полиненасыщенные жирные кислоты – известные враги холестерина.

**А почему мясо утки темнее куриного?** Да потому, что утка больше двигается, чем курица, ныряет, летает. Одним словом, ее мышцы, в том числе и грудные, активно работают. Работающие мышцы нуждаются в большем количестве кислорода. Облегченную диффузию кислорода в мышцы обеспечивает миоглобин – гемоглобин мышц. Высокая концентрация миоглобина и придает мышцам, то есть мясу, темно-красную окраску. А домашние куры ленивые и малоподвижные, и мясо у них белое.

**Что такое пекинская утка и с чем ее едят?** Пекинскую утку следует отличать от утки по-пекински. Пекинская утка – это мясная порода, выведенная в горах Северного Китая более 300 лет назад. С XIX века их разводят во всех частях света. Утки пекинской породы крупные, до 4 кг, с широкой грудью и большой головой. Оперение белое, с желтовато-кремовым оттенком, клюв оранжевый. Мясо у пекинских уток очень вкусное, хотя и жирное. Из двух миллионов российских домашних уток половину составляют пекинские утки. А утка по-пекински – это знаменитый кулинарный рецепт, для претворения которого в жизнь пекинская утка подходит идеально. Потрошеную тушку натирают сахарной пудрой, чтобы корочка приобрела шоколадный оттенок, внутрь заливают воду и вешают утку на крюк в специальную печь, где птица снаружи жарится, а изнутри варится. Готовую утку надо разрезать на мелкие кусочки так, чтобы на каждом осталась шкурка. Это искусство, доступное только специально обученным поварам. Кусочки утки макают в пряный сливовый соус и заворачивают в пресную тонкую лепешку вместе с нарезанным соломкой свежим огурцом и стейбелками лука-порей. А предварительно это блюдо утиные лапки в остром горчичном соусе, жареные утиные печенки с молотым черным перцем, вареные утиные язычки, паровые кнели из утиного фарша или другие блюда, приготовленные из утки.

**Как еще можно приготовить утку?** Блюдо, которое готовят из утки прикаспийские туркмены, называется ыштыкма, и для его приготовления нужен казан. Очищенную птицу туго набивают начинкой из лука, урюка и изюма, томленных в кунжутном масле, обильно приправленной специями. Фаршированную тушку обжаривают в казане на кунжутном масле до образования корочки, потом подливают полстакана кипятка и продолжают тушить птицу на медленном огне, добавляя пряностей. Когда вода почти выпарится, птица готова. Ее подают с рисом, приготовленным в том же казане, где только что тушилась утка, в той же подливке.

Если нет ни казана, ни печи для запекания утки по-пекински, можно воспользоваться традиционными русскими рецептами и запечь утку в глубокой жаропрочной посуде, нафаршировав антоновскими яблоками, изюмом или овощами. Перед запеканием птицу полезно натереть снаружи и изнутри солью, перцем, имбирем, лимонным соком и подержать час-другой. Чтобы блюдо получилось более сытным, утку можно приготовить с репой или нафаршировать лапшой с грибами.

**С какими продуктами сочетается утка?** К сожалению, при готовке от 40 до 60% витаминов теряются, поэтому гарниры к уткам, гусям и индейкам (как, впрочем, и к другим блюдам из мяса и птицы) должны включать богатые витаминами и пищевыми волокнами продукты, то есть фрукты и овощи. Так что утку не случайно готовят с яблоками. При запекании яблок, кроме того, образуются водорастворимые пектины, которые хорошо формируют желе. Это желе связывает избыточный жир и делает блюдо более диетическим и приятным на вкус. Утка сейчас – праздничное блюдо, так что в качестве гарниров можно смело использовать ананасы, дикие ягоды, соленья и моченья. Хорошо запивать утку сухим вином, лучше красным. Иногда утку даже тушат в вине, которое способствует усвоению жирной пищи.

**А как сегодня обстоят дела с утиной охотой?** Дикая кряква по сей день остается излюбленным объектом охоты в России. Для приманивания диких уток на весенней охоте даже вывели специальную породу – русскую подсадную. Она очень похожа на дикую крякву, но селезени иногда светлее. Русская подсадная очень вынослива, жизнестойка и вполне может прокормиться на естественных водоемах. В отличие от других пород уток, русская подсадная может летать.

**Почему неправдоподобные материалы в газетах называют «уткой»?** В XVII веке редакторы газет помечали заведомо вымышленные материалы буквами NT – non testatur (т.е. не проверено). А Ente по-немецки – утка.

Л.Викторова

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ  
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Художник Е. Станикова





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Холод глобального потепления

«Если твоя родина — лужа, а сам ты привык жить там, где сыро, то долго быть на солнце тебе не следует — можешь высохнуть. С другой стороны, надо бороться с инфекциями, иначе на тебе при такой-то влажности вырастут грибы». Примерно так старая лягушка могла бы объяснять малому лягушонку основные жизненные принципы. Тропический древесный лягушонок возразил бы ей: «Что вы, именно тогда, когда греешься на солнце, тебе и не страшны грибковые инфекции». И старая наземная лягушка, оставаясь в полном недоумении, пошла бы прятаться под листиком, а юный нахал полез бы на вершину какого-нибудь дерева, поближе к горячему солнцу коста-риканских джунглей. К сожалению, из-за глобального потепления такой способ борьбы с грибами дает сбой: увеличивается влажность воздуха и небо в тропиках все чаще заволакивают тучи. Древесным лягушкам редко удается погреться на солнце, и это считается одной из возможных причин сокращения их численности.

Биологи из Музея Манчестера и Института фотонной науки Манчестерского университета попытались разобраться, почему древесные лягушки не высыхают на солнце, и с помощью оптического когерентного томографа изучили, что происходит с кожей этих амфибий (агентство «Alphagalileo», 19.11.2007). Оказалось, что кожа тропических древесных лягушек, нагреваясь, отражает весь падающий на нее солнечный свет подобно металлу. Дело здесь в белке птерородине. Вообще-то он помогает лягушке маскироваться от хищников: изменяя содержание этого белка в коже, они регулируют уровень исходящего инфракрасного излучения, доводя его до уровня окружающей среды. А древесные лягушки пошли дальше и научились отражать все излучение Солнца.

И тут возникает интересная мысль. Если коста-риканская лягушка сумела вылезти из вечной тени и прекрасно себя чувствует, отражая смертельный солнечный свет, то что помешало марсианским существам выработать похожий механизм для отражения смертельного ультрафиолета? Природа так изобретательна...

С.Анофелес

## Пишут, что...



...минерально-сырьевая база России насчитывает более 200 урановых или комплексных с ураном месторождений («Разведка и охрана недр», 2007, № 11, с.2—14)...

...мультиферроик — вещество с комбинацией магнитного упорядочивания, электрической поляризации и деформации — может оказаться также средой Велселаго, то есть материалом, плоская пластинка которого обладает свойствами линзы («Природа», 2007, № 11, с.13—20)...

...атомные весы, способные взвешивать специфические биомолекулы, весьма перспективны для непрерывного анализа маркеров заболеваний («Российские нанотехнологии», 2007, т.2, №9—10, с. 112—117)...

...разработан новый метод изотопного фракционирования, позволяющий определить источник загрязнения окружающей среды ртутью, — так называемый ртутный фингерпринт («Environmental Science and Technology», 2007, т.41, № 22, с.7588—7589)...

...ежегодное накопление углерода в растительном покрове на территории России перекрывает промышленную эмиссию C—CO<sub>2</sub> более чем на 100 млн. т C/год (электронный журнал «BioDat», <http://www.biodat.ru/doc/lib/moiseev1.htm>)...

...построено генеалогическое древо современных и вымерших змей на основании как морфологических признаков, так и нуклеотидных последовательностей митохондриальной и ядерной ДНК («Systematics and Biodiversity», 2007, т.5, с.371—389)...

...в наступившем году журнал «Nature Genetics» начинает публиковать серию статей, посвященных вариациям конкретных участков генома человека («Nature Genetics», 2008, т.40, № 1, с.1—2)...

...возможно, животным помогает ориентироваться по магнитному полю Земли белок криптохром, который содержится в сетчатке глаза и меняет свою структуру в зависимости от положения головы животного в магнитном поле («Science», 2007, т.318, № 5852, с.904—907)...



...доказано, что эоценовые парнокопытные, останки которых были найдены в Индии, могли быть предками современных китов («Nature», 2007, т.450, № 7173, с.1190—1194)...

...разновидность вируса СПИДа, обнаруженная на Таити, возможно, была занесена туда из Африки еще в середине 80-х («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2007, т.104, № 47, с.18566—18570)...

...клетки глазного дна у полностью слепых людей все же воспринимают смену дня и ночи и таким образом помогают им подстраивать биологические часы («New Scientist», 2007, т.195, № 2635, с.12)...

...причиной рождения детей с болезнью Дауна у молодых матерей может быть гонадный мозаицизм у одного из родителей — наличие среди половых клеток как нормальных, так и имеющих лишнюю хромосому («Цитология и генетика», 2007, т.41, № 5, с.36—42)...

...слезопродукция у офисных работников увеличивается к середине рабочего дня и снижается к его окончанию, а в течение недели возрастает от понедельника к пятнице («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2007, приложение 3, с.180—181)...

...серые чайки гнездятся в Мурманске с конца 90-х; среди остатков их добычи найдены кости кур и домашнего скота, останки голубей и крыс, колбаса, орехи, вишневые косточки, рыбные кости и раковины мидий («Доклады Академии наук», 2007, т.416, № 6, с.833—835)...

...изобретена новая дека для арфы, улучшающая звук и обогащающая его обертонами («Изобретатель и рационализатор», 2007, № 6, с.27)...

...наследование магических способностей у персонажей книг о Гарри Поттере хорошо вписывается в современные представления о генетике человека («British Medical Journal», 2007, т.335, № 7633, с.1299—1301)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## К вопросу о чтении газет

Казалось бы, выпуск сетевых газет загрязняет окружающую среду гораздо меньше, чем обычных бумажных, поскольку для электронной газеты не надо ни деревьев рубить, ни делать бумагу, отравляя ближайшую реку ядовитыми стоками, ни тратить краску при печати. Однако и компьютер, и дисплей потребляют электричество. Кроме того, для их изготовления нужны кремниевые платы, а это производство весьма вредное. А еще компьютер рано или поздно придется утилизировать. Если точно подсчитать, то выяснится, что всего за десять минут чтения газеты в Интернете человек так же загрязняет окружающую среду, как если бы он прочитал и выкинул газету из бумаги. А когда один и тот же экземпляр бумажной газеты читают несколько человек, то загрязнение от нее оказывается значительно меньше, чем от электронного издания. Эти расчеты провели шведские ученые из стокгольмского Королевского института технологии (агентство «Alphagalileo», 22.11.2007).

Будущая альтернатива Сети — это электронная бумага, гибкий пластиковый дисплей на полимерных транзисторах. Сейчас с их помощью можно получать черно-белое изображение с плотностью 170 точек на дюйм. Это гораздо выше экранного разрешения и всего в два раза меньше полиграфического. Пока что технология изготовления таких дисплеев отработана недостаточно, однако шведские ученые сумели провести расчет. Вот его результат: подобная газета в три раза более безопасна для природы, чем сетевая, но через полчаса чтения она по наносимому вреду сравнится с бумажным изданием, которое можно читать целый день.

Неужели нам так и придется всегда рубить деревья, чтобы узнавать свежие новости, и при этом причинять небольшой, но все же вред окружающей среде? Похоже, что пока другого выхода нет.

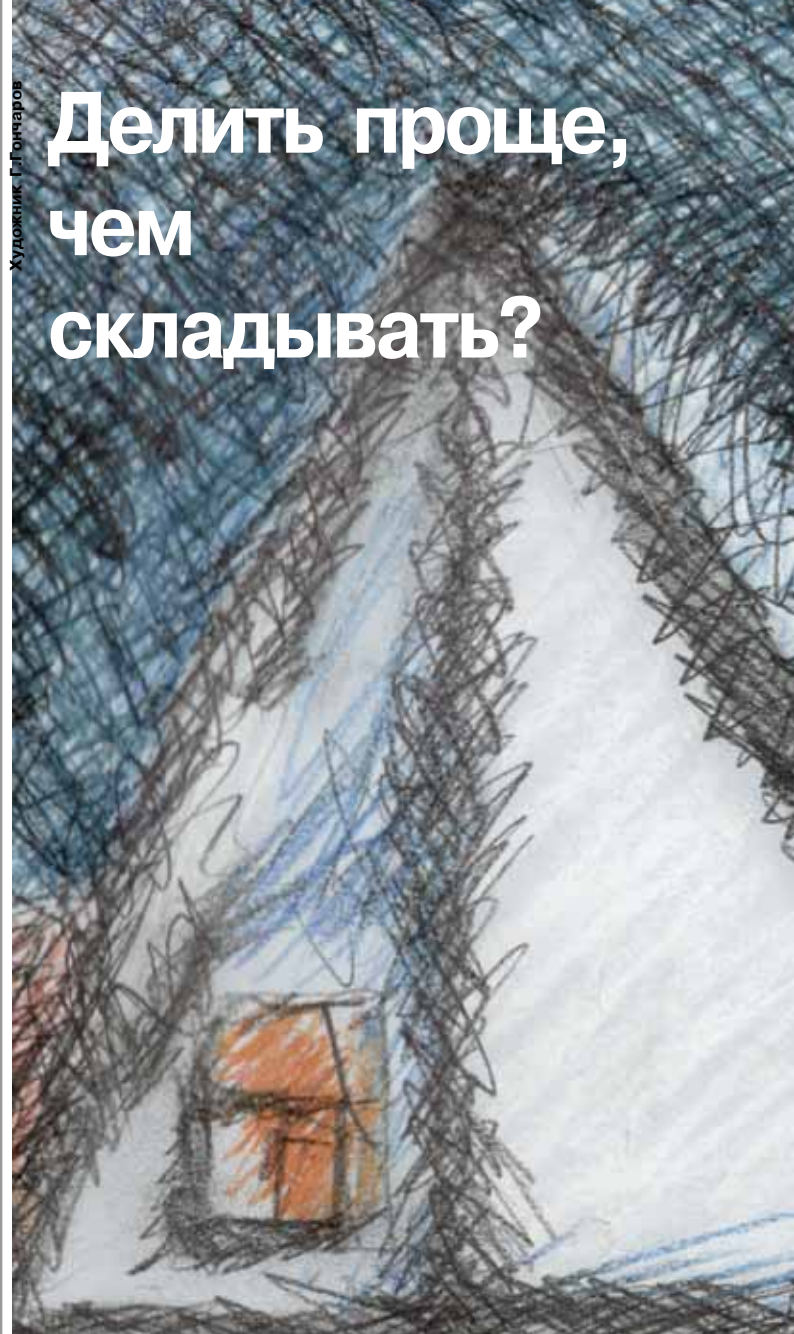
С. Мотыляев





# Делить проще, чем складывать?

Художник Г. Гончаров



О.В.ОМЕЛЬЯНЧЕНКО, Курск: *Диссоциированный аммиак (25%  $N_2$ , 75%  $H_2$ , 0,01–0,05%  $NH_3$ ), в полном соответствии с названием, получают диссоциацией аммиака при 600–800°C; после каталитического гидрирования или сжигания с воздухом он превращается в сожженный диссоциированный аммиак (4–20%  $H_2$ , остальное —  $N_2$ ).*

И.Н.КОРНИЛОВУ, Москва: *«Pentanoic acid» — это пентановая кислота, а вообще-то ее чаще называют валериановой.*

Д.В.БАРАНОВУ, Санкт-Петербург: *Рекламное словосочетание «натуральное мыло» нам тоже показалось загадочным — вроде бы природных месторождений солей жирных кислот пока не открыто; если же считать натуральным мыло, жиры для которого получены из природных источников, это в производстве туалетного мыла не редкость.*

И.И.ШАХОВСКОМУ, Новосибирск: *Аллофенными называются животные, содержащие клетки с разными генотипами; их можно также называть химерными или мозаичными.*

А.В.СВЕРДЛОВОЙ, Владимир: *Растительные масла даже калорийнее сливочного, их энергетическая ценность составляет около 37 кДж/г, тогда как у сливочного масла 31 кДж/г; их польза определяется не низкой калорийностью, а содержанием витаминов и непредельных жирных кислот.*

М.Л.СЕМЕНОВОЙ, Ялта: *Диабаз — это мелкозернистая вулканическая горная порода, по минеральному составу близкая к базальту; из диабаза, например, построен Воронцовский дворец в Алушке; а по поводу «пустого теперь диабаза» из стихов Бродского — некоторые петербуржцы считают, что речь идет о брусчатке перед Преображенским собором.*

П.П.УСТИНОВУ, Таганрог: *Сейчас на территории России имеется 36 национальных парков, суммарная площадь территории которых составляет более 70 000 км<sup>2</sup>.*

И.А.АНЦИФЕРОВОЙ, Владивосток: *Действительно, вы правы, а у нас в новости ошибка: торговое название препарата озельтамивира — тамифлю, а терафлю — препарат для симптоматического лечения простудных заболеваний.*

**В** этом номере мы начинаем цикл статей, посвященных отношениям между полами. Что за нездоровый интерес к этой теме, скажут некоторые, журнал же школьники читают! На самом деле интерес не только здоровый, но и научно обоснованный. Ведь если бы не половой процесс, не было бы и всего биоразнообразия планеты Земля, включая нас с вами...

А почему, кстати? Чем эволюции не приглянулось бесполое размножение? Бактерии и одноклеточные, например амебы, размножаются простым делением. Из одной клетки получается две, число потомков растет по экспоненте — просто и эффективно. С другой стороны, тому, кто хочет заняться половым размножением, необходим партнер. А партнера нужно, во-первых, найти, во-вторых, убедить и завоевать. У растений на первый взгляд все проще: пестики, тычинки... Но если задуматься о том, какие невероятные путешествия совершают их мужские половые клетки (то есть пыльца), прежде чем слиться с женской клеткой, то становится ясно, что половое размножение даже для цветочка — сплошные хлопоты. А вот амебе,





## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

чтобы продолжить себя в потомках, нужна только сама амeba. Никакого риска, никакого уходаживания, никакого соперничества и турнирных боев. Почему же этот замечательный способ не стал общепринятым?

Дело тут не в сложности многоклеточных организмов по сравнению с амeбой. Дерево устроено не так уж просто, а из ветки тополя успешно вырастает новый тополь. И любой огородник вам скажет, что самые злостные сорняки размножаются кусочками корневища. Животное, конечно, не может выращивать себе детенышей из оторванных лап. Но есть и другой способ. В норме зародыш развивается из оплодотворенной женской клетки, будь то рыба икринка или яйцеклетка в матке. А что мешает

неоплодотворенной яйцеклетке начать развиваться?

Как ни парадоксально, не мешает почти ничего. В 1958 году герпетолог И.С.Даревский обнаружил на Кавказе популяции скальных ящериц, которые размножаются партеногенезом (от греч. «партенос» — девственница). Из яиц, отложенных ящерками-мамами, вылупляются ящерики-дочки, и так поколение за поколением. Замечено, что однополые популяции растут быстрее и бывают более многочисленными: ведь потомство у них приносит каждая особь, а у двуполых видов половину популяции составляют самцы.

До последнего времени считалось, что у млекопитающих партеногенез невозможен. Но в 2004 году в «Nature» появились публикации о появлении на

свет первой мыши — дочери только матери, без всякого участия папы-мыша. Для этого ученым понадобилось выключить всего один ген.

Ага, скажут сторонники эмансипации, наконец-то! Не будем, однако, спешить с выводами. Если наступление беременности не зависит от внешних факторов, это значит, что она может начинаться каждый месяц, с созреванием очередной яйцеклетки. С точки зрения процветания вида это, может быть, и хорошо, только многие ли женщины захотят быть беременными всегда?

На самом деле и с точки зрения процветания вида бесполое размножение не идеально. Но об этом в следующем номере.

**Е.Котина**



Россия, Москва, МВЦ «Крокус Экспо»

22–25 апреля 2008



## A-TESTex

### 6-я Международная специализированная выставка



# A-TESTex


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

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,  
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ, ЛАБОРАТОРНАЯ МЕБЕЛЬ  
И ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ.  
БИОАНАЛИТИКА**

#### Статистика 2007

Площадь брутто	10 402	Посетители	4545
Экспоненты	288	из них РФ	4313
из них нерезиденты	53	Казахстан	20
Страны-участницы	15	Украина	68
		Белоруссия	38

#### РАЗДЕЛ «АНАЛИТИКА»

Измерительные приборы и оборудование  
Нанотехнологии  
Оборудование лабораторное вспомогательное  
Реактивы и материалы  
Средства обеспечения работы аналитических лабораторий  
Средства автоматизации лабораторных исследований  
Комплексное оснащение лабораторий

#### РАЗДЕЛ «БИОАНАЛИТИКА»

Электрофорез  
Приборы для биотехнологии  
Биосенсоры  
Биохимикаты  
Лабораторное оборудование для биотехнологии и биологических наук  
Исследование медикаментов  
Протеомика  
Стерильная техника  
Информация и услуги для биотехнологии  
Биотехнология в сфере охраны окружающей среды

**В рамках выставки пройдут  
специализированные мероприятия:  
конференции, тематические семинары  
и круглые столы**

#### Дирекция выставки:

107113, Россия, Москва,  
Сокольнический Вал, 1, пав. 2  
Тел./факс: (495) 105-35-60

E-mail: [fyv@mvk.ru](mailto:fyv@mvk.ru), [sfi@mvk.ru](mailto:sfi@mvk.ru), [oae@mvk.ru](mailto:oae@mvk.ru)  
[www.mvk.ru](http://www.mvk.ru), [www.mvk-crocus.ru](http://www.mvk-crocus.ru)

Организатор:  
ЗАО «МВК»

Партнерь:



Научный совет Российской академии  
наук по аналитической химии

