



Ж

2014

НЗМЖ И ВММХ







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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 6.02.2014

Адрес редакции

19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8
Телефон для справок:
8 (495) 722-09-46
e-mail: redaktor@hij.ru
<http://www.hij.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Джузеппе Арчимбольдо.
Свежие морепродукты пахнут морем.
А о том, чем пахнет селедка
сюрстремминг, читайте в статье
«Странные ароматы».

*Те, кто испытывает уверенность, глупы,
а те, кто обладает
хоть каким-то воображением и пониманием,
исполнены сомнений.*

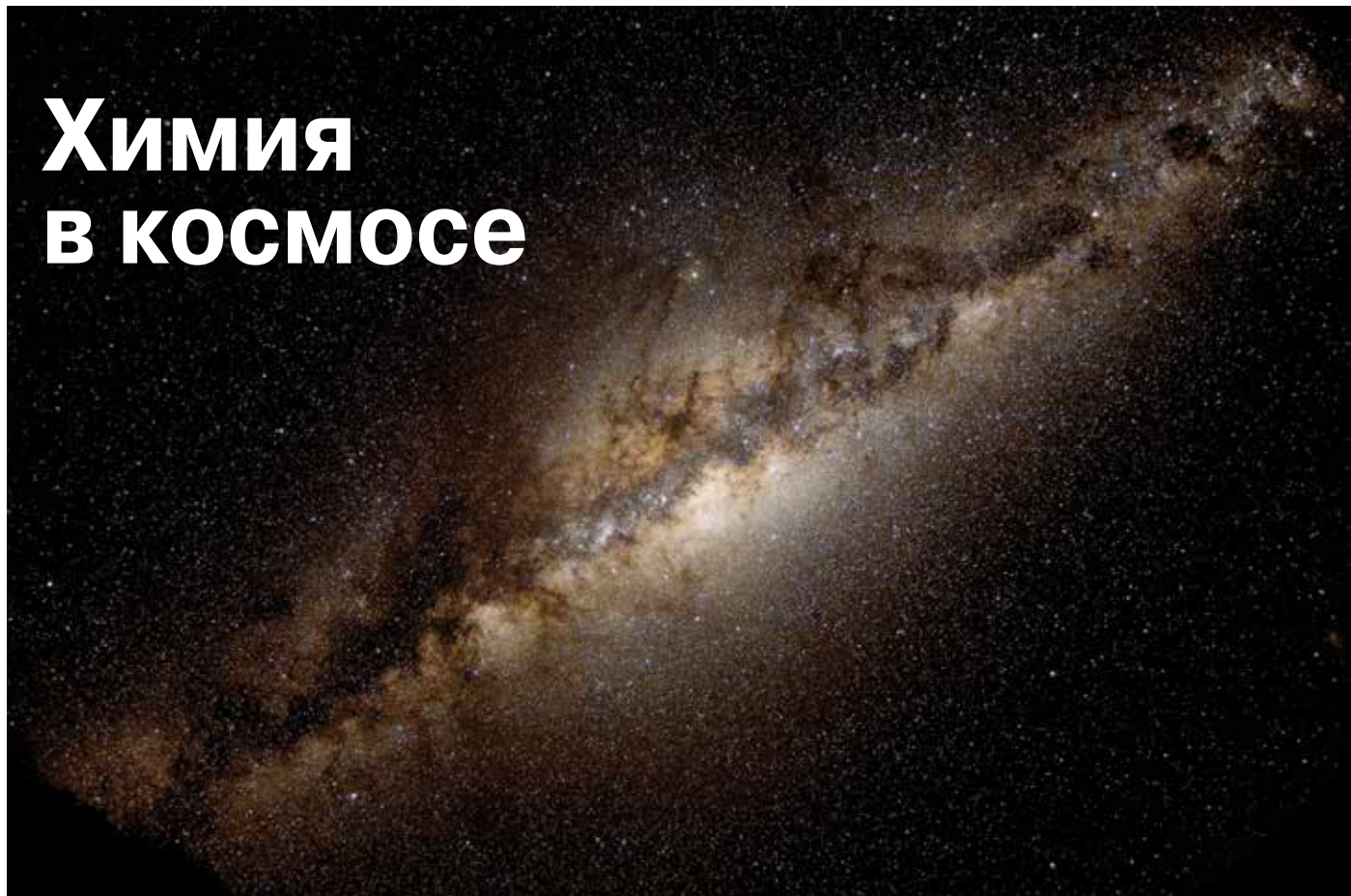
Бертран Рассел

Содержание

Проблемы и методы науки	
ХИМИЯ В КОСМОСЕ. Д.З.Вибе	2
Технологии	
КАРБОНАДО ИЗ АЦЕТИЛЕНА. В.А.Пронин, Е.П.Клименко, М.В.Пронина	10
Научный комментатор	
НЕ СЧЕСТЬ АЛМАЗОВ... М.Ю.Корнилов	13
Проблемы и методы науки	
ОБЛАЧНАЯ ФИЗХИМИЯ. С.М.Комаров	14
Вопросы — ответы	
БЕРЕГОВАЯ ЛИНИЯ ВЕЛИКОБРИТАНИИ БЕСКОНЕЧНА. Л.Викторова	18
Хемоскоп	
ОТВЕТСТВЕННЫЙ КУРЬЕР. ХИРАЛЬНЫЕ ВЗРЫВЫ. Р.Бобылёв	20
Элемент №...	
АСТАТ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев	22
Нанофантастика	
БЕЗ ОРУЖИЯ. Алексей Дуров	23
Болезни и лекарства	
«ЛАСКОВЫЙ УБИЙЦА» ПОД ПРИЦЕЛОМ МИРАВИРСЕНА. И.В.Цымбаревич	24
Живые лаборатории	
ОЛИМПИЙСКИЕ ТРАВЫ. В.Благутина	28
Тематический поиск	
СТОЙ! ОПАСНАЯ ЗОНА: РАБОТА МОЗГА!..	32
Еда по-научному	
СТРАННЫЕ АРОМАТЫ. А.А.Бондарев	34
Расследование	
ЕГИПТЯНЕ И ИХ МУМИИ. Н.Л.Резник	38
Образование	
БИОЛОГИЯ И ЕГЭ. Е.В.Огонькова	42
Наука и общество	
СТУДЕНТ ВОСХОДИТ НА БОРТ... Л.Хатуль	46
КАЗЕННЫЕ ДЕТИ. Л.Стрельникова	48
Что мы едим	
БЛИНЫ. Н.Ручкина.	54
Фантастика	
ПАРАЗИТ. Юрий Нестеренко	56
Книги	
РЯДОВЫЕ УЧЕНЫЕ. К.Г.Михайлов	60
Прогулки по истории химии	
ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД: ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ. И.А.Леенсон	64

ИНФОРМАЦИЯ	7, 27	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	59	ПЕРЕПИСКА	64

Химия в космосе



<http://www.eso.org/public/images/eso1233a/>

Доктор
физико-математических наук

Д.З.Вибе

Институт астрономии
РАН (ИНАСАН)

Астрохимия межзвездного вещества

Космос в популярном сознании представляется царством холода и пустоты (помните песню: «Здесь холод космический, цвет неба иной»?). Однако примерно с середины XIX века исследователи стали понимать, что пространство между звездами по крайней мере не пусто. Наглядный признак существования межзвездного вещества — так называемые темные облака, бесформенные черные пятна, особенно хорошо различимые на светлой полосе Млечного Пути. В XVIII—XIX веках полагали, что это реальные «дырки» в распределении звезд, однако к 1920-м годам сложилось мнение: пятна выдают присутствие колоссальных облаков межзвездной пыли, которые мешают нам видеть свет расположенных за ними звезд (фото 1).

В середине XIX века началась новая эпоха в астрономии: благодаря работам Густава Кирхгофа и Роберта Бунзена появился спектральный анализ, позволивший определять химический состав и физические параметры газа в астрономических объектах. Астрономы быстро оценили новую возможность, и 1860-е годы стали временем бурного расцвета звездной спектроскопии. Одновременно, во многом благодаря усилиям замечательного наблюдателя Уильяма Хеггинса, накапливались и доказательства наличия газа не только в звездах, но и в пространстве между ними.

Хеггинс был пионером научных исследований не звездной материи. С 1863 года он публиковал результаты спектроско-

Темная туманность V69, часть обширного облака межзвездной пыли в созвездии Змееносца

пического исследования некоторых туманностей, включая Большую Туманность Ориона, и продемонстрировал, что спектры туманностей в видимом диапазоне сильно отличаются от спектров звезд. Излучение типичной звезды — непрерывный спектр, на который накладываются линии поглощения, рождающиеся в звездной атмосфере. А спектры туманностей, полученные Хеггинсом, состояли из нескольких эмиссионных линий, практически без непрерывного спектра. Это был спектр горячего разреженного газа, параметры которого совершенно не похожи на параметры газа в звездах. Основным выводом Хеггинса: получено наблюдательное подтверждение предположения Гершеля о том, что в космосе помимо звезд есть диффузное вещество, распределенное по значительным объемам пространства.

Чтобы собственное свечение межзвездного газа можно было наблюдать в оптическом диапазоне, он должен быть не только горячим, но и довольно плотным, а этим условиям отвечает далеко не все межзвездное вещество. В 1904 году Йоханнес Хартманн заметил, что более холодный и/или разреженный межзвездный газ выдает свое присутствие, оставляя в звездных спектрах собственные линии поглощения, которые рождаются не в атмосфере звезды, а вне ее, на пути от звезды к наблюдателю.

Исследование линий излучения и поглощения межзвездного газа позволило к 1930-м годам довольно хорошо изучить его химический состав и установить, что он состоит из тех же элементов, которые встречаются и на Земле. Несколько линий в спектрах долго не поддавались отождествлению, и Хеггинс предположил, что это новый химический элемент — небулий (от лат. nebula — облако), но он оказался всего лишь дважды ионизированным кислородом.



К началу 1930-х годов полагали, что все линии в спектре межзвездного газа выявлены и приписаны определенным атомам и ионам. Однако в 1934 году Пол Мерилл сообщил о четырех неидентифицированных линиях в желтой и красной областях спектра. Ранее наблюдавшиеся межзвездные линии имели очень малую ширину, как и положено атомарным линиям, образующимся в газе низкой плотности, а эти были шире и размытее. Практически сразу было высказано предположение, что это линии поглощения не атомов или ионов, а молекул. Но каких? Предлагались и экзотические молекулы, например натрия (Na_2), и привычные двухатомные соединения, еще в XIX веке обнаруженные в кометных хвостах тем же Хеггинсом, например молекула CN. Окончательно существование межзвездных молекул было установлено в конце 1930-х годов, когда несколько неидентифицированных линий в синей области спектра удалось однозначно связать с соединениями CH, CH^+ и CN.

Особенность химических реакций в межзвездной среде — доминирование двухчастичных процессов: стехиометрические коэффициенты всегда равны единице. Поначалу единственным путем к формированию молекул казались реакции «радиативной ассоциации»: чтобы два атома, столкнувшись, объединились в молекулу, необходимо отвести избыточную энергию. Если молекула, сформировавшись в возбужденном состоянии, успевает до распада излучить фотон и перейти в невозбужденное состояние, она сохраняет устойчивость. Расчеты, проведенные до 1950-х годов, показывали, что наблюдаемое содержание трех этих простых молекул вроде бы удается объяснить в предположении, что они формируются в реакциях радиативной ассоциации и разрушаются межзвездным полем излучения — совокупным полем излучения звезд Галактики.

Круг забот астрохимии в то время был не особенно широк, по крайней мере в межзвездной среде: три молекулы, с десяток реакций между ними и их составными элементами. Ситуация перестала быть спокойной в 1951 году, когда Дэвид Бэйтс и Лайман Спитцер пересчитали равновесные содержания молекул с учетом новых данных о скоростях реакций радиативной ассоциации. Оказалось, что атомы связываются в молекулы гораздо медленнее, чем считалось до этого, и потому простая модель промахивается в предсказании содержания CH и CH^+ на порядки величины. Тогда они предположили, что две из этих молекул появляются не в результате синтеза из атомов, а в результате разрушения более сложных молекул, конкретно — метана. А откуда взялся метан? Ну, он мог образоваться в звездных атмосферах, а потом попасть в межзвездную среду в составе пылинки.

Позже космической пыли стали приписывать и более активную химическую роль, нежели роль простого переносчика молекул. Например, если для эффективного протекания химических реакций в межзвездной среде не хватает третьего тела, которое отводило бы избыток энергии, почему не предположить, что это пылинка? Атомы и молекулы могли бы вступать в реакции друг с другом на ее поверхности, а потом испаряться, пополняя собой межзвездный газ.

Свойства межзвездной среды

Когда в межзвездной среде были обнаружены первые молекулы, ни ее физические свойства, ни даже химический состав не были хорошо известны. Само обнаружение молекул CH и CH^+ считалось в конце 1930-х годов важным доказательством наличия там углерода и водорода. Все изменилось в 1951 году, когда было обнаружено излучение межзвездного атомарного водорода, знаменитое излучение на длине волны около 21 см. Стало ясно, что именно водорода в межзвездной среде больше всего. По современным представлениям, межзвездное вещество — это водород, гелий и лишь 2%

по массе более тяжелых элементов. Значительная часть этих тяжелых элементов, особенно металлов, находится в пылинках. Полная масса межзвездного вещества в диске нашей Галактики — несколько миллиардов масс Солнца, или 1—2% от полной массы диска. А масса пыли примерно в сто раз меньше массы газа.

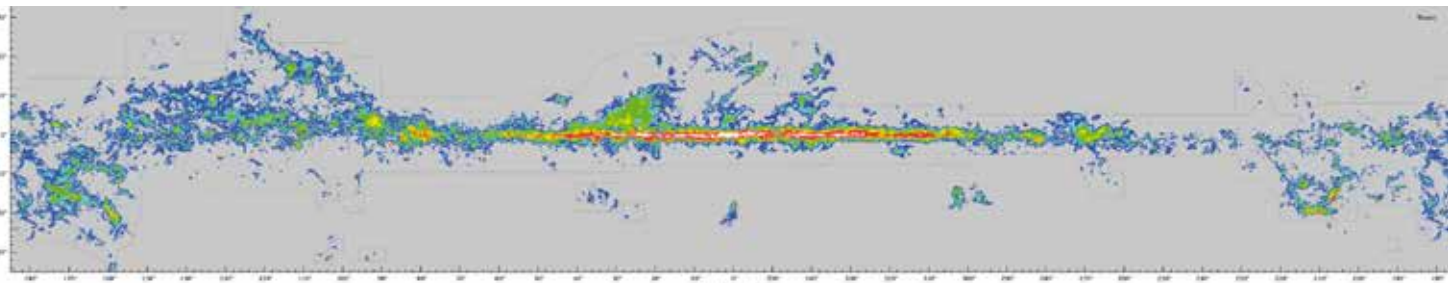
Вещество распределено по межзвездному пространству неоднородно. Его можно разделить на три фазы: горячую, теплую и холодную. Горячая фаза — это очень разреженный корональный газ, ионизованный водород с температурой в миллионы кельвинов и плотностью порядка $0,001 \text{ см}^{-3}$, занимающий примерно половину объема галактического диска. Теплая фаза, на долю которой приходится еще половина объема диска, имеет плотность около $0,1 \text{ см}^{-3}$ и температуру 8000—10000 К. Водород в ней может быть и ионизованным, и нейтральным. Холодная фаза действительно холодна, ее температура не более 100 К, а в самых плотных областях мороз до единицы кельвинов. Холодный нейтральный газ занимает всего около процента объема диска, но масса его составляет примерно половину всей массы межзвездного вещества. Это подразумевает значительную плотность, сотни частиц на кубический сантиметр и выше. Значительную по межзвездным понятиям, конечно, — для электронных приборов это замечательный вакуум, 10^{-14} торр!

Плотный холодный нейтральный газ имеет клочковатую облачную структуру, ту самую, что прослеживается по облакам межзвездной пыли. Логично предположить, что облака пыли и облака газа — это одни и те же облака, в которых пыль и газ перемешаны друг с другом. Однако наблюдения показали, что области пространства, в которых поглощающее действие пыли максимально, не совпадают с областями максимальной интенсивности излучения атомарного водорода. В 1955 году Барт Бок с соавторами предположили, что в наиболее плотных участках межзвездных облаков, тех самых, которые делаются непрозрачными в оптическом диапазоне из-за высокой концентрации пыли, водород находится не в атомарном, а в молекулярном состоянии.

Поскольку водород — основной компонент межзвездной среды, названия различных фаз отражают состояние именно водорода. Ионизованная среда — это среда, в которой ионизован водород, другие атомы могут сохранять нейтральность. Нейтральная среда — это среда, в которой водород нейтрален, хотя другие атомы могут быть ионизованы. Плотные компактные облака, предположительно состоящие в основном из молекулярного водорода, называются молекулярными облаками. Именно в них и начинается подлинная история межзвездной астрохимии.

Невидимые и видимые молекулы

Первые межзвездные молекулы были обнаружены благодаря своим линиям поглощения в оптическом диапазоне. Поначалу их набор был не слишком велик, и для их описания хватало простых моделей на основе реакций радиативной ассоциа-



*Карта излучения молекулы СО в плоскости Млечного Пути, полученная в 2001 году Томасом Деймом и его соавторами. По осям отложены галактические координаты: долгота и широта. Галактическая долгота представляет собой угловое расстояние от направления на центр Галактики, а галактическая широта — угловое расстояние от плоскости Млечного Пути.
(Т.М. Dame, D. Hartmann, P. Thaddeus.
«Astrophysical Journal», 2001, 547, 792—713; doi: 10.1086/318388)*

http://www.cfa.harvard.edu/mmw/fig2_Dame

ции и/или реакций на поверхностях пылинок. Однако еще в 1949 году И.С.Шкловский предсказал, что более удобен для наблюдения межзвездных молекул радиодиапазон, в нем можно наблюдать не только поглощение, но и излучение молекул. Чтобы увидеть линии поглощения, необходима фоновая звезда, излучение которой будут поглощать межзвездные молекулы. Но если вы смотрите на молекулярное облако, то фоновых звезд вы не увидите, потому что их излучение будет полностью поглощено пылью, входящей в состав того же самого облака! Если же молекулы излучают сами, вы увидите их везде, где они есть, а не только там, где их заботливо подсвечивают звезды.

Излучение молекул связано с наличием у них дополнительных степеней свободы. Молекула может вращаться, вибрировать, совершать более сложные движения, с каждым из которых связан набор энергетических уровней. Переходя с одного уровня на другой, молекула, так же, как и атом, поглощает и излучает фотоны. Энергетика этих движений невысока, поэтому они с легкостью возбуждаются даже при низких температурах в молекулярных облаках. Фотоны, соответствующие переходам между молекулярными энергетическими уровнями, попадают не в видимый диапазон, а в инфракрасный, субмиллиметровый, миллиметровый, сантиметровый... Поэтому исследования излучения молекул начались, когда у астрономов появились инструменты для наблюдений в длинноволновых диапазонах.

Правда, первая межзвездная молекула, обнаруженная по наблюдениям в радиодиапазоне, наблюдалась все-таки в поглощении: в 1963 году в радиоизлучении остатка сверхновой Кассиопея А. Это была линия поглощения гидроксидила (ОН) — длина волны 18 см, а вскорости гидроксил был обнаружен и в излучении. В 1968 году наблюдалась эмиссионная линия аммиака 1,25 см, через несколько месяцев нашли воду — линия 1,35 см. Очень важным открытием в исследованиях молекулярной межзвездной среды стало открытие в 1970 году излучения молекулы оксида углерода (СО) на длине волны 2,6 мм.

До этого времени молекулярные облака были в известной степени гипотетическими объектами. У самого распространенного химического соединения во Вселенной — молекулы водорода (H_2) — нет переходов в длинноволновой области спектра. При низких температурах в молекулярной среде она просто не светится, то есть остается невидимой, несмотря на все свое высокое содержание. У молекулы H_2 есть, правда, линии поглощения, но они попадают в ультрафиолетовый диапазон, в котором нельзя наблюдать с поверхности Земли; нужны телескопы, установленные либо на высотных ракетах, либо на космических аппаратах, что значительно усложняет наблюдения и еще значительно удорожает их. Но даже при наличии заатмосферного инструмента линии поглощения молекулярного водорода можно наблюдать только при наличии фоновых звезд. Если учесть, что звезд или иных астрономических объектов, излучающих в ультрафиолетовом диапазоне, в принципе не так много и, кроме того, в этом диапазоне поглощение пыли достигает максимума, становится понятно, что возможности изучения молекулярного водорода по линиям поглощения весьма ограничены.

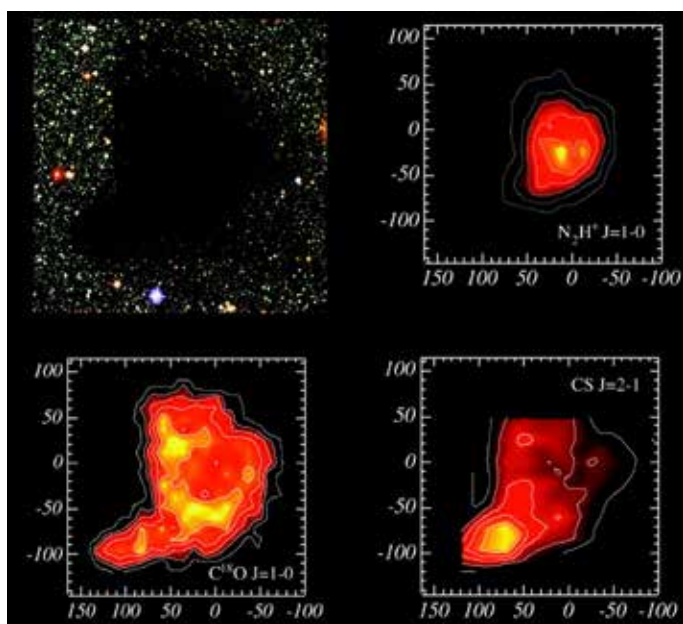
Молекула СО стала спасением — в отличие, например, от аммиака, она начинает светиться при невысоких плотностях. Две ее линии, соответствующие переходам из основного вращательного состояния в первое возбужденное и из первого во второе возбужденное, попадают в миллиметровый диапазон (2,6 мм и 1,3 мм), все еще доступный для наблюдений с поверхности Земли. Более коротковолновое излучение поглощается земной атмосферой, более длинноволновое излучение дает изображения меньшей четкости (при заданном диаметре объектива угловое разрешение телескопа тем хуже, чем больше наблюдаемая длина волны). И молекул СО много, причем настолько много, что в этом виде находится, по-видимому, большая часть всего углерода в молекулярных облаках. Это означает, что содержание СО определяется не столько особенностями химической эволюции среды (в отличие от молекул СН и CH^+), сколько попросту количеством доступных атомов С. И поэтому содержание СО в молекулярном газе можно считать, по крайней мере в первом приближении, постоянным.

Поэтому именно молекулу СО используют как индикатор наличия молекулярного газа. И если вам где-то встречается, например, карта распределения молекулярного газа в Галактике, это будет карта распределения именно оксида углерода, а не молекулярного водорода. Допустимость столь широкого применения СО в последнее время все чаще ставится под сомнение, но заменить его особенно нечем. Так что приходится компенсировать возможную неопределенность в интерпретации наблюдений СО осмотрительностью в ее проведении.

Новые подходы к астрохимии

В начале 1970-х годов количество известных межзвездных молекул стало измеряться десятками. И чем больше их открывалось, тем яснее становилось, что прежние химические модели, которые и содержание первой тройки СН, CH^+ и CN объясняли не очень уверенно, с возросшим количеством молекул вовсе не работают. Новый взгляд (он принят и сейчас) на химическую эволюцию молекулярных облаков был предложен в 1973 году Вильямом Ватсоном и независимо Эриком Хербстом и Вильямом Клемперером.

Итак, мы имеем дело с очень холодной средой и очень богатым молекулярным составом: сегодня известно около полутора сотен молекул. Реакции радиативной ассоциации слишком медленны, чтобы обеспечить наблюдаемое содержание даже двухатомных молекул, не говоря уже о более сложных соединениях. Реакции на поверхностях пылинок более эффективны, но при 10 К молекула, синтезированная на поверхности пылинки, в большинстве случаев останется примороженной к ней.



<http://iopscience.iop.org/0004-637X/586/1/286/fulltext/56509.figures.html>



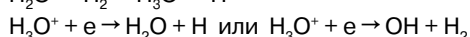
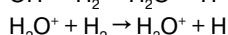
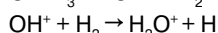
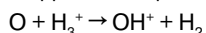
Вверху слева — глобула V68 в видимом диапазоне предстает в виде черного пятна. Это пыль, содержащаяся в глобуле, закрывает свет фоновых звезд. Вверху справа — карта той же глобулы в излучении иона N_2H^+ . Область излучения этого иона занимает только центральную часть глобулы. Внизу слева: излучение молекулы CO охватывает центр глобулы почти полным кольцом. Внизу справа: источником излучения в линии молекулы CS является лишь небольшой сгусток на окраине глобулы.
Ch.J. Lada et al, «Astrophysical Journal», 2003, 586, 286—295, doi: 10.1086/367610

Ватсон, Хербст и Клемперер предположили, что в формировании молекулярного состава холодных межзвездных облаков определяющую роль играют не реакции радиативной ассоциации, а ион-молекулярные реакции, то есть реакции между нейтральными и ионизованными компонентами. Их скорости не зависят от температуры, а в некоторых случаях при низких температурах даже возрастают.

Дело за малым: вещество облака нужно немного ионизовать. Излучение (свет близких к облаку звезд или совокупное излучение всех звезд Галактики) не столько ионизует, сколько диссоциирует. Кроме того, из-за пыли излучение не проникает внутрь молекулярных облаков, засвечивая лишь их периферию.

Но в Галактике есть другой ионизирующий фактор — космические лучи: атомные ядра, разогнанные каким-то процессом до очень высокой скорости. Природа этого процесса до сих пор окончательно не раскрыта, хотя ускорение космических лучей (тех, что интересны с точки зрения астрохимии) происходит, скорее всего, в ударных волнах, сопровождающих вспышки сверхновых звезд. Космические лучи (как и все вещество Галактики) состоят главным образом из полностью ионизованных водорода и гелия, то есть из протонов и альфа-частиц.

Сталкиваясь с самой распространенной молекулой H_2 , частица ионизует ее, превращая в ион H_2^+ . Он, в свою очередь, вступает в ион-молекулярную реакцию с другой молекулой H_2 , образуя ион H_3^+ . И вот этот-то ион и становится главным двигателем всей последующей химии, вступая в ион-молекулярные реакции с кислородом, углеродом и азотом. Дальше все идет по общей схеме, которая для кислорода выглядит так:



Последняя реакция в этой цепочке — реакция диссоциативной рекомбинации иона гидроксония со свободным электроном — приводит к образованию молекулы, насыщенной водо-

родом, в данном случае молекулы воды, или к образованию гидроксила. Естественно, диссоциативная рекомбинация может случиться и с промежуточными ионами. Конечный итог этой последовательности для основных тяжелых элементов — образование воды, метана и аммиака. Возможен другой вариант: частица ионизует атом примесного элемента (O, C, N), а этот ион реагирует с молекулой H_2 , опять же с образованием ионов OH^+ , CH^+ , NH^+ (далее с теми же остановками). Цепочки разных элементов, естественно, развиваются не в изоляции: их промежуточные компоненты реагируют друг с другом, и в результате этого «перекрестного опыления» большая часть углерода переходит в молекулы CO, кислород, оставшийся не связанным в молекулах CO, — в молекулы воды и O_2 , а основным резервуаром азота становится молекула N_2 . Те же атомы, что не вошли в эти основные компоненты, становятся составными частями более сложных молекул, самая большая из которых, известная на сегодняшний день, состоит из 13 атомов.

В эту схему не вписываются несколько молекул, образование которых в газовой фазе оказалось крайне неэффективным. Например, в том же 1970 году кроме CO была в значительных количествах обнаружена существенно более сложная молекула — метанол. Долгое время синтез метанола считался результатом короткой цепочки: ион CH_3^+ реагировал с водой, образуя протонированный метанол $CH_3OH_2^+$, а затем этот ион рекомбинировал с электроном, разделяясь на метанол и атом водорода. Однако эксперименты показали, что молекуле $CH_3OH_2^+$ при рекомбинации проще разваливаться посередине, так что газофазный механизм образования метанола не работает.

Однако есть и более важный пример: в газовой фазе не образуется молекулярный водород! Схема с ион-молекулярными реакциями работает только при условии, что в среде уже есть молекулы H_2 . Но откуда они берутся? Существует три способа сформировать молекулярный водород в газовой фазе, но все они чрезвычайно медленны и в галактических молекулярных облаках работать не могут. Решение проблемы найдено в возвращении к одному из прежних механизмов, а именно к реакциям на поверхностях космических пылинок.

Как и прежде, пылинка в этом механизме играет роль третьего тела, предоставляя на своей поверхности условия для объединения атомов, которые не могут объединиться в газовой фазе. В холодной среде свободные атомы водорода примерзают к пылинкам, но из-за тепловых колебаний не сидят на одном месте, а диффундируют по их поверхности. Два атома водорода, встретившись в процессе этих блужданий, могут объединиться в молекулу H_2 , а энергия, выделяющаяся при реакции, отрывает молекулу от пылинки и переносит ее в газ.

Естественно, если атом водорода встретит на поверхности не своего собрата, а какой-то другой атом или молекулу, итог реакции также будет иным. Но есть ли на пыли другие компоненты? Есть, и на это указывают современные наблюдения наиболее плотных частей молекулярных облаков, так называемых ядер, которые (не исключено) в будущем превратятся



в звезды, окруженные планетными системами. В ядрах происходит химическая дифференциация: из наиболее плотной части ядра исходит в основном излучение соединений азота (аммиака, иона N_2H^+), а соединения углерода (CO, CS, C_2S) светятся в окружающей ядро оболочке, поэтому на картах радиоизлучения такие ядра выглядят как компактные пятна эмиссии соединений азота, окруженные колечками эмиссии оксида углерода.

Современное объяснение дифференциации таково: в наиболее плотной и холодной части молекулярного ядра соединения углерода, в первую очередь CO, примерзают к пылинкам, образуя на них ледяные оболочки-мантии. В газовой фазе они сохраняются только на периферии ядра, куда, возможно, проникает излучение звезд Галактики, частично испаряющее ледяные мантии. С соединениями азота ситуация иная: основная азотсодержащая молекула N_2 к пыли примерзает не так быстро, как CO, и потому в газовой фазе даже самой холодной части ядра гораздо дольше остается достаточно азота, чтобы обеспечить наблюдаемое количество аммиака и иона N_2H^+ .

В ледяных мантиях пылинок тоже идут химические реакции, главным образом связанные с добавлением атомов водорода к примерзшим молекулам. Например, последовательное присоединение атомов H к молекулам CO в ледяных оболочках пылинок приводит к синтезу метанола. Чуть более сложные реакции, в которых помимо водорода участвуют и другие компоненты, ведут к появлению и других многоатомных молекул. Когда в недрах ядра загорается молодая звезда, ее излучение испаряет мантии пылевых частиц, и продукты химического синтеза появляются в газовой фазе, где их также удается наблюдать.

Успехи и проблемы

Разумеется, помимо ион-молекулярных и поверхностных реакций в межзвездной среде происходят и другие процессы: и нейтраль-нейтральные реакции (в том числе реакции радиативной ассоциации), и фотореакции (ионизации и диссоциации), и процессы обмена компонентами между газовой фазой и пылинками. В современные астрохимические модели приходится включать сотни различных компонентов, связанных между собой тысячами реакций. Важно вот что: количество моделируемых компонентов существенно превышает то количество, что реально наблюдается, поскольку из одних только наблюдаемых молекул составить работающую модель не удастся! Собственно говоря, так было с самого начала современной астрохимии: ион H_3^+ , существование которого постулировалось в моделях Ватсона, Хербста и Клемперера, был обнаружен в наблюдениях только в середине 1990-х годов.

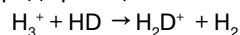
Все современные данные о химических реакциях в межзвездной и околозвездной среде собраны в специализированных базах данных, из которых наиболее популярны две: UDFA (UMIST Database for Astrochemistry) и KIDA (Kinetic Database for Astrochemistry).

Эти базы данных, по сути, представляют собой списки реакций с двумя реагентами, несколькими продуктами и численными параметрами (от одного до трех), позволяющими рассчитать скорость реакции в зависимости от температуры,

поля излучения и потока космических лучей. Наборы реакций на поверхностях пылинок менее стандартизованы, однако и здесь есть два-три варианта, которые применяются в большинстве астрохимических исследований. Реакции, включенные в эти наборы, позволяют количественно объяснить результаты наблюдений молекулярного состава объектов разного возраста и при разных физических условиях.

Сегодня астрохимия развивается в четырех направлениях.

Во-первых, большое внимание привлекает к себе химия изотопомеров, в первую очередь химия соединений дейтерия. Помимо атомов H в межзвездной среде присутствуют также атомы D, в пропорции примерно 1:100 000, что сравнимо с содержанием прочих примесных атомов. Помимо молекул H_2 на пылинках образуются также молекулы HD. В холодной среде реакция



не уравнивается обратным процессом. Ион H_2D^+ играет в химии роль, аналогичную роли иона H_3^+ , и через него атомы дейтерия начинают распространяться по более сложным соединениям. Итог оказывается достаточно интересным: при общем отношении D/H порядка 10⁻⁵ отношение содержания некоторых дейтерированных молекул к содержанию нейтритированных аналогов (например, HDCO к H_2CO , HDO к H_2O) достигает процентов и даже десятков процентов. Аналогичное направление совершенствования моделей — учет различий в химии изотопов углерода и азота.

Во-вторых, одним из основных астрохимических направлений остаются реакции на поверхностях пылинок. Здесь большая работа проводится, например, по изучению особенностей реакций в зависимости от свойств поверхности пылинки и от ее температуры. До сих пор неясны детали испарения с пылинки синтезировавшихся на ней органических молекул.

В-третьих, химические модели постепенно проникают все глубже в исследования динамики межзвездной среды, в том числе в исследования процессов рождения звезд и планет. Это проникновение очень важно, поскольку оно позволяет напрямую соотносить численное описание движений вещества в межзвездной среде с наблюдениями молекулярных спектральных линий. Кроме того, эта задача имеет и астробиологическое приложение, связанное с возможностью попадания межзвездной органики на формирующиеся планеты.

В-четвертых, все больше становится наблюдательных данных о содержании различных молекул в других галактиках, в том числе и в галактиках на больших красных смещениях. Это означает, что мы уже не можем замыкаться в рамках Млечного Пути и должны разбираться с тем, как происходит химическая эволюция при ином элементном составе среды, при других характеристиках поля излучения, при других свойствах пылинок или какие химические реакции происходили в догалактической среде, когда весь набор элементов ограничивался водородом, гелием и литием.

При этом и рядом с нами остается немало загадок. Например, линии, найденные в 1934 году Мериллом, так до сих пор и не отождествлены. Да и происхождение первой найденной межзвездной молекулы — CH^+ — остается пока неясным...





Поздравляем с 80-летием Л.В.Каабака!



ЮБИЛЕЙ



Леонид Владимирович Каабак родился в Москве 18 февраля 1934 года. В 1957 году окончил МХТИ им. Д.И.Менделеева, с тех пор и по настоящее время работает в Государственном научно-исследовательском институте органической химии и технологии. Мы не раз публиковала статьи Леонида Владимировича, посвященные химии (см., например, «Лимит удачи», 1994, № 10). Но, как ни парадоксально, по числу публикаций в «Химии и жизни» собиратель бабочек Л.В.Каабак далеко опережает доктора химических наук и профессора Л.В.Каабака. Редакцию понять можно: не так часто в нашем портфеле оказываются фрагменты из дневника путешественника.

Химия для Леонида Владимировича — профессия, но энтомология — больше, чем просто увлечение. Если он «любитель», то высокого уровня. Во всех смыслах слова, включая буквальный. На Памире, в скальном массиве Мынджахир, на высоте 4200 м над уровнем моря, Л.В.Каабак в 1983 году впервые поймал новый подвид аполлона Чарльтона. Его описали автор открытия и энтомолог Ю.Ю.Щеткин под названием *Parnassius charltonius anjuta* — имя подвида выбрали в честь матери первооткрывателя. А в 1996 году Л.В.Каабак, А.В.Сочивко и В.В.Титов описали еще один подвид аполлона Чарльтона — «таинственный», *P. charltonius mistericus*.

Памир, горы Киргизии, уссурийская тайга, Гималаи, Южная Америка и Африка... Когда начинаешь выбирать из этих рассказов по фрагменту, трудно остановиться.

«В кабине ЗИЛа еду по Ошско-Хорогскому тракту. Я счастлив — впереди Памир. (...) У прибрежного кишлака Караарт в кабину подсел капитан-пограничник. Узнав, что я собираю бабочек, капитан сказал: «Помню, один москвич поймал у нас на Памире вот такую бабочку», — и расставил ладони сантиметром на тридцать. «Не такую, а такую, — возразил я, расставив указательные пальцы сантиметром на десять. — И москвич этот — я».

Венесуэла, 2003 год. «Недалеко от стоянки и мелководья, где мы купались каждые час-два, Андрей (фотограф и естествоиспытатель Андрей Сочивко. — *Примеч. ред.*) обнаружил глубокую заводь, кишевшую пираньями. Он тут же смастерил удочку (лески и крючки купили в Сьюдад-Боливаре) и с громадного камня над заводью закинул крючок в темную неподвижную воду. Хищница сразу схватила крючок, и в тот же миг Андрей вытянул бешено прыгавшую светлую рыбу величиной с ладонь. От ее головы, как краска, тянулись темно-оранжевые потеки. Она так сжала челюсти, что их пришлось разжимать плоскогубцами, чтобы вынуть крючок. Рыба гневно ухала, открывая рот с острыми коническими зубами. Когда же Андрей вытащил клонувшую пиранью с задержкой около секунды — на крючке висела только голова: ее подруги, обезумевшие от запаха или вкуса крови из ранки, сожрали несчастную мгновенно. Жаль, уха из пираний оказалась невкусной».

Киргизия, 1960 год. «Тропа резко свернула за еловую стену, и мы неожиданно оказались перед двумя пожилыми киргизками, которые приветливо заулыбались нам. На толстом бревне, покрытом белоснежным полотенцем, — пиалы, полные, как оказалось, айрана и кумыса. Рядом — пиалы с желтым маслом и стопка румяных ароматных лепешек. Мы оторопели, а женщины сразу принялись угощать. Спрашиваем, кого они ждут. Оказывается — нас! Их предупредили пастухи, заметившие туристов еще утром на леднике, на гребне... Принять деньги они категорически отказались, а оставшиеся лепешки заставили взять с собой».

Киргизия, 2010 год. «По завершении в отрогах Туркестанского хребта экспедиционной части поездки я возвращался в Ош из Исфаны на такси. В Баткене водитель посадил паренька. Разговорились. Русским он владел слабо, хотя перешел в одиннадцатый класс. Я уже слышал, что в некоторых школах на юге нет преподавателей химии. Спрашиваю, изучал ли он химию.

— Да.

— А формулу аммиака знаешь?

Смуценно молчит. Пишу пальцем на пыльном боковом стекле «NH₃». Говорит — такого раньше не видел».

Камерун, 2004 год. «Возвращаемся с пляжа и видим: наш лагерь превратился в сцену. Перед ним две группы зрителей: около десятка взрослых и отдельно — дети. Здороваемся, зажигаем костер и начинаем готовить завтрак. Зрители молча наблюдали. Дольше всех оставались дети и седой мужчина лет шестидесяти, спросивший, кто мы. Дети ни о чем не спрашивали, ничего не просили — просто смотрели. У самого маленького, как обычно у здешних малышей, выступает животик — наверное, из-за преимущественно растительной пищи. А черные блестящие глаза у всех — широко открытые, любознательные, умные, готовые вспыхнуть искрами радости. Детишки не провинциально застенчивы, а охотно и весело идут на контакт, хотя прежде не видели белого человека. К счастью, у нас был пакетик с конфетами...»

Леонид Владимирович повсюду встречается с замечательными людьми. Таджики, уйгуры, русские пограничники Восточного Памира, киргизы и узбеки, венесуэльцы и камерунцы — почти для каждого, кто появляется на страницах его заметок, он находит добрые слова. Даже встреча с малолетней шпаной в Каракасе заканчивается улыбками и рукопожатиями, хотя российский консул предупреждал, что эти ребята могут убить за часы или мобильник... «Повезло», «посчастливилось», «судьба подарила встречу» — эти слова у автора повторяются часто. Может, и так, но, как нам кажется, причина в другом...

О пограничниках Памиро-Алая и Тянь-Шаня Леонид Владимирович даже написал книгу — «Человек выше гор» (М., Граница, 2013). Книга интереснейшая, жаль, тираж по-нынешнему небольшой. Более известны широкой публике прекрасно изданные книги о бабочках: «Я иду искать» (М., Терра — Книжный клуб, 2006), «Бабочки мира» (М., Аванта+, 2001). А совсем недавно вышел «Атлас-определитель дневных бабочек России» (А.В.Сочивко и Л.В.Каабак, М.: Аванта+, 2012) — отличный подарок опытных собирателей бабочек начинающим.

Редакция «Химии и жизни» желает Леониду Владимировичу здоровья, творческих успехов и новых путешествий!

Подборку статей Л.В.Каабака, опубликованных в «Химии и жизни», читайте на сайте www.hij.ru в разделе «Горячие темы».

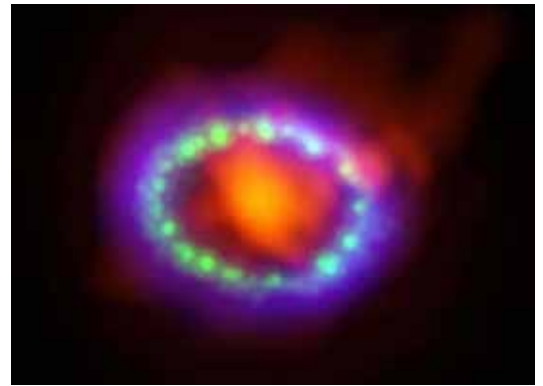
Звездная пыль

Одна сверхновая дает столько пыли, сколько весит четверть Солнца.

Галактики полны пыли. А ее основным источником считаются взрывающиеся звезды. Более того, ученые полагают, что звезды младших поколений, такие, как Солнце, родились в результате конденсации пылевых облаков. Эта стройная теория натывается на одно препятствие: пока что никто не смог найти у сверхновой необходимое количество пыли.

Вот, например, Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом облаке: свет от ее взрыва достиг Земли в 1987 году. Это самая близкая к нам свежая сверхновая, расстояние до нее 168 тысяч световых лет, ближе располагалась только сверхновая в нашем родном Млечном Пути, которую Кеплер наблюдал в 1604 году. Неудивительно, что за 1987А астрономы пристально следят.

Увы, в первые 500 дней после взрыва им не удалось разглядеть могучих облаков пыли. Но вот в пустыне Атакама построили инфракрасную обсерваторию ALMA (на самом деле это сложное устройство из множества детекторов, разбросанных по большой территории). Ее чувствительные датчики смогли разглядеть холодные пылинки, и тех оказалось очень много (в центре на фото) — для построения Солнца достаточно четырех таких облаков. И состав подходящий: CO и SiO — строительные блоки будущих силикатов, карбонатов и углеводов. «Мы наконец нашли окончательное подтверждение гипотезы, что пыль в ранней Вселенной получалась главным образом из взрывов сверхновых», — заметил участник работы Микако Мацура из Лондонского королевского колледжа. Видимо, осталось понять, сколько же надо взорвать звезд, чтобы получить одно Солнце: пыль от взрыва разлетается во все стороны, а облако для образования звезды должно, наоборот, сгущаться.



Агентство «NewsWise»,
3 января 2014 года.

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

Электронный язык в действии

Виноградари смогут точно определить, созрели ягоды или нет.

Электронный язык — портативное устройство, способное измерять концентрацию одного или нескольких веществ в небольшой пробе. Рамон Мартинес Маньез с коллегами из Политехнического университета Валенсии решили проверить, можно ли с его помощью определить спелость винограда. Для этого они обошли с электронным языком виноградник в двух районах Валенсии и проверили ягоды десятка сортов. Данные сравнивали с показаниями традиционных методов — лабораторными измерениями кислотности сока и содержания сахара, — и результаты неплохо совпали. Виноградари довольны: теперь не надо будет сдавать анализы в лабораторию. Исследователи же продолжают свое дело — хотят научить электронный язык следить за ферментацией винограда в винных бочках, чтобы повысить качество продукции.

А вот Манелю дель Вайе из Барселонского университета не так повезло. Он планировал с помощью электронного языка различать сорта пива, для чего снабдил его двадцатью одним ион-селективным электродом и искусственным интеллектом. Тренировка на имевшихся сортах пива позволила электронному языку распознавать их с точностью 82%. Однако иностранные сорта, а также смеси пива с другими шипучими напитками ставили язык в тупик. Ученые считают, что неудача — стимул для совершенствования, и надеются, что когда-нибудь создадут роботов, способных чувствовать вкус еды; они пригодятся в службах дегустации и контроля качества.

Агентство «AlphaGalileo»,
3 и 30 января 2014 года.

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

Сладкая оттепель

Оттаивая и вновь замерзая, лягушки накапливают глюкозу, чтобы пережить суровую зиму.

Лягушки на зиму почти полностью превращаются в лед, а потом благополучно оттаивают. Детали этого процесса выяснил Дон Ларсен из Аляскинского университета. Объектом служила типичная для Северной Америки лесная лягушка *Lithobates sylvaticus*.

Как оказалось, залог успешной зимовки — повышение содержания глюкозы в теле лягушки в 2—9 раз! Добивается этого лягушка не сразу, а в результате многократных циклов замораживания-размораживания. Дело в том, что уровень глюкозы растет именно при снижении температуры. Если оттепели и заморозки следуют друг за другом достаточно часто, глюкоза не успевает расходоваться и накапливается в организме. Когда Ларсен подверг подопытных лягушек такому термоциклированию, их выживание в последующие суровые холода составило 100%, в отличие от опытов коллег. Получается, что оттепели в начале зимы играют важную роль в жизни этих амфибий, а возможно, и других живых существ, использующих аналогичные механизмы.

Агентство «NewsWise»,
1 января 2014 года.

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

Вирус-манипулятор

Паразит понуждает своего хозяина к активному общению.

Казалось бы, существо, подцепившее болезнь, должно быть вялым, слабым и не способным к активной социальной жизни. Доктор Шелли Адамо из Университета Дальхаузи (Канада) убедилась, что это не всегда так. Она изучала поведение колонии сверчков, зараженных смертельным вирусом. Этот вирус поселяется в так называемом жировом теле сверчка, где хранятся запасы энергии, и заставляет насекомое синтезировать только необходимые завоевателю вещества. В их число входят гормоны и нейромедиаторы, которые, в частности, отключают иммунную систему, чтобы организм не смог опознать врага. Кроме того, насекомое становится стерильным — чтобы не тратить нужные вирусам энергию и вещества на размножение.

Однако этим дело не исчерпывается. Вирус может передаваться половым путем, от партнера к партнеру. Поэтому попутно он становится еще и «вирусом сознания»: воздействуя химическим путем на нервные узлы, которые у насекомых называются мозгом, он меняет поведение своего хозяина, делая его столь любвеобильным, что нормальный, незараженный сверчок не может соревноваться со своим погибающим собратом. В результате эпидемия быстро распространяется по колонии, опустошая ее. Закончив исследование вируса-манипулятора, Адамо планирует изучать других паразитов, способных влиять на поведение хозяев.

Агентство «NewsWise»,
1 января 2014 года.

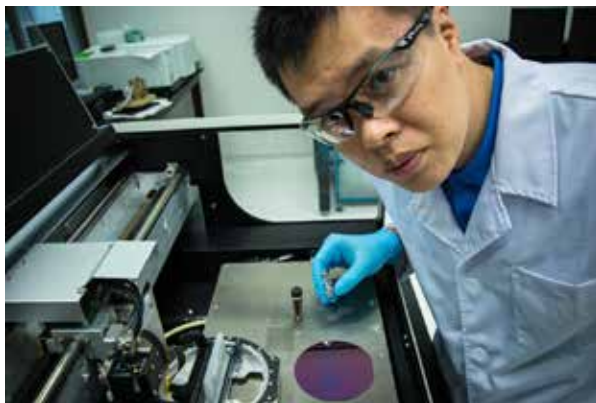
Разложение слоев

Большие одно-слойные частицы халькогенидов пригодятся для печати электроники будущего

Сульфид молибдена известен как компонент смазки: его кристаллы, подобно графитовым, состоят из расположенных на большом расстоянии друг от друга слоев, которые легко сдвигаются. Однако электронщикам обладающие схожей структурой дисульфид титана и диселенид вольфрама так же небезинтересны: все они называются халькогенидами и считаются перспективными для изготовления элементов электронных и оптоэлектронных микросхем. Для таких устройств требуются крупные одно-слойные чешуйки этих веществ, из которых можно сделать что-то вроде протяженного графенового листа. Вот только получаются они мелкими, размером едва в микрон.

Химики Сингапурского университета во главе с профессором Ло Киан Пином придумали, как разложить частицу халькогенида на протяженные слои.

Для этого они синтезировали соединения нафталина с щелочными металлами, и те оказались способны входить в пространство между слоями и бережно их разъединять. Исследователи утверждают, что им удалось достичь беспрецедентного размера плоских слоев, которые к тому же прекрасно распределяются в объеме растворителя. Полученными «чернилами» они успешно печатают плоские халькогенидные подложки.



Агентство «NewsWise»,
2 января 2014 года

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

Халькогенидный электрод

Создан гибкий электрод для натриевой батареи.

Аккумуляторы, использующие для зарядки ионы натрия, считаются более перспективными, чем литий-ионные. А главная их проблема — быстрое падение емкости в циклах «заряд-разряд». Не исключено, что это связано с сильным расширением анода во время зарядки: ионы натрия входят внутрь него и там накапливаются. В результате слои составляющего анод материала расходятся и толщина растет очень сильно, в пять раз. Возникающие напряжения вполне могут разрушать анод.

Исследователи из Канзасского университета во главе с доцентом Гурпритом Сингхом предложили новое решение: гибкий электрод, состоящий из слоев графена, между которыми заключен слой дисульфида молибдена. В новом аноде ионы натрия так реагируют со слоем дисульфида, что практически не деформируют его. Более того, отпала надобность в пластиковой основе и медной фольге на поверхности электрода для съема тока — с этим справляется прочный и электропроводный графен.

«Для работы в качестве анода не требуется однослойных частиц дисульфида молибдена, поэтому нам было не так уж сложно приготовить новый материал», — говорит Гурприт Сингх, видимо, намекая на работу сингапурских коллег. Новый аккумулятор показал емкость в 230 мА ч/г, что в два раза больше, нежели у натриевых батареек с другим анодом, а работает он при комнатной температуре.

Агентство «NewsWise»,
29 января 2014 года

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

Кожа с капиллярами

Выращена кожа, способная перераспределять биожидкости.

До сих пор тканевые хирурги умели выращивать только такие ткани, в которых нет сосудов, — верхний слой кожи, кости или всевозможные хрящи. Исследователи из Цюрихского университета во главе с Мартином Мюли, похоже, совершили важный шаг к созданию полноценных искусственных органов. Выращивая кожу из клеток пациента, они добавили к фибробластам еще и клетки стенок капилляров — кровеносных и лимфатических. Эти клетки сумели самоорганизоваться, и получилась капиллярная сеть, пронизывающая слой кожи.

Такая ткань будет служить гораздо лучше, ведь через лимфатические капилляры отводится жидкость, поступающая из раны, а кровеносные капилляры обеспечивают клетки кожи необходимыми веществами. В предварительных исследованиях на животных ученые соединяли капилляры искусственно выращенной кожи с естественными и убедились, что метод работает. Теперь они надеются перейти к первым клиническим испытаниям. Новую кожу будут применять для лечения ожогов и крупных ран.

Агентство «AlphaGalileo»,
30 января 2014 года

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

«Он в другой раз закинул невод...»

Исследователи за три месяца выловили со дна Темзы 8000 пластиковых предметов

Исследователи из Лондонского университета и Музея естественной истории ловили мусор в дельте Темзы с помощью сетей, предназначенных для добычи китайского краба. То есть собирали мусор у дна, который граждане не видят, пребывая в уверенности, что река в общем-то чистая. Это оказалось совсем не так: в протекающей сквозь Лондон Темзе тонет множество пластиковых объектов. Это и обертки от сигаретных пачек, и упаковочная пленка, и одноразовые чашки и стаканчики. Третей всего улова составили предметы гигиены и медицинского назначения. А всего исследователи собрали 8 тысяч предметов размером с краба.

«На самом деле мы собрали отнюдь не все. Бутылки и крупные пластиковые предметы не попадали в нашу маленькую сеть, поэтому проблема гораздо серьезнее, чем может казаться с поверхности», — отмечает участник работы доктор Дейв Морритт. Ущерб же связан с тем, что мусор дробится на мелкие частицы. Попадая с пищей в кишечник, эти частицы могут разлагаться, выделяя ядовитые продукты.

С другой стороны, пластиковые предметы представляют собой новое жизненное пространство для обитателей. Например, изучение мусорной воронки в Тихом океане (см. «Химию и жизнь», 2009, № 10) показало, что на них формируется своеобразная экосистема. Про то, что борьба с мусором нарушает права этой группы живых существ, собиратели донного пластика почему то не упоминают

Агентство «NewsWise»,
2 января 2014 года

Карбонадо из ацетилена

**В.А.Пронин,
Е.П.Клименко,
М.В.Пронина,**

Муромский институт (филиал)
Владимирского государственного
университета, ОАО «Муромский
приборостроительный завод»

Камни в трубке

Люди ищут алмазы с незапамятных времен. Считается, что первые залежи начали разрабатывать в Индии более двух тысяч лет назад. Сейчас наибольшее количество природных алмазов добывают в Центральной Африке — в Ботсване и Анголе. Значительные их запасы сосредоточены в Южном и Юго-Западном Трансваале, в районе города Претория, в прибрежной полосе Атлантического океана. Еще одна важная область добычи находится в Канаде. Есть алмазы и в Южной Америке — в Бразилии, Венесуэле, Гвиане. В Австралии сравнительно немного алмазов добывают вместе с золотом из россыпей Нового Южного Уэльса. Россия в 2012 году вышла на второе место по добыче алмазов после Ботсваны. А открыли первые месторождения в Якутии лишь в 1954 году.

Через глухую сибирскую тайгу, болота, вдоль бурных рек и отрогов гор вел геологический след пиропов. Опытные геологи знают, что там, где встречаются пиропы — минералы из группы гранатов, выходят на поверхность и сами кимберлиты, голубоватые алмазоносные породы. Кимберлитовые породы образуются при прорыве вулканических газов сквозь земную кору, формируя трубки — вертикальные столбы. Впервые эти породы были обнаружены близ города Кимберли в Южной Африке, отсюда их название. После того как в Якутии нашли кимберлиты, сообщение в геологическое управление от геологов было кратким: «Закурили трубку мира. Табак хороший». Теперь на этом месте вырос город Мирный. Сейчас российские алмазы добывают также в Архангельской области и Пермском крае. В 2012 году рассекречено гигантское месторождение на границе Красноярского края и Якутии. Кстати, в 2013 году кимберлитовые породы нашли и в Антарктиде, но добывать полезные ископаемые на южном континенте запрещено.



GoogleMap

Так на снимке из космоса сейчас выглядит кимберлитовая трубка Мир в Якутии

Около 85% извлекаемых из недр Земли алмазов непригодны к применению в ювелирном деле, но благодаря их абсолютной твердости, максимальной среди природных материалов, они используются для технических целей. К техническим алмазам относится борт — неправильные кристаллы, сростки; карбонадо, или черные алмазы, — мелкозернистые и пористые агрегаты черного и серого цветов; конго — алмазная мелочь, которая годится только на абразивы.

Большие алмазы попадаются редко, поэтому им дают имена. Два всемирно известных алмаза из Южной Африки — «Каллинан», 3024,75 карата (620 граммов), длина 11 см, ширина 5 см, высота 6 см, найден в 1905 году; «Экцельсиор»

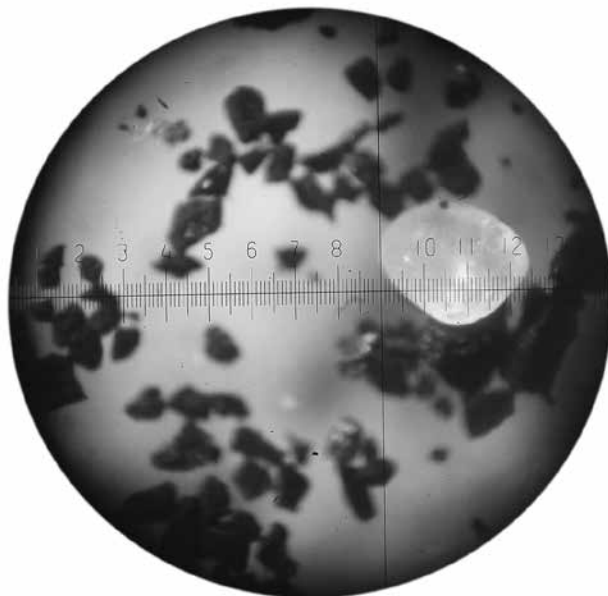
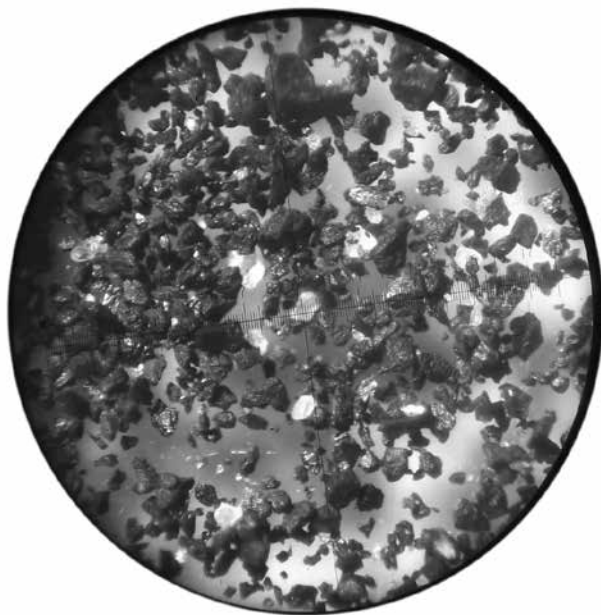
— 971,75 карата (189 граммов), найден в 1893 году. Знаменитые бразильские алмазы — «Президент Варгас», 726,8 карата; «Минас-Жеранс», 172,5 карата. В Индии были добыты алмазы «Великий Могол», первоначальный вес которого составлял 794 карата; «Орлов» (194 карата); печально известный алмаз «Шах» (87 каратов). В январе 1829 года в Тегеране были жестоко убиты члены русской миссии, в том числе посланник — А.С.Грибоедов. Правительство Николая I удовлетворилось торжественно принесенным извинением, подкрепленным богатыми подарками, среди которых был и алмаз «Шах».

Крупнейший из найденных в СССР алмаз «XXVI съезд КПСС» добыт в трубке «Мир» в 1979 году, его вес — 340 каратов. В 2013 году на алмазных приисках России добыли два крупных алмаза, один 177, другой 235 каратов.

Французский путешественник, журналист и писатель Луи Буссенар описывает тяжелый труд людей, занятых добычей алмазов в XIX веке: «На дне глубоких ям с усердием муравьев работают оборванные люди. Они роют, копают и просеивают размельченную землю. Их белые, черные или желтые лица покрыты грязью, пылью и потом. Кожаный мешок бежит навстречу, возможно в нем целое состояние. Время от времени проходит обвал, обрывается камень или падает



Реактор получения кристаллического углерода



Кристаллическая фракция при 80-кратном увеличении (слева); на фоне черных кристаллов хорошо заметен микроскопический алмаз (справа)

вниз тачка. Раздается крик ужаса и боли, и, когда кожаный мешок вновь поднимается на поверхность, в нем лежит изуродованное человеческое тело. Какое это имеет значение? Главное — алмазы! Гибель человека — происшествие незначительное».

И сегодня добыча алмазов остается непростым делом. Извлечение алмазов из кимберлитовых трубок — а это основные промышленные месторождения — требует серьезных вскрышных работ: огромное количество пустой породы извлекают из земли и потом складывают неподалеку, создавая бесплодные отвалы. О перемещаемых при этом объемах породы может свидетельствовать современная фотография прииска Мирный в Якутии, на которой видно, что кимберлитовая трубка превратилась в огромную яму посреди тайги. К 2001 году этот карьер стал слишком глубоким и опасным для рабочих, поэтому перешли к шахтной добыче. Образование гигантских карьеров при открытой добыче, криминальная обстановка на многих приисках Африки и Южной Америки, наконец, тот факт, что доходы от торговли алмазами идут на поддержку кровавых режимов, — все это вызывает негодование в развитых странах и среди защитников окружающей среды во всем мире. Поэтому методы получения искусственных алмазов, как технических, так и ювелирных, привлекают все больше внимания, хотя сначала они и были созданы для покрытия дефицита алмазов природных. А чтобы разработать такую технологию, нужно хорошо понимать свойства алмазов и их происхождение.

Алмазная суть

На протяжении многих столетий большие прозрачные кристаллы алмазов после огранки и шлифовки — бриллианты — были одним из главных материалов для изготовления самых дорогих украшений. Бриллиантам приписывали разнообразные чудесные свойства; так, еще в XVII веке считалось, что если воин носит алмаз на левой стороне груди, то ему не страшны никакие супостаты, что алмаз отгоняет «лихие сны», рассеивает страхи и пустые бредни, предупреждает об опасности отравления.

Внимание химиков алмаз привлекал также с древнейших времен. Еще ученые, находившиеся под властью багдадского халифа, например Бируни (973—1048), знали, что этот камень, в отличие от других драгоценностей, при нагреве исчезает почти без следа. Есть достоверные сведения, что в конце XVII века флорентийские химики пытались сплавить небольшие алмазы в один крупный в фокусе большого зажигательного стекла. Увы, поскольку опыты проходили на воздухе, алмазы раскалились и сгорели. Спустя век, в 1773 году, Лавуазье установил, что продуктом реакции при нагреве алмаза в воздухе является углекислый газ. Еще через сорок лет Гэмфри и Фарадей пришли к мысли, что прозрачный алмаз — это тот же углерод, из которого состоит черный уголь. Последующие анализы подтвердили: алмаз — чистый углерод с небольшими примесями; содержание золы в нем колеблется от 0,02% до 4,8%.

Алмазы хорошо проводят тепло и плохо — электрический ток. При температуре выше 1100°C без доступа воздуха алмаз становится графитом. Причина в том, что алмаз метастабилен, а нагрев

позволяет ему перейти в состояние, соответствующее термодинамическому равновесию. Для техники же важно, что алмаз — самый твердый природный материал, его абсолютная твердость в 1000 раз превышает твердость кварца и в 150 раз — корунда. Это уникальное свойство сделало алмаз незаменимым материалом для точного машиностроения: считается, что по уровню потребления искусственных алмазов можно судить о степени развития промышленности в стране. Правда, у алмазного инструмента есть ограничение: им нельзя обрабатывать сталь и другие материалы на основе железа. При контакте с этим элементом углерод легко образует карбиды, и инструмент приходит в негодность.

Исследовать внутреннюю структуру алмаза и графита удалось только в XX веке, после того, как в 1912 году была открыта дифракция рентгеновских лучей, а затем создан метод рентгеноструктурного анализа, который позволяет определять положение атомов в кристаллической решетке. Так было выяснено различие между строением алмаза и графита. В алмазе атомы углерода связаны между собой во всех направлениях, каждый — с четырьмя другими атомами. Расстояние между ними одинаково и равно 0,154 нм. В графите атомы углерода образуют плоские слои, в которых они расположены в вершинах правильных шестиугольников. Атомы, лежащие в соседних слоях, связаны между собой слабо. Расстояние между атомами в слоях равно 0,1415 нм, а между соседними слоями оно вдвое больше — 0,335 нм.

Первые опыты получения синтетических алмазов были предприняты после того, как установили родство алмаза и углерода, задолго до открытия кимберлитовых трубок в Южной Африке. Например, в

России первую попытку получить алмазы перегонкой древесины предпринял в 1823 году В.Н.Каразин, один из создателей Харьковского университета. Все подобные опыты были неудачными. Впрочем, в Британском музее хранятся несколько маленьких кристалликов под названием «искусственные алмазы Хеннея». Получил их в 1880 году Джеймс Хенней нагревая смесь, содержащую около 90% углерода, несколько миллиграммов или граммов лития и 10% костяного масла в запечатанных трубках из железа. Повторил опыты Хеннея, однако, никому не удалось. И только в 50-х годах XX века, после того как И.В.Лейпунский в 1939 году рассчитал линию термодинамического равновесия «графит — алмаз», а также были разработаны методы получения очень большого давления — до $50 \cdot 10^8$ Па, при высоких температурах (более 1500°C), удалось вырастить синтетические алмазы, пригодные в основном для технических целей. В СССР первый синтез искусственных алмазов провели под руководством академика Л.Ф.Верещагина, который за эту работу был удостоен в 1961 году Ленинской премии.

Дитя давления и нагрева

Сегодня есть много способов получения синтетических алмазов. Сырьем служит неорганическое сырье, богатое углеродом (графит, газовая сажа, сахарный углерод и другие). Первый и самый старый способ получения искусственных алмазов — нагрев углеродного сырья под высоким давлением. Этот метод похож на естественный процесс возникновения кристаллов алмаза. Другой способ заключается в наращивании слоев углерода на затравочных кристаллах алмаза в среде метана, при температуре несколько выше 1000°C . Схожим способом выращивают на плоских подложках тонкие алмазные пленки, которые считаются перспективными в качестве основы для микросхем. Алмаз обладает гораздо более высокой теплопроводностью, чем кремний; микросхема, выращенная на такой подложке, будет меньше греться и соответственно выполнять больше операций в единицу времени. Пока что такие пленки получают поликристаллическими.

Следующий способ получения алмазов можно назвать методом ударной волны. Ударная волна, образованная при взрыве взрывчатого вещества в замкнутом пространстве, где создается очень большое давление и высокая температура, воздействует на углерод с образованием кристаллов алмаза. Время воздействия ударной волны — миллионные доли секунды. Получаются так называемые взрывные наноалмазы — мелкие кристаллы, пригодные для шлифования и полирования.

Еще один способ основан на приме-

нении металлических катализаторов. Известно, что алмазы иногда находят в метеоритах, содержащих большое количество железа. Кубики из чешуйчатого графита также были обнаружены в железном метеорите. Но кристаллам графита не свойственна кубическая форма. Видимо, в такой графит мог превратиться алмаз при нагревании метеорита, когда он проходил сквозь атмосферу Земли. Это подсказало исследователям использовать металлы для синтеза алмазов. Кристаллы алмаза образуются в разделительном слое между раскаленным графитом и пленкой металла-катализатора. Алмазы, полученные такими способами, имеют различную форму, бывают прозрачными или непрозрачными, бесцветными и окрашенными — желтыми, синими, зелеными.

Ковалентные связи в работе

При всем многообразии способов искусственные алмазы пока требуют весьма специфического оборудования, способного выдерживать высокие давление и температуру. Отказ от такого оборудования хотя бы для синтеза технических алмазов позволит резко повысить доступность этого материала для обрабатывающей промышленности. Не исключено, что такой экономичный способ будет использовать уникальную способность углерода создавать соединения с тройными связями, прежде всего ацетилен. Расстояние между атомами углерода в тройной связи равно $0,120$ нм, что немного меньше, нежели в кристалле алмаза. Раскрыв эти связи должным образом, можно надеяться получить алмаз без особых давлений, надо лишь достаточно сильно сдвинуть молекулы такого соединения углерода. Это проще, чем вдвое сокращать расстояние между слоями в кристалле графита. Идею использовать ацетилен как сырье для синтеза алмазов опробовали в XIX веке, где этот газ разлагали в электрическом разряде при сильном нагреве, но к успеху она не привела. Однако можно пойти другим путем, который и был опробован в нашей лаборатории кафедры технической безопасности Муромского института.

Ацетилен $\text{HC}\equiv\text{CH}$ и его моноалкилпроизводные $\text{R}-\text{C}\equiv\text{CH}$ — только у них атом водорода, стоящий у тройной связи, способен замещаться на металл. Например, ацетилен может стать ацетиленистой медью $\text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu}$, которая представляет собой при нормальных условиях аморфный темно-коричневый порошок. Соединение неустойчиво: даже в сухом виде при ударе или нагреве оно разлагается на медь и углерод в виде сажи, без образования газообразных продуктов, но с выделением тепла. Если приложить давление, то атомы углерода со свободными связями, образующимися при

разрыве тройной связи и отцеплении атомов меди, вступают в реакцию друг с другом и возникнет кристаллическая структура. Одновременно могут образоваться сложные углерод-углеродные линейные полимеры вроде карбина (в котором чередуются тройные и одинарные связи) и поликумулена (у него все углероды соединены между собой двойными связями), а также конденсированные циклические соединения, где каждый атом углерода находится в нормальном четырехвалентном состоянии.

Как получают кристаллический углерод из ацетиленистой меди? В разлагатель загружают примерно полтора грамма порошка, уплотняют, помещают между двумя фланцами реактора и сильно стягивают с помощью болтов. Затем нагревают до $200-250^\circ\text{C}$, что в шесть—восемь раз меньше, нежели при обычном методе получения искусственных алмазов. Ацетиленистая медь разлагается, давление в реакторе возрастает до $4 \cdot 10^8$ Па, температура превышает 1100°C . После охлаждения и отмывания получившегося продукта от меди кислотой получается $0,12-0,20$ грамма сыпучего черного порошка. При наблюдении в стереоскопический микроскоп МБС-10 в отраженном свете видны блестящие прозрачные кристаллы различной формы, размером от $0,014$ до $0,4$ мм. Удельное электрическое сопротивление составляет от $5 \cdot 10^{10}$ до $2 \cdot 10^{10}$ Ом·мм²/м, что гораздо больше, чем у графита и угля, — соответственно 100 и 1000 Ом·мм²/м. У мелкой же фракции порошка удельное электрическое сопротивление ниже, от $5 \cdot 10^6$ до $4 \cdot 10^7$ Ом·мм²/м. Данное углеродное образование не плавится и сгорает в результате прокалывания в кварцевой трубке при температуре $600-800^\circ\text{C}$. Оно хорошо растворяется в концентрированной серной кислоте и выпадает в осадок при разбавлении водой. Этим способом проводили отделение растворимой углеродной фракции от кристаллических частиц алмаза. Такие свойства, а также огранка частиц порошка явно свидетельствуют о том, что получен кристаллический углерод. Было замечено, что чем больше усилие в разлагателе, тем лучше качество продукта. При этом необходима тщательная его герметизация во избежание выброса продуктов разложения.

Таким образом, при разложении ацетиленистой меди в замкнутом пространстве получается кристаллический углерод с явными признаками синтетических алмазов, пригодных для использования в качестве абразива.



Не счесть алмазов...



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Не так давно, в 2007 году, группа геологов из Мюнстера (Германия) и Бентли (Австралия) нашла алмазы в образцах циркона из западноавстралийских гор Джек-Хиллс. Об этих цирконах — возможно, древнейших известных минералах — «Химия и жизнь» уже писала (2013, № 3). Их возраст — не менее 4,3 млрд. лет, а соотношение изотопов кислорода в силикате циркония, из которого они состоят, указывает на то, что они формировались в присутствии воды. Отсюда можно сделать вывод, что гидросфера Земли возникла почти одновременно с самой Землей, чей возраст оценивается в 4,5 млрд. лет («Nature», 2001, 409, 6817, 175—178, doi:10.1038/35051550, 178—181, doi:10.1038/35051557). Неудивительно, что цирконы из Джек-Хиллс стали популярным объектом исследований.

Очередной «подход к снаряду» совершили Мартина Меннекен и Торстер Гайслер из немецкого Института минералогии Вестфальского института имени кайзера Вильгельма, Александр Немчин, Роберт Пиджен и Симон Вильде из отдела прикладной геологии За-

падно-Австралийской школы рудных месторождений Технологического университета Кертин. Они отшлифовали образцы древних цирконов, как это и полагается для исследования под электронным микроскопом, — и нашли там алмазики!

Любой минерал требует определенных условий для своего образования — давления, температуры и наличия веществ. Таким образом, находя какой-то минерал, мы получаем информацию об условиях, в которых он, хочется сказать, появился на свет (хотя, конечно, счастливое событие могло произойти и в темноте, в толще земной коры)... При нахождении двух минералов вместе область допустимых параметров сужается, поэтому важно не только, что нашли, но и с чем рядом оно лежало.

Конкретно в данном случае — нахождение алмазов в цирконах означало, что условия не удовлетворяли обычным взглядам на историю Земли. А это, в свою очередь, говорило о том, что геологическую историю планеты придется пересматривать. Обработанные такой удачей геологи тоже отправили письмо в «Nature», где оно и было опубликовано.

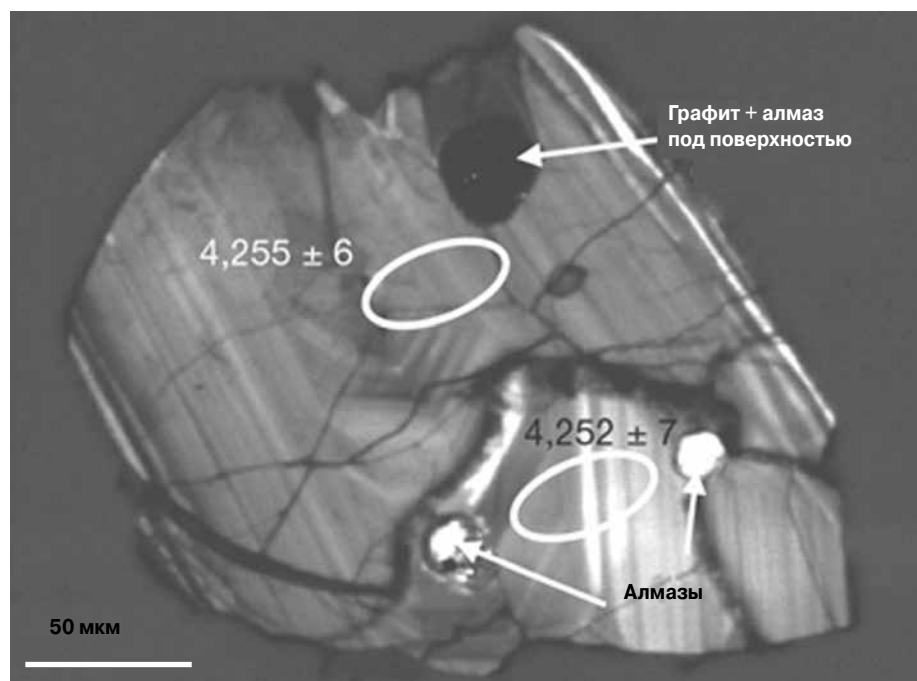
Журнал «Nature» — один из самых престижных в мире, но столь необычные результаты, конечно, вызвали дискуссию, в частности, о том, имеют ли включения в цирконах первичное магматическое происхождение или более позднее метаморфическое. (Метаморфические алмазы в цирконах находили, например, в Кокчетавском массиве, Казахстан.) Наконец, данные авторов статьи решили проверить исследователи из США и Германии. В образцах, которые предоставили им Меннекен с соавторами, они изучили границу между микроалмазами и цирконом с помощью электронной микроскопии высокого разрешения и пришли к огорчительному выводу: алмазные включения — все-таки загрязнение, попавшее в электронно-микроскопические образцы из полироля. (Справедливости ради заметим, что о такой возможности думали и авторы оригинальной работы, но им казалось, что они ее исключили.) Этой шлифовальной пастой на основе искусственных алмазов пользуются при подготовке образцов для исследования, и подобную же полироль наносят на пилки для ногтей. К тому же микроалмазы находились в основном у поверхности циркониевых зерен, в отличие от кварцевых, апатитовых и других включений.

Таким образом, авторы первой статьи недостаточно хорошо очистили образцы после полировки, но время и упорство исследователей спасли геологическую историю Земли. А ведь висело на волоске!

Литература

M. Menneken, A. A. Nemchin, T. Geisler, R. T. Pidgeon, S. A. Wilde. Hadean diamonds in zircon from Jack Hills, Western Australia. «Nature», 2007, 448, 917—920, doi:10.1038/nature06083

L. Dobrzhinetskaya, R. Wirth, H. Green. Diamonds in Earth's oldest zircons from Jack Hills conglomerate, Australia, are contamination. «Earth and Planetary Science Letters», 2014, 387, 212—218, doi:10.1016/j.epsl.2013.11.023



Алмазы, которые обнаружил Меннекен с соавторами показаны стрелками, а овалами — участки, по которым определяли возраст зерен циркона. Возраст в миллиардах лет обозначен числами

М.Ю. Корнилов



Облачная физхимия

Кандидат
физико-математических наук
С. М. Комаров

*В весенних полях
Молодые травы собираю
Тебе в подношение.
А на рукава неустанно
Падает, падает снег.*

Коко-тэнно, 58-й император Японии

Откуда берется снег? Казалось бы, ответ на этот вопрос очевиден: из снеговой тучи, механизм же ее образования известен очень давно. Вот, например, как об этом сообщал словарь Брокгауза и Ефрона более ста лет назад: «Когда водяные пары, находящиеся в воздухе, перейдут, при понижении температуры, через точку насыщения, избыток их выделяется в жидком или твердом виде. В этом последнем случае, в зависимости от того, насколько быстро идут конденсация и затвердевание, пары могут принять различную форму. Если конденсация и затвердевание идут настолько быстро, что правильное развитие и нарастание ледяных кристаллов стано-

вится невозможным — как это и имеет место при сильных восходящих потоках весьма теплого и влажного воздуха, — продукты конденсации принимают форму аморфной, более или менее прозрачной массы льда и являются на земную поверхность в виде града. Когда же конденсация и затвердевание паров происходят настолько медленно, чтобы успевали образоваться достаточно развитые кристаллы льда, осадки, достигающие земной поверхности, принимают обыкновенно форму кристаллическую и являются в виде снега. В слоях воздуха, сравнительно спокойных, кристаллики льда, постепенно нарастая и соединяясь между собой, образуют правильно развитые кристаллические сростки; наиболее обычная форма такого сростка кристаллов шестигранная пластинка или шестилучевая звездочка, с целым рядом разветвлений, чрезвычайно разнообразных в деталях».

Увы, эта умозрительная картина весьма далека от реальности и совершенно не устраивает физиков, метеорологов и прежде всего климатологов. Последних потому, что облака — важнейший фактор формирования климата; они

хорошо отражают солнечный свет, снижая таким образом нагрев Земли. Поскольку глобальное потепление вызвано ничтожным, в доли процента, изменением количества тепла, остающегося на планете, для построения адекватной климатической модели им необходимо точно посчитать все потоки тепла. А отражательная способность облаков зависит от того, что за частицы их составляют. У метеорологов свои задачи: новые знания об устройстве облаков не только улучшают прогноз погоды, но и способствуют обеспечению авиационной безопасности. Поэтому во многих странах облака изучают всевозможными изощренными методами. Например, пролетают сквозь них на самолетах-лабораториях, собирают образцы капель и снежинок, просвечивают как лидарами (эти лазерные приборы позволяют определять температуру облаков), так и ультразвуковыми радарами — рассеиваясь на крупных и оттого тяжелых снежинках и не замечая мелкие капли воды, звуковые волны дают картину распределения твердой воды по облаку, наблюдают облачный покров из космоса. А затем все эти



данные пытаются воспроизводить с помощью компьютеров на основании математических моделей. Вот тут-то и выясняется, что облака ведут себя совсем не так, как положено по теории.

Старинный механизм

Основы теории были заложены в первой трети XX века. Суть ее такова. Как справедливо сказано у Брокгауза и Ефрона, когда температура и/или давление в облаке падает, водяной пар оказывается пересыщенным и начинается фазовое превращение — его переход из газообразного в жидкое либо твердое состояние. Зарождение новой фазы — процесс трудный, поскольку у образующейся частицы имеется граница; ее молекулы находятся на пороге между двумя мирами: они уже не газ, но еще и не конденсированная фаза. Соответственно их энергия выше, чем в объеме частицы. А причиной фазового превращения при снижении температуры как раз и служит то обстоятельство, что энергия новой фазы по достижении температуры превращения становится ниже, нежели фазы старой. У малой частицы число граничных молекул велико, и этот выигрыш энергии становится столь эфемерным, что не способен удержать ее от распада. Поэтому на самом деле фазовое превращение всегда начинается при температуре, отличающейся от фазового равновесия, — необходимо переохлаждение.

Свой вклад вносит и так называемая скрытая теплота конденсации и затвердевания. Она возникает как следствие перехода системы молекул в более упорядоченное состояние и нагревает свежесформованную каплю или кристаллик льда. Когда это происходит в большом объеме, например при замерзании воды в стакане, тепло имеет шанс быстро уйти прочь от зародыша и рассеяться в окружающей воде. У маленькой капли, находящейся в воздухе, таких возможностей гораздо меньше: надо либо излучать тепло, либо отдавать его в столкновениях с холодными молекулами окружающего газа, которые случаются не так уж часто — все-таки воздух плохой проводник тепла. А нагревшаяся частица

может стать неустойчивой и вернуться в прежнее агрегатное состояние. В результате жидкая капля сама по себе становится льдом при охлаждении лишь ниже -38°C , а лед непосредственно из пара если и растет, то при еще меньших температурах.

Проблема зарождения решается, если в облаке имеются инородные тела — так называемые ядра конденсации и кристаллизации. Считается, что это микроскопические пылинки минерального, биологического или техногенного происхождения размером от 100 нм до микрона. А они есть всегда, в концентрации от ста штук на кубометр воздуха над океанами до ста тысяч — над городами. Поверхность пылинки создавать не надо, она уже имеется; на ней и оседают молекулы водяного пара, конденсируясь в жидкую воду. Если же такая пылинка влетит в переохлажденную жидкую каплю, то спровоцирует образование частицы льда — зародыша будущей снежинки.

Сейчас считается, что именно такой — гетерогенный — способ зарождения капель из пара и снежинок из капель определяет образование облаков. Соответственно предполагается (и это подтверждено с помощью самолетов-лабораторий), что во многих облаках сосуществует две конденсированные фазы — капли жидкой и частицы твердой воды. Сосуществуют они отнюдь не мирно. Давление насыщенного пара над льдом (при типичных температурах в облаке около -20°C) ниже, чем над жидкой водой. Поэтому молекулы водяного пара гораздо охотнее осаждаются на льду, выращивая снежинку, нежели на капле. Итог таков: капля испаряется, пополняя запасы водяного пара в воздухе, которые расходуются на выращивание снежинок.

Первым этот механизм образования снега предложил немецкий полярник Альфред Вегенер (тот самый, что выдвинул гипотезу дрейфа материков). В 1911 году, в перерывах между экспедициями в Гренландию, он задумался о происхождении инея и пришел к выводу, что аналогичный механизм — конденсация пара на поверхности — может работать в облаках, причем когда снежинка становится достаточно большой, она падает на землю.

Следующим был швед Тур Бергерон. Прогуливаясь по холмистому лесу, он заметил, что в дни с положительной температурой облако тумана укрывает весь холм до подножия, если же температура становится отрицательной — висит высоко, цепляясь за вершины деревьев. Объяснение он предложил такое: лед кристаллизуется на холодных ветвях деревьев, пересыщение падает и облако не достигает подножия холма.

В 1935 году Бергерон издал фундаментальный труд, лежащий в основе современной метеорологии, — «О физике облаков и осадков». Для того чтобы пошел дождь, писал Бергерон, нужно вырастить каплю до критического размера, когда она сможет преодолеть сопротивление воздуха и упасть на землю. Рост идет двумя способами: коалесценцией — испарением мелких капель с перетоком пара к крупным (вспомним, что у них доля границы меньше, энергия ниже, отчего они устойчивее мелких) или же в результате столкновений. Оба процесса Бергерон считал слишком медленными и предложил образование всех осадков за счет снега: в смешанном облаке капли испаряются, снежинки растут, достигают критического размера и выпадают. А дальше все зависит от температуры нижележащего воздуха. Если он холодный до самой земли — будет снегопад. Если весь теплый — снежинки растают, и получится дождь. Если горячий — дождь до земли не долетит, а весь испарится. Когда между облаком и холодной землей вклинится теплый воздух, снежинки в нем растают, а потом, попав в холодный слой, замерзнут. Успеют полностью затвердеть — получится крупа, а если нет — выпадет дождь из ледяных капсул, в которых заключена жидкая вода; при падении она разольется и застынет, устроив гололед. Когда же от перегретой земли поднимается мощный восходящий поток, снежинка долго крутится в облаке, растет и становится градиной. При этом она может частично плавиться от выделения скрытой теплоты кристаллизации; столкнувшись с другой градиной, такая полужидкая частица примерзнет к ней. Из-за череды столкновений градины порой перерастают размер куриного яйца.

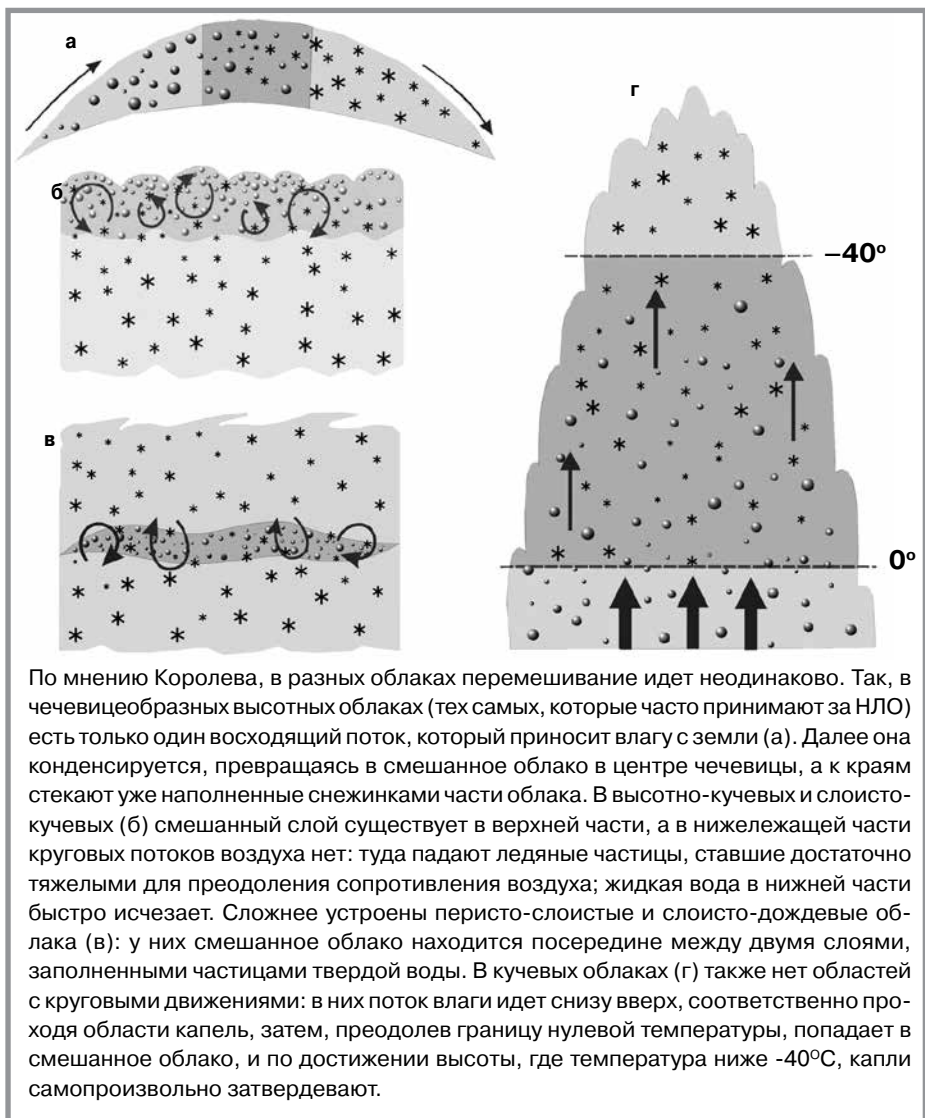
В 1939 году Вальтер Финдайзен подтвердил наблюдениями гипотезу

Бергерона, и с тех пор этот механизм носит имя Вегенера — Бергерона — Финдайзена, или ВБФ. Применение его ограничено — таким способом в принципе нельзя объяснить происхождение тропических ливней, которые идут из теплых облаков, с температурой выше нуля. А с холодными облаками он в целом работает.

Проблема оледенения тучи

Этот механизм за неимением лучшего и лежит в основе всех расчетов снеговых туч. Естественно, прошедшие годы добавляют к нему различные нюансы, с помощью которых метеорологи пытаются привести теорию в соответствие с практикой. Одна из первых проблем — время, за которое облако должно полностью избавиться от жидкой воды, так сказать, оледенеть. Измерения из космоса, с борта самолета и с земли позволили определить запасы жидкой воды в облаках: над сушей они составляют в среднем 48—70 граммов на колонну высотой с облако и площадью один квадратный метр, а над океаном — 40 г/м². Зная это, нетрудно посчитать, за какое время по механизму ВБФ происходит оледенение холодного облака — оказывается, всего-то за час. Однако те же самые измерения свидетельствуют, что смешанные водно-ледяные облака существуют часами, а то и сутками. Объяснить этот феномен попытались в 2003 году Алексей Королев и Джордж Исаак из Канадской метеорологической службы («Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society», 2003, 129, 587A, 19—38; doi: 10.1256/qj.01.203).

Прежде всего они предложили внимательнее присмотреться к поведению реальных облаков, которые отнюдь не всегда стоят на одной высоте, а движутся вверх или вниз. Поскольку температура атмосферы уменьшается с высотой, движущееся вверх облако должно остывать, а значит, все больше содержащегося в нем водяного пара конденсируется. В результате полное оледенение облака существенно замедляется. Снижающееся же облако, наоборот, становится теплее, и скорость испарения капель в нем увеличивается. Однако бывает и так, что облако совершает колебательные движения. Они могут быть вызваны турбулентностью атмосферы, гравитационными воздействиями или, например, неустойчивостью Кельвина — Гельмгольца, которая возникает из-за движения слоев атмосферы с разными скоростями. В таком облаке уже через несколько колебаний наступает стабильное состояние, когда соотношение количества капель и снежинок перестает меняться.



По мнению Королева, в разных облаках перемешивание идет неодинаково. Так, в чечевицеобразных высотных облаках (тех самых, которые часто принимают за НЛО) есть только один восходящий поток, который приносит влагу с земли (а). Далее она конденсируется, превращаясь в смешанное облако в центре чечевицы, а к краям стекают уже наполненные снежинками части облака. В высотнo-кучевых и слоисто-кучевых (б) смешанный слой существует в верхней части, а в нижележащей части круговых потоков воздуха нет: туда падают ледяные частицы, ставшие достаточно тяжелыми для преодоления сопротивления воздуха; жидкая вода в нижней части быстро исчезает. Сложнее устроены перисто-слоистые и слоисто-дождевые облака (в): у них смешанное облако находится посередине между двумя слоями, заполненными частицами твердой воды. В кучевых облаках (г) также нет областей с круговыми движениями: в них поток влаги идет снизу вверх, соответственно проходя области капель, затем, преодолев границу нулевой температуры, попадает в смешанное облако, и по достижении высоты, где температура ниже -40°C, капли самопроизвольно затвердевают.

Отнюдь не каждое облако совершает такие движения, но из-за разницы температур его верхней и нижней частей возникают вертикальные круговые потоки воздуха. Если они достигают такой высоты, на которой пар становится пересыщенным из-за падения температуры и давления, то снова начинают конденсироваться капли. Нисходящий поток несет их вниз, где капли затвердевают и испаряются в пользу снежинок. Поскольку выросшие снежинки выпадают, в таком перемешивающемся слое возникает состояние со стабильным соотношением числа капель и снежинок. И действительно, радары фиксируют в долгоживущих облаках такие потоки, а также обнаруживают верхний слой, наполненный каплями жидкой воды.

Впрочем, есть и альтернативные точки зрения. Например, такая: в верхней части облака, где много капель, снежинки мелкие. Они там только зарождаются и по мере роста быстро падают. А скорость роста и вызванное им быстрое испарение капель сильно зависят от размера снежинок. Поэтому капли в верхней части облака испаряются мед-

ленно, а перемешивающие потоки тут совсем ни при чем.

Проблема зародышей

После таких работ появилась некоторая ясность с различием времени оледенения облака в теории и на практике. Но осталась другая проблема. Вот как ее видит доктор Крис Уэстбрук и Энтони Иллингвуд из университета Ридинга («Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society», 2013, 139, 677B, 2209—2221; doi: 10.1002/qj2096).

18 февраля 2009 года над Ридингом, как, впрочем, и над всей Англией, больше суток простояло облако, из которого постоянно шли осадки, которые у земли оказывались изморосью. Метеорологическая обсерватория университета подробнейшим образом изучила это облако. Оказалось, что в полном соответствии с расчетами Крылова — Исаака облако состоит из двух слоев; его нижняя часть — ледяная, верхняя — смешанная, а на вершине много жидкой воды в виде капель. С одной стороны, это хорошо: механизм

создания долгоживущих смешанных облаков подтверждается. Но с другой стороны, локальное перемешивание препятствует появлению в облаке новых ядер кристаллизации. А осадки-то идут, и в немалом количестве — около ста снежинок (и, соответственно, породивших их ядер) ежесекундно падает с каждого квадратного метра облака. То есть за сутки с метра площади должно выпасть примерно 9 миллионов частиц. Поскольку снежинки образуются только за счет замерзания капель и только в результате их столкновения с ядрами кристаллизации — температура облака $-13,5^{\circ}\text{C}$, при ней возможно только гетерогенное зарождение, — кубометр верхнего продуктивного слоя толщиной 250 метров должен породить за сутки 36 тысяч частиц. То есть, в нем никак не меньше 36 тысяч ядер кристаллизации, коль скоро приток новых затруднен. Количество же таких частиц в облаках измеряли не раз — на протяжении тридцати лет в облаках с разной температурой (чем ниже температура, тем более мелкая твердая частица способна вызвать замерзание жидкой капли). Согласно этим данным, в изучаемом облаке могло быть примерно 600 ядер кристаллизации в кубометре, или 300 тысяч в колонне с площадью один квадратный метр. Выпадая со скоростью 100 штук в секунду, весь запас ядер должен израсходоваться менее чем за час. И никаких миллионов снежинок получиться не может — для этого нужно в тридцать раз больше ядер, $18\,000$ шт./м³! В упомянутых же измерениях при температуре -13 — -15°C было зафиксировано максимум 4000 ядер на кубометр облака. Требуемые 18 000 если изредка и наблюдались, то при тридцатиградусном морозе.

Для поиска объяснения нужно понять механизм затвердевания переохлажденных капель облака, то есть выбрать из двух гипотез. Первая — стохастическая, согласно которой в каждой капле есть ядро кристаллизации, однако оно срабатывает не мгновенно по достижении некоей критической температуры. Вместо этого при каждом значении температуры в единицу времени замерзает некоторое количество капель, определяемое вероятностью кристаллизации. Альтернативная гипотеза не использует понятие вероятности: согласно ей, как только температура капли оказывается ниже критической, происходит затвердевание. Иными словами, фазовое превращение идет только при падении температуры и невозможно при ее постоянстве: все, что могло, сразу замерзло. Между этими крайними позициями укладывается множество гипотез. Одна из них предполагает, что для каждой капли и для каждого типа ядра кри-

сталлизации имеется своя критическая температура затвердевания.

Большинство теоретиков склоняется ко второй гипотезе, поскольку эксперименты, проведенные на созданных в лабораториях облаках, показали, что капли (в присутствии искусственно введенных твердых частиц вроде иодида серебра) практически мгновенно становятся ледяными кристаллами, как только снижающаяся температура преодолевает некий предел.

Увы, этот механизм не предполагает увеличения числа ядер кристаллизации и не способен объяснить длительное выпадение осадков из облака, находящегося при неизменной температуре. Другие идеи — например, что свежие ядра кристаллизации падают в облако сверху или возвращаются с восходящими потоками снизу, — не подтверждаются расчетом; количество таких ядер слишком мало, чтобы покрыть недостачу. Поэтому Уэстбруку пришлось выбрать первый механизм: дополнительные снежинки можно создать, если предположить, что наряду с легко активными ядрами кристаллизации в облаке есть и малоактивные в гораздо большем количестве. Из-за них процесс затвердевания капель растягивается на часы и идет при неизменной температуре. И действительно, есть опыты, подтверждающие такую точку зрения. Например, капельки воды, помещенные на холодную поверхность, замерзают не сразу, а по прошествии времени. Точно так же многократные циклы по замораживанию-размораживанию капель в камере показали, что процесс перехода жидкой воды в твердую может занимать и 20 секунд, и 300.

А хватает ли в облаке жидкой воды для того, чтобы обеспечить суточный снегопад? Работая с тем же февральским облаком, ридингские исследователи определили, что лед в нем зарождается со скоростью $0,015$ г на кубометр в час, или $3,3$ г на квадратный метр по всей толщине облака. При содержании жидкой воды 21 г/м² она вся должна израсходоваться уже через 6,5 часов. Откуда же взялась дополнительная вода, чтобы осадки шли круглые сутки? От охлаждения верхней поверхности облака в результате излучения тепла. Измерения показали, что за сутки его температура упала на полтора градуса. Такое охлаждение вызывает пересыщение пара и должно приводить к появлению в верхней части облака новых капель со скоростью $0,023$ г на кубометр в час. Как видно, этого с ливной хватает, чтобы обеспечить измеренное количество льда.

Решению еще одного темного вопроса облачной физики, а именно выращиванию снежинок подходящих размеров, посвящена работа Ян Фана,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Реймонда Шоу из Мичиганского технологического университета и Михаила Овчинникова из Тихоокеанской Северо-Западной национальной лаборатории («Geophysical Research Letters», 2013, 40, 14, 3756–3760; doi:10.1002/grl.50700). Казалось бы, все очевидно: снежинка растет, становится слишком большой, и сила тяжести, преодолев сопротивление воздуха, утягивает ее вниз. Увы, расчет показывает, что вырастить таким способом снежинку размером более 200 мкм никак не удастся. Но это будет вовсе никакой не снег, а снежная изморось, если она вообще долетит до земли, не испарившись по дороге в сухом воздухе. Пришлось и здесь применить идею с восходящими потоками внутри облака. Эти потоки перемешивают всю зону зарождения снежинок, и становится уже не важно, в какой части облака та или иная снежинка образовалась: все они покидают облако, лишь достигнув определенного размера. Чтобы обеспечить такое стационарное состояние, нужна скорость восходящего потока в $0,3$ м/с. Тогда снежинки достигают правдоподобных размеров — 600 мкм и более. Само собой, и здесь действует стохастический механизм зарождения от неведомых скрытых ядер, а также механизм ВБФ роста ледяных частиц.

Ученым удалось обнаружить еще один интересный эффект. Чем больше снежинок в таком перемешиваемом облаке, тем больше их размер: связь между массой ледяной составляющей и числом частиц оказалась не линейной, а степенной с показателем 2,5. Таким образом, если число снежинок утраивается, их суммарная масса вырастает в 16 раз! Видимо, именно эта особенность и приводит к продолжительным и сильным снегопадам, которые теперь стали выпадать в самых неожиданных местах. Ключ же к пониманию таких капризов погоды, явно связанных с изменением глобального климата, похоже, мы получим, когда решим загадку о природе таинственных малоактивных ядер кристаллизации.





Береговая линия Великобритании бесконечна

Подскажите, как просто и понятно объяснить школьнику, что такое фрактал. Формальное определение, и не одно, известно. Наверное, все уже знают, что фрактальный объект имеет дробную размерность. Но какой за этим стоит физический, материальный, что ли, смысл? И что из этого следует такого, что важно в нашей жизни?

И. Воинова, Москва

Действительно, фракталы (от лат. fractus — дробный, ломаный, состоящий из фрагментов) — это геометрическая фигура с дробной метрической размерностью либо с метрической размерностью, отличной от топологической, обладающая свойством самоподобия. И что это значит?

Наиболее простое и понятное, на наш взгляд, пояснение дал в свое время известный кристаллограф Р. В. Галиулин (1940—2010), доктор физико-математических наук, многие годы проработавший ведущим научным сотрудником в Институте кристаллографии РАН. С удовольствием приводим фрагмент из его эссе «Устный счет», написанного для школьников.

«Фракталы привлекают всех — от дождичков до ученых. Первых — буйством форм, вторых — возможностью увидеть решения нелинейных уравнений, которые редко когда удается решить обычными методами. Ученые до сих пор не договорились, что считать фракталами. И это очень хорошо, так как каждое такое соглашение оставляло бы за бортом

очень много интересных случаев.

Классический пример фрактала — береговая линия, отделяющая сушу от моря (в момент максимального отлива — как добавляет мой друг, капитан 2-го ранга — он-то знает толк в береговой линии!). Но это далеко не единственный пример фрактала. Наоборот, очень трудно, а мне кажется, что вообще невозможно, найти не выдуманный, а реальный природный объект без каких-либо фрактальных свойств. Но особенно ярко эти свойства проявляются на естественных границах, какой бы природы они ни были, что бы они ни разделяли, где бы они ни проходили.

А что такое граница? Это место, где прекрасно уживаются весьма разные стихии — суша с морем, лес со степью, огонь с воздухом, даже капитализм с социализмом. Граница — не место их раздела, как обычно думают, а место их совместного творчества. И чем тоньше соприкасаются стихии, тем сложнее между ними граница. Сравните границы между азиатскими республиками СНГ и границы между странами в Западной Европе. Это же совершенно разные линии! Сложность европейских границ объясняется тем, что если границы между азиатскими государствами строились декретно, то граница любого европейского государства создавалась веками. Береговая линия потому фрактальна, что формируется миллионами лет. И каждое зернышко кварца имеет возможность внести свою лепту в эту границу.

Создавая фрактальные границы, мы мирным путем увеличиваем не только территорию своего государства (истинно фрактальные линии так разумно разделяют территорию, что никакой пограничник не сможет разобраться, где же своя территория, а где чужая), но и его значимость. Благополучие Швейцарии связано

с фрактальностью ее границ, которые настолько сложны, что жители чувствуют себя одновременно гражданами всех соприкасающихся государств. Поэтому и нет конфликтов на таких границах.

Фрактальная граница — это не нейтральная полоса и не ничейная территория, а огромный кусок пространства, который фактически является собственностью всех соприкасающихся индивидов, будь то минералы в горной породе или разные государства. И собственность эта вытекает из чисто математических соображений — на фрактальной границе очень трудно определить, в каком государстве вы находитесь. И мудрые люди не ломают голову над этим вопросом, живя естественно, то есть пользуясь преимуществами всех соприкасающихся сторон. А мудрые политики не трогают фрактальных границ, самые малые изменения которых могут вызвать непредсказуемые последствия в огромных регионах. Чем плотнее линия границы покрывает территорию (чем выше фрактальная размерность границы), тем она устойчивей.

Естественно, что саженю такую границу уже не измеришь, хотя и пытались это сделать».

Здесь уместно вспомнить историю про парадокс Ричардсона конца 20-х годов прошлого века. Известный английский математик, физик, метеоролог и психолог Льюис Фрай Ричардсон (1881—1953) был не только пытливым исследователем, но и пацифистом. После окончания Первой мировой войны он решил поискать причины войн, используя инструментарий точных наук, дабы предотвратить будущие разрушительные военные конфликты. Ричардсон подумал, что одна из возможных причин — протяженность границ между государствами, и решил для начала выяснить, каковы они в Европе.

Первая же попытка установить длину границы между Испанией и Португалией дала поразительный результат. Согласно испанским энциклопедиям того времени, она составляла 987 км, а в португальских была приведена другая цифра — 1214 км. Ситуация повторилась и для бельгийско-нидерландской границы: версия бельгийцев — 380 км, нидерландцев — 449 км. Откуда такое расхождение?

Результаты измерения береговой линии Великобритании изумили еще больше. Оказалось, что она зависит от масштаба карты, на которой мы ее измеряем. Чем мельче масштаб, тем длиннее будет береговая линия, поскольку она будет огибать все меньшие и меньшие заливы, а изгибов будет все больше и больше. Если масштаб 200 км, то длина границы 2400 км, если 100 км, то 2800 км, а при масштабе 50 км протяженность составит 3400 км. Стало понятно, что если уменьшать масштаб до бесконеч-

ности, то и длина береговой линии тоже будет бесконечной. Впрочем, строго говоря, ограничения все-таки есть. Мы не можем до бесконечности улучшать разрешение. При бесконечном уменьшении мы неизбежно остановимся на размере атомов, ниже которых — мир элементарных частиц, подчиняющийся квантовым законам. А к нему с линейкой не подступишься.

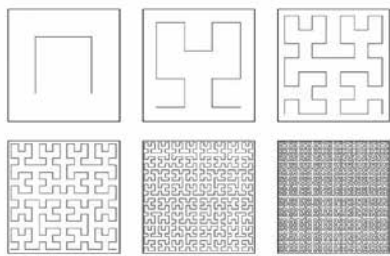
Получалось, что у острова с конечной площадью бесконечная береговая линия. Тогда Ричардсон подумал, что вряд ли стоит это публиковать — сочтут сумасшедшим. Его исследования появились в печати лишь в 50-х годах после его смерти.

Но вернемся к рассуждениям Р.В.Галиулина. «А можно ли тогда вообще измерить длину отрезков фрактальных линий? Вообще-то нельзя, ибо длина любого отрезка фрактальной линии тоже бесконечна, как и длина самой фрактальной линии. Это потому, что фрактальная линия на любом своем участке тоже фрактальна, то есть нет на ней ни кусочка прямой. Поэтому фрактальные линии оцениваются не длиной, а так называемой фрактальной размерностью.

Мы знаем, что размерность обычной линии равна единице. Пусть линия лежит в плоскости. Мы знаем также, что размерность плоскости равна двум. Представьте себе случай, когда линия вдруг захотела выглядеть как плоскость, что она должна для этого делать? Ровно то, что и вы в детстве делали, выкручиваясь и ломаясь перед родителями. И некоторым линиям удается повысить свою размерность.

Один из простейших линейных фракталов — кривая Пеано, которая получается последовательным удвоением элементов исходной ломаной линии.

На каждом шаге размеры элементов уменьшаются, стремясь в пределе к



нулю, а их форма не меняется и от масштаба не зависит. Сколь малый предмет вы не положите на плоскость, кривая Пеано через конечное число шагов его обязательно пересечет. Иными словами, одномерный объект начинает играть роль двумерного, но полностью его не заменяя. Фрактальная кривая проходит не через все точки плоскости». Такая кривая — еще не плоскость (с размерностью — 2), но уже и не линия (с размерностью единица), поэтому ее метрическая

размерность — дробное число. И чем больше изгибается кривая, тем выше ее фрактальная размерность. Бесконечная береговая линия или извилистая граница между государствами — это типичный линейный фрактал с дробной размерностью. Кстати, размерность береговой линии Великобритании составляет 1,3.

За фрактальной размерностью стоят геологические причины. Степень изрезанности, изношенности береговой линии во много определяется характером и твердостью пород, здесь залегающих. Мягкие породы на побережье Южной Африки, многократно облизанные волнами океана, давно сгладили береговую линию. Ее фрактальная размерность — 1. Зато прочные гранитные скалы и каменные фьорды в Норвегии легко сдерживают натиск северных штормов и не позволяют сглаживать изрезанность берега. Потому и фрактальная размерность этой береговой линии высока (1,55).

Р.В.Галиулин поясняет, что «фрактальной размерностью могут обладать не только линии, но и включения одного минерала в другом, и распределение дождевых червей в черноземе, и многое, многое другое. Она определяет, какую часть плоскости занимает данный индивид, если селится он на ней как ему заблагорассудится, то есть хаотически, и число индивидов сосчитать нельзя.

У фракталов есть еще одно важное свойство — масштабная инвариантность (самоподобие). Все граничные участки фрактала при определенном увеличении повторяют исходный рисунок. Где это может проявиться? Еще в древности рудознатцы заметили, что в месторождениях можно встретить камень, рисунок которого воспроизводил все месторождение. Так что фракталы могут помочь восстановить картину всего месторождения золота по одной только золотинке».

Кстати, Л.Ричардсон занимался исследованиями турбулентности. И еще до появления термина «фрактал» он сформулировал гипотезу самоподобия для турбулентного потока. Турбулентность — это неупорядоченные вихри, каждый из которых разбивается на более мелкие вихри, а те, в свою очередь, на еще более мелкие. Чтобы описать этот процесс, Ричардсон позаимствовал у Свифта образ с блохами (на большой блохе живет маленькая и сосет из большой кровь, а на маленькой живет еще меньшая, которая тоже сосет. По Ричардсону, на больших вихрях сидят маленькие и питаются энергией больших, а на маленьких сидят еще более мелкие... И так до тех пор, пока вязкость среды не остановит этот процесс.

Фрактальных объектов в природе очень много. Вереница гор на горизонте, облака в небе, кроны деревьев и соцветия цветной капусты, морозные

узоры, снежинки и морские раковины... Прав Р.В.Галиулин, отметивший, что невозможно найти природный объект без каких-то фрактальных свойств.

Однако все в мире относительно, и картина глазами физиков может выглядеть иначе. Давайте рассмотрим пример, предложенный Бенуа Мандельбротом. Возьмем муху и клубок шерсти. Что видит муха? Если она далеко от клубка, то видит точку (размерность 0). Подлетает поближе — и видит большую точку, кружок (размерность 2), еще ближе — и видит шар (размерность 3). Если подлетит вплотную, то рассмотрит, что этот клубок — упаковка одномерного объекта (нитки). А уж когда она сядет на эту нитку, то сможет разглядеть ее ворсинки, то есть фрактальную структуру. И где здесь правда? А дело в том, что муха в каждом случае права. Точка зрения определяется постановкой задачи и разрешающей способностью инструмента наблюдения. Режимы, в которых объект может выглядеть и гладким, и фрактальным, возможны, и обе точки зрения осмысленны. Надо только уметь их различать.

Где мы можем применить наши знания, пока еще очень неполные, о фракталах? Сегодня мы знаем, что случайные процессы самоподобны, и это помогает нам в прогнозировании, например — погоды. Фракталы позволяют кодировать и сжимать графическую информацию в 600 раз, что используется в системах хранения данных. Появились радиоантенны в форме фракталов (снежинок) — они компактны, но хорошо принимают сигнал. С помощью фракталов описывают колебания курсов валют, моделируют природные объекты, создают мультфильмы и произведения современного искусства.

Однако главное, что позволили нам фракталы, так это лучше понять мир, в котором мы живем. «Мир устроен празднично и мудро», и если мы не видим закономерностей в кажущемся хаосе, то это не значит, что их нет, просто надо поискать их в другом масштабе.

А вот точка зрения Р.В.Галиулина. «Обратим внимание на то, что фрактальные картины не подвластны нашей интуиции. Это значит, что не подвластны и нелинейные процессы, графическими представителями которых и являются фракталы. Мы не чувствуем даже простейшие нелинейные закономерности! И если мы не хотим быть придатками к созданным нами компьютерам, мы должны найти внутри себя ресурсы, освобождающие нас от этого рабства... Я полагаю, что в этом все усложняющемся мире через некоторое время без фрактального мышления просто нечего будет делать».

Л.Викторова



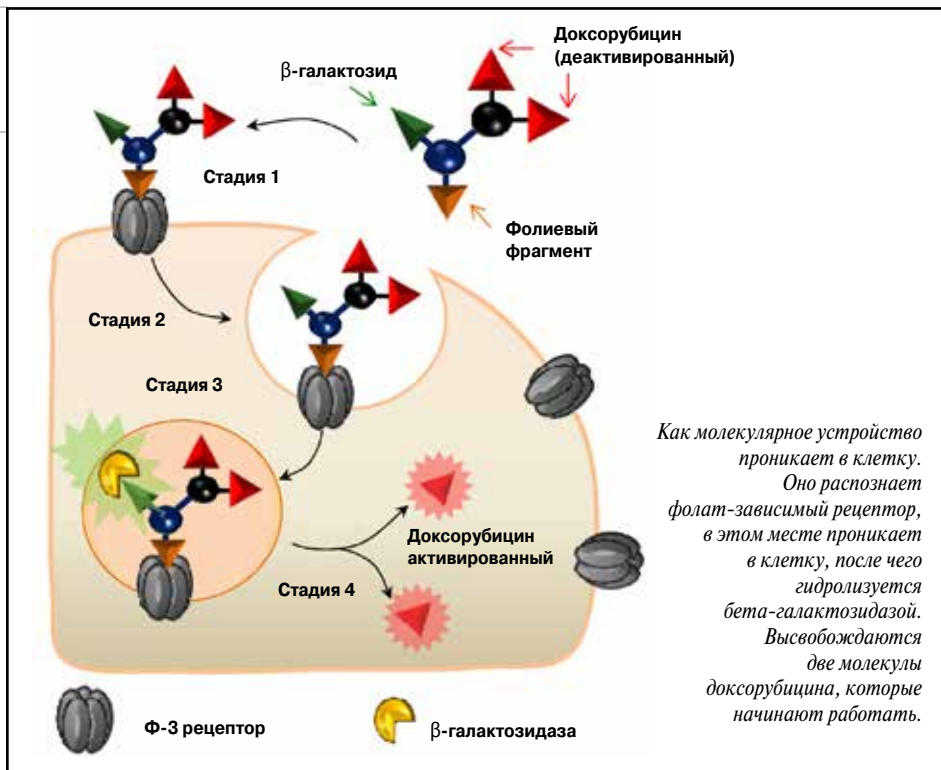
«Nature»,
2013, 501, 84—88,
doi:10.1038/nature12435

Марион Гринда и ее коллеги из университета Пуатье во Франции (Marion Grinda et al, «Organic & Biomolecular Chemistry», 2013, 11, 7129-7133, doi: 10.1039/C3OB41536H) разработали молекулярное устройство, доставляющее противораковый препарат непосредственно к злокачественной опухоли. Это изобретение сводит к минимуму побочные эффекты, которые подрывают здоровье больного, получающего химиотерапию.

Наверное, каждый человек хоть раз да испытывал побочные эффекты от приема лекарства. Но ситуация становится особенно острой, когда мы говорим о противоопухолевых препаратах, — это тяжелая артиллерия, которая поражает и здоровые клетки различных органов. Поэтому минимизировать побочное действие уже существующих препаратов не менее важно, чем разрабатывать новые. Вот лишь некоторые сопутствующие проявления после применения известного противоопухолевого препарата доксорубина — сердечная недостаточность, рвота, стоматит, нефропатия, кожная сыпь, выпадение волос. И это еще не полный список.

Французские ученые создали такую структуру молекулы, которая включает токсичный доксорубин, но при этом достигает цели и действует по четко отлаженному плану. «Запрограммированная» молекула работает как очень ответственный курьер: она доставляет посылку (тот самый доксорубин) в срок, не отвлекаясь и не растеряв ее части в пути.

Конечная цель доксорубина — злокачественная клетка. Как ее распознать?

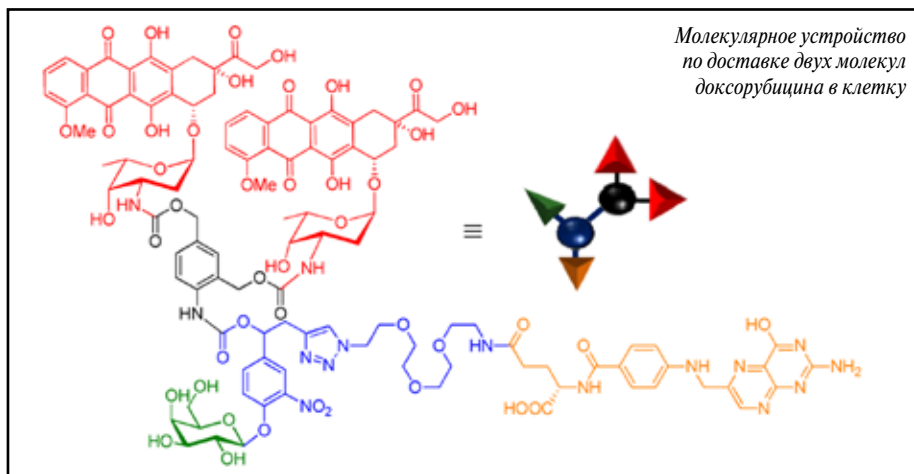


Оказалось, что в мембране таких клеток во много раз больше фолат-зависимых рецепторов по сравнению со здоровыми. Фолиевая кислота (фолат) играет важную роль в делении клеток, и раковые клетки обычно потребляют ее в большем количестве, чем нормальные, поскольку им надо подпитывать свой быстрый рост и деление. Для удовлетворения потребности в фолиевой кислоте некоторые типы раковых клеток — например, в яичниках — экспрессируют на своей поверхности множество рецепторов фолата. Следовательно, они могут играть роль специфического маркера: есть рецептор — значит, клетка раковая. Мо-

лекулярное устройство узнает фолат-зависимый рецептор и за счет вшитого в его структуру фрагмента фолиевой кислоты проникает через мембрану путем эндоцитоза — мембрана втягивается внутрь, и клетка заглатывает пузырек, чтобы заполнить фолиевую кислоту. В раковой клетке молекулярное устройство гидролизует ферментом бета-галактозидазой, начинается процесс отщепления бета-галактозида. Далее распадается вся структура и высвобождаются две молекулы доксорубина, которые начинают действовать только в этот момент, находясь уже внутри раковой клетки.

Ученые провели контрольные испытания с серией нормальных клеток, не содержащих фолат-зависимых рецепторов, и с помощью конфокальной микроскопии убедились в том, что в них молекулярное устройство не проникает.

Этот подход не уникален. Такую же стратегию доставки действующего вещества для уничтожения опухолевых клеток через фолат-зависимые рецепторы использовали при разработке препарата «Винтафолид» фармацевтической компании «Endocyte» и «Merck & Co». Сейчас это лекарство, предназначенное для лечения нечувствительного к платине рака яичников, проходит финальную стадию клинических исследований.





«Organic & Biomolecular Chemistry»,
2013, 11, 6023, doi: 10.1039/C3OB41209A

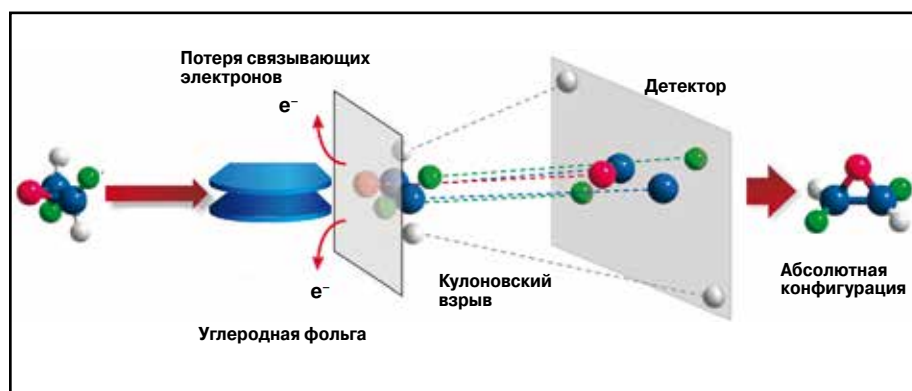
Филипп Хервиг с коллегами предложили новый метод идентификации стереоизомерных органических молекул (Philipp Herwig et al, «Science», 2013, 342, 1084, doi: 10.1126/science.1246549). Он основан на самом простом правиле электростатики: одноименные заряды отталкиваются друг от друга. Правда, для этого нужно взорвать исследуемую молекулу.

Одна из фундаментальных проблем органической химии — хиральная чистота веществ. Хиральные пары — это предметы, подобные друг другу, как объект и его отражение в зеркале, но несовместимые в пространстве. Самый наглядный пример хиральности — наши руки: они как будто бы одинаковые, но попробуйте надеть правую перчатку на левую руку, и непреодолимое отличие сразу станет очевидным. Хиральные соединения существуют в виде пар зеркальных стереоизомеров, которые также называют энантиомерами. Зеркальные изомеры могут быть только у таких молекул, в которых имеется атом углерода с четырьмя разными заместителями, — ведь именно отсутствие симметрии придает молекуле свойство хиральности. При пропускании света через один стереоизомер плоскость поляризации светового излучения отклоняется на определенный угол, а если «просвечивать» второй стереоизомер — на тот же угол, но в другую сторону. Мы имеем две вроде бы одинаковые молекулы с близкими физическими и химическими свойствами, но вращающими плоскость поляризации света в противоположных направлениях. Такие изомеры часто называют оптическими (подробнее см. статью И.А.Леенсона в «Химии и жизни», 2009, № 5).

Многие биологически активные соединения существуют в виде пары энантиомеров. Поэтому и лекарства, которые мы принимаем, часто содержат только одну форму изомера — вторая в лучшем случае неактивна. Именно в этом суть проблемы. Несмотря на одинаковые углеродные скелеты и очень похожее пространственное строение, свойства стереоизомеров могут различаться, если они взаимодействуют с хиральными молекулами. Эти различия порой имеют трагичные последствия.

Достаточно вспомнить историю с препаратом талидомидом, которая произошла в 60-х годах прошлого века. Препарат рекомендовали как успокоительное беременным женщинам. Но его выпускали в виде рацемата, то есть смеси энантиомеров, один из которых, как оказалось позже, отрицательно влиял на развитие плода. В результате за шесть лет применения талидомида было зафиксировано более десяти тысяч случаев рождения детей с уродствами.

Естественно, при этом молекула разваливается на фрагменты, каждый из которых из-за потери электронов приобретает положительный заряд. Поскольку одноименные заряды отталкиваются, частицы разлетаются в разные стороны с очень большими скоростями — отсюда и название «взрыв». Однако, несмотря на кажущийся хаос, пространственное расположение атомов сохраняется, и его фиксирует специальный детектор. Все это происходит очень быстро — в считанные фемтосекунды (10^{-15} с).



Проходя сквозь фольгу, молекула теряет электроны, и ее положительно заряженные фрагменты отталкиваются. При этом их пространственное расположение сохраняется, что позволяет установить пространственную конфигурацию молекулы

Чтобы избежать подобных последствий, нужен надежный и простой метод определения, какой именно изомер получили химики. Сейчас для твердых веществ широко используют метод дифракции рентгеновских лучей, для жидких — метод колебательного кругового дихроизма. Сложнее со стереоизомерными молекулами в газовой фазе: для них подходящего способа не было.

Немецкие исследователи предложили метод «визуализации кулоновского взрыва». Слово «взрыв» не стоит воспринимать буквально: никакой вспышки и возгорания не происходит. Молекулу вещества разгоняют до больших скоростей, на своем пути она встречает ультратонкую углеродную фольгу, при прохождении через которую лишается электронов, образующих химические

Метод опробовали на 2,3-дидейтерооксиране. Детектор зафиксировал молекулярные фрагменты, причем видно, что метод позволяет без ошибок отличать стереоизомеры от их смеси. Затемнение на проекциях однозначно характеризует положение заместителей у хирального атома углерода.

Таким образом, есть основания полагать, что визуализация кулоновского взрыва даст аналитикам новый инструмент для борьбы за хиральную чистоту веществ. Возможно, метод подойдет и для твердых и жидких веществ, если предварительно перевести их в газовую фазу, как это делают в газовой хроматографии.

Выпуск подготовил
Р. Бобылёв

Астат: факты и фактики

At 209,9871 АСТАТ	85	7
		18
		32
	6s ² 6p ⁵	18
		8
		2

ЭЛЕМЕНТ №...

Сколько астата на Земле? Фактически несколько. У астата нет стабильных изотопов, а самый долгоживущий At^{210} имеет период полураспада 8,3 часа. Следующий изотоп, привлекающий внимание, At^{211} — 7,2 часа. Поэтому астат, образующийся при радиоактивном распаде, накопиться не может, и его количество в земной коре оценивают с большим разбросом — от сотен миллиграммов до 30 граммов. Естественно, столь редкий элемент никто из природных источников не извлекает, весь астат, который имеется в распоряжении человечества, получен искусственно, на ускорителях частиц.

Какие у астата свойства? Строго говоря, они известны плохо. С химической точки зрения астат может быть и металлом, и галогеном. Обычно в реакциях он ведет себя подобно иоду. А вот физики рассчитали, что при давлении в одну атмосферу астат — металл, в отличие от прочих галогенов не образует двухатомных молекул и обладает сверхпроводимостью («Physical Review Letters», 2013, 111, 11, 116404).

Есть ли у астата применение? Да. Во-первых, сам по себе его синтез — торжество человеческого разума, создавшего удивительные машины для трансмутации элементов. А во-вторых, из него можно попытаться сделать противораковый препарат. Идея такова. At^{211} распадается с излучением альфа-частицы и превращается с вероятностью 48% в долгоживущий Bi^{207} , который с периодом полураспада 32,9 лет становится стабильным Pb^{207} . А с вероятностью 52% вследствие захвата ближайшего к ядру электрона превращается в Po^{211} , и тот спустя 520 мс, испустив альфа-частицу, становится Pb^{207} . Эти альфа-частицы проникают в ткань на глубину 50—80 мкм, то есть поражают лишь несколько слоев клеток в отличие от альтернативного бета-излучения. Доставив альфа-излучатель непосредственно к опухоли, а лучше — привязав его специфическим соединением, ее можно надежно выжечь, причем энергия излучения сосредоточивается внутри врага и не расходуется на ненужное уничтожение здоровой ткани. Среди других пригодных для медицины альфа-излучателей (а их около десятка) At^{211} выделяется тем, что живет недолго, а самый токсичный продукт его распада — Po^{211} — еще менее долговечен. Полоний-211 хорош и тем, что при его образовании испускается рентгеновское излучение и по нему легко обнаружить, где находится препарат.

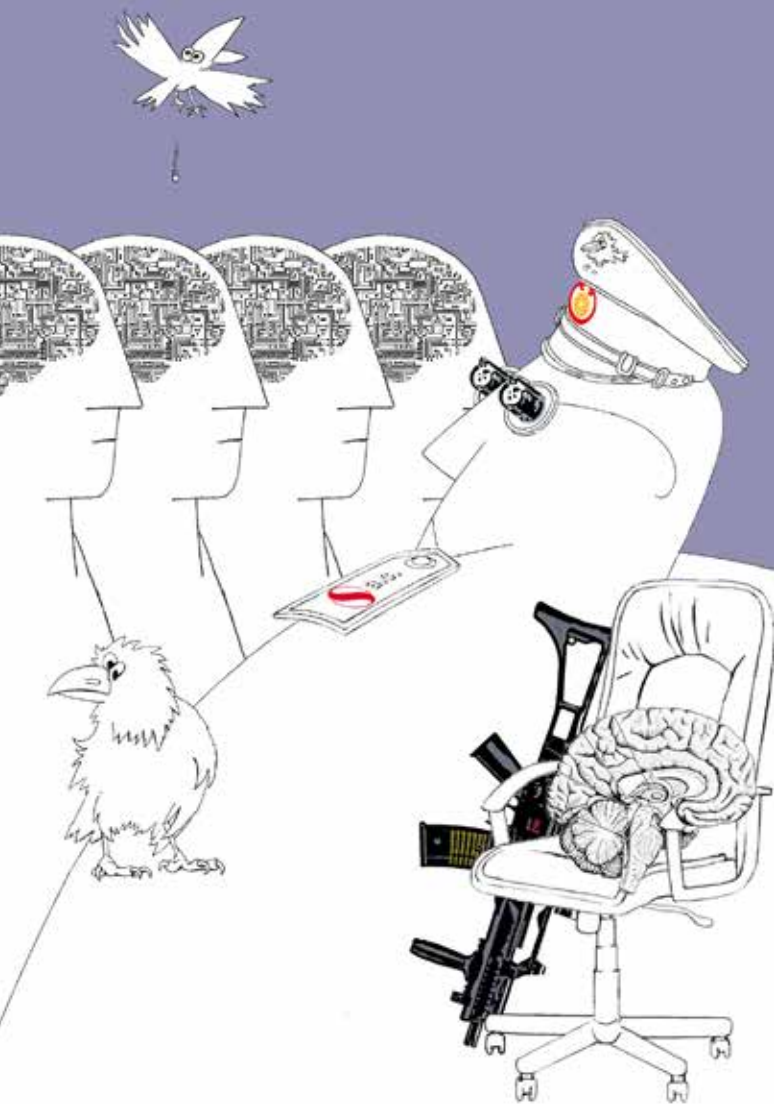
Как получают астат? Этот элемент открыли при облучении висмутовой мишени альфа-частицами на циклотроне Калифорнийского университета, и было это в 1940 году. Именно так его получают до сих пор. Тут имеется одна хитрость. Для того чтобы синтезировать как можно больше At^{211} , нужно облучать висмутовую мишень пучком частиц с энергией, соответствующей максимальному сечению ядерной реакции. Однако при этом повышаются шансы на прохождение паразитной ядерной реакции образования At^{210} . Отделить его от At^{211} невозможно, но при распаде он даст Po^{210} с периодом полураспада 138,4 дня. С учетом высокой опасности полония (вспомним Александра Литвиненко и Ясира Арафата) этого следует избегать, тем более что полоний, как металл, имеет совсем иные химические свойства: он отделится от той молекулы, к которой был приделан астат и пойдет прочь от опухоли в здоровые ткани. Поэтому изготовителям астата приходится жертвовать

производительностью ради качества. После облучения астат испаряют из мишени в течение получаса — дольше не имеет смысла, так как At^{211} быстро разлагается и конденсируют его в охлажденных капиллярах. Главная задача — как можно позже использовать растворитель, поскольку из-за радиолиза тот разлагается. С готовым веществом надо бегать в химическую лабораторию, синтезировать лекарственный препарат и вводить его пациенту. Очевидно, что циклотрон должен находиться недалеко от клиники. Как, например, в Университете Дьюка в Северной Каролине — судя по публикациям, именно там под руководством Майкла Залуцкого сегодня ведутся основные работы по использованию астата в радиотерапии.

Каковы успехи астатной радиотерапии? Скромные (см. «Current Radiopharmacology», 2011, 4, 4, 283—294). Имеется несметное количество идей по использованию радиоактивного астата. Пользуясь тем, что он, в отличие от подавляющего большинства других радиоактивных элементов, неметалл, галоген с химическими свойствами, близкими к иоду, астат успешно приделывают к самым разным веществам. Это и низкомолекулярных металлорганических соединения с оловом и бором. Это и пептиды, способные проникать в клетку и связываться с ДНК. Это и моноклональные антитела, прилипающие к стенке клетки опухоли, и даже вирусные частицы. Иначе говоря, доставить это грозное оружие можно в любую точку организма. Малый радиус воздействия альфа-частиц позволяет надеяться на уничтожение маленьких опухолей, недоступных другим радиопрепаратам, и даже отдельных клеток. Увы, эти идеи не слишком быстро воплощаются в жизнь. С некоторыми препаратами сделали более-менее успешные опыты на животных. С людьми же до сих пор было проведено лишь два клинических испытания.

В 2009 группа исследователей из Швеции, Дании и США во главе с Рагнарсом Хальтборном из Гетеборгского университета вводила препарат антител с астатом девяти женщинам для лечения после операции по удалению опухоли яичников. В качестве положительного результата было указано отсутствие побочных эффектов («Journal of Nuclear Medicine», 2009, 50, 1153—1160; doi: 10.2967/jnumed.109.062604). А Майкл Залуцкий с коллегами обрабатывал препаратом из антител с астатом места удаления опухоли мозга у 18 пациентов. Помимо отсутствия побочных эффектов, это лечение увеличило среднюю продолжительность жизни пациентов с 20—30 недель до 50—116 в зависимости от вида опухоли, а двое прожили по три года после операции («Journal of Nuclear Medicine», 2008, 49, 1, 30—38; doi: 10.2967/jnumed.107.046938). То есть, видимо, препараты астата действительно могут подавлять остатки опухоли, не замеченные хирургом, однако над методикой надо работать и работать. Дело сдерживается также дороговизной астата и его малой доступностью для широких масс ученых: приходится организовывать клинику в непосредственной близости от ускорителя, а, по мнению Майкла Залуцкого, в мире есть лишь одиннадцать циклотронов, на которых можно изготавливать астат, пригодный для медицинских целей. Конечно, окажись он панацеей, специальные «астатные» циклотроны были бы построены, но пока его считают лишь одним из многих средств.

А. Мотыляев



Без оружия

Алексей Дуров

Генерал смотрел, как суетятся подчиненные — приспособливают мирные ноутбуки вместо отказавших военных компьютеров. Неужели не понимают, насколько это бессмысленно? А еще ученые! В армии генерала два батальона яйцеголовых умников, других подчиненных нет, не нужны. Можно было бы отмотилизовать пару дивизий спецназовцев, но в современной войне винтовки, лимонки и рукопашный бой бесполезны, давно уже воюют наспигованные электроникой машины. Умные, надежные. Разнообразные: от несокрушимых и всепокрушающих дредноутов-амфибий до миниатюрных танков-сороконожек, способных пролезть, где и кошка застрянет. У врага тоже армия машин, мощных и современных, но у генерала они сверхмощные и сверхсовременные. Победа была так близка...

Сначала насторожило, что враг перешел к обороне и тянет время. Разведка рискнула своими лучшими агентами, выяснила: враг что-то распыляет над армией генерала, начинает боеголовки невесомым черным порошком. А также рассеивает его с легких самолетов-невидимок, пускает по ветру, рассыпает на дорогах при отступлении, даже переправляет через фронт с птицами. Отловили несколько пылинок, посмотрели в мощные микроскопы и ужаснулись: увидели нанороботов. Еще



НАНОФАНТАСТИКА

и способных размножаться, вернее — собирать себе подобных из атомов. Умники кинулись проверять и сразу обнаружили микроскопических врагов в электронике боевых машин. А больше ничего не успели: у вражеских нанороботов сработал таймер и они нанесли очень слабые, но очень точные удары. И вся боевая техника армии отказала. Ни один самолет не взлетит, ни один танк не тронется с места, ни один ствол не выстрелит. А если выстрелит — все же удалось вручную задействовать одно старое орудие, — то снаряд не взорвется, а если взорвется, то, не долетев до врага, чтобы вреда ему не причинить. Странно, что враг до сих пор не взорвал все боеприпасы генеральской армии... вероятно, хочет использовать их сам.

— Есть! — радостно воскликнул самый молодой из яйцеголовых. — В космос нанороботы не добрались — я подключился к разведспутнику! Есть последние разведданные!

Генерал пошел смотреть, готовясь к самому худшему. Странно, но враг до сих пор не атаковал. Его машины вообще не двигались с самой атаки нанороботов, только техники суетились. Точно та же картина, что и в генеральской армии!

— Враг вышел на связь! — вдруг сообщил другой умник. — И просит переговоров...

— Та-ак, — протянул генерал. До чего же он сейчас боялся пустить в сознание надежду. — Что произошло? Есть идеи?!

— Есть, — твердо ответил умник, который занимался вражескими нанороботами. — Но я проверял... не мог поверить. Как нанороботы отключили нашу электронику? Микроразрядниками. Которые до сигнала таймера были прочно заблокированы — и программно, и физически, чтобы хитрость не раскрылась раньше времени. Сработал таймер — включились разрядники. Однако нанороботы пролезли не только в нашу технику, но и во вражескую. Видимо, от нас ветром нанесло, или сыпали они их там у себя неаккуратно.

— Неужели враг не предусмотрел, что они его же атакуют?! — не верил генерал.

— Предусмотрел. У нанороботов очень остроумная система «свой-чужой» — по химсоставу микрочипов и характеру вибраций. Но нанороботы-то не вражеской разработки, куда им. Мирные они, у одной гражданской фирмы краденые — узнаю характерные технические решения. А поскольку мирные, то в них прописаны законы робототехники. Незаметно так, не увидишь, пока не включатся. Должно быть, в той фирме боялись собственных нанороботов... или что их украдут и применят не по-честному.

— Законы робототехники? — нахмурился генерал, пытаясь припомнить, что оно такое. Не верил все еще.

— Ага, — кивнул умник. — Выполнять приказы — всего лишь Второй закон. А Первый, он же главный, — не вредить человеку и не допускать, чтобы что-то человеку навредило. Вот и... не допускают.

Генерал подумал с минуту и медленно растянул губы в довольной улыбке:

— Сколько нужно времени, чтобы отмотилизовать спецназ? Похоже, рукопашный бой снова в моде.



«Ласковый убийца» под прицелом миравирсена

И. В. Цымбаревич

Открытие

Двадцать лет назад, в 1993 году, Виктор Амброс и Гэри Рувкин открыли первый ген микроРНК (miR) — *lin-4* в геноме нематоды *Caenorhabditis elegans* — и показали, что мутация по этому гену приводит к нарушению развития червя. Их статьи опубликовали в одном номере журнала «Cell» (1993, 75, 843—854; 855—862). Долгое время *lin-4* считался некой аномалией генома, пока в 2000 году не обнаружили малую регуляторную РНК *let-7*. Искусственно заблокировав функции *let-7*, можно получить червей, у которых не формируется энтодерма при одновременной активации формирования мезодермы и эктодермы из эмбриональных стволовых клеток. (Эктодерма, мезодерма и энтодерма — три слоя клеток зародыша; из энтодермы развивается, в частности, пищеварительная система.)

С этого момента исследователи окончательно поняли, что микроРНК — не просто транскрипционный «шум»,

а важный регулятор, и занялись поиском аналогичных элементов в геномах дрозофилы, человека и т. д. К 2011 году у животных, растений и вирусов было найдено 18226 микроРНК, включая 1921 в человеческом геноме (Kozomara A., Griffiths-Jones S., «Nucleic Acids Research», 2011, 39, D152—157; doi: 10.1093/nar/gkq1027). Не правда ли, неплохой результат за десять лет исследований?

К 2005 году информации о микроРНК накопилось достаточно, чтобы приступить к созданию лекарств следующего поколения. Во-первых, результаты исследований явно указывали, что нарушения регуляции микроРНК ведут к заболеваниям. Например, ослабление функций *miR-14* существенно увеличивает общее содержание триацилглицеридов в сыворотке крови; *miR-278* контролирует продукцию инсулина, а делеция *miR-278* ее стимулирует; повышенная экспрессия *miR-1*, специфичной для сердца, ингибирует кардиомиоциты во время эмбрионального развития и провоцирует возникновение аритмии.

Во-вторых, технология LNA обеспечивала дизайн антимиР-олигонуклеотидов для фармакологического ингибирования нужных микроРНК *in vivo*. Под вопросом оставался сущий пустяк: как доставить их в желаемое место организма?

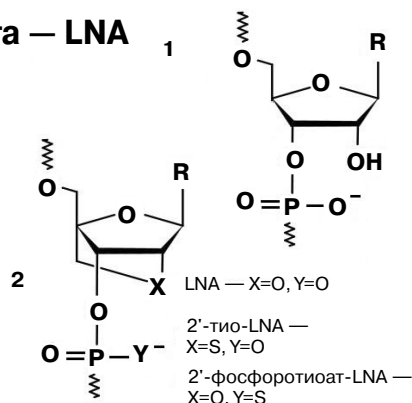
Тут внимание исследователей привлекла *miR-122*. Эта микроРНК отличается не только полной консервативностью у всех позвоночных — от рыбок данио до человека; важная ее особенность — высокая концентрация в печени. Кроме того, ученые вспомнили, что антимиР-олигонуклеотиды с фосфоротиоатным (PS) каркасом накапливаются опять же в печени, причем для этого не нужны никакие дополнительные модификации. Кульминационным же аккордом в 2005 году стало сообщение Питера Сарнова с соавторами из Стэндфордского университета о том, что экспрессированная в печени *miR-122* взаимодействует с РНК вируса гепатита С (Jopling C.L. et al., «Science», 2005, 309, 5740, 1577—1581, doi: 10.1126/science.1113329).

С этого момента началась история создания миравирсена.

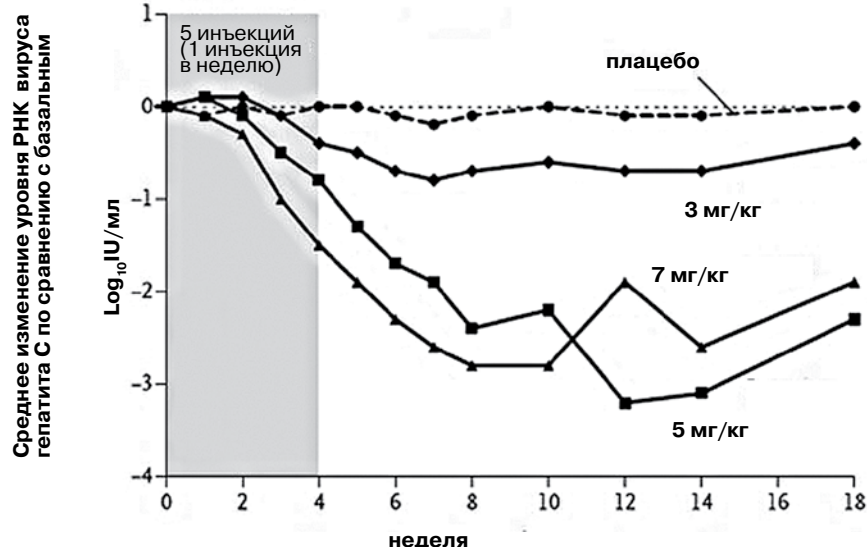
«Закрытая» нуклеиновая кислота — LNA

В 1998 году Алексей Кошкин из исследовательской группы Еспера Венгеля на химическом факультете Копенгагенского университета добавил к инструментарию молекулярной биологии технику создания «закрытых» нуклеиновых кислот, или LNA — locked nucleic acid (Koshkin, A.A. et al., «Tetrahedron», 1998, 54, 3607—3630, doi: 10.1016/S0040-4020(98)00094-5).

Что кроется за этим названием? LNA — бициклический аналог РНК: его рибозное кольцо содержит метиленовый мостик между 2'-кислородом и 4'-углеродом (см. рис.). Этот мостик «запирает» нуклеотид в С3'-эндоконформации. Цепочки-олигомеры, содержащие LNA, весьма прочно и специфично связываются с комплементарными молекулами РНК, образуя двуниевые



структуры. Благодаря этому свойству LNA-олигомеры нашли множество полезных применений в молекулярной биологии. Например, с их помощью можно «отлавливать» в образцах малые РНК, в том числе микроРНК. Конечно, для этого необходимо знать нуклеотидную последовательность РНК-мишени, чтобы заказать синтез комплементарной, или антисмысловой LNA. Такие LNA получили название антимиР (иногда используется русская аббревиатура «антимиР»). Они нужны не только для аналитических целей. В точном соответствии с названием, антимиР могут действовать как регуляторы, противоположные по эффекту микроРНК, — связываются с ними за счет уотсон-криковских взаимодействий и ингибируют их функцию в клетках (Ørom U.A., Kauppinen S., Lund A.H., «Gene», 2006, 372, 137—141; doi: 10.1016/j.gene.2005.12.031).



5
Клинические испытания миравирсена.
 На графике представлены четыре группы пациентов, получавшие плацебо или препарат в дозах 3, 5 и 7 мг/кг. Хорошо заметна положительная динамика при высоких концентрациях (Janssen et al., 2013)

этот нуклеотид прячется в особом сайте белка Argonaute. В-третьих, нужно было предотвратить возможное разрезание молекулы белковым комплексом RISC (RNA-induced silencing complex — этот комплекс, в который входит и Argonaute, участвует в регуляторной работе микроРНК). Для этого некоторые нуклеотиды заменили на LNA-нуклеотиды (на рисунке на с. 24 X = O, Y = O). Не забыли, конечно, и про комплементарность участку-мишени miR-122. После экспериментов на линиях клеток человеческого гепатотоцитов в лидеры вышел олигонуклеотид под названием SPC3649. Именно он впоследствии стал миравирсеном.

Первым делом новый препарат испробовали на мышах, и весьма успешно. Животным вкалывали внутривенно

дошино дозы от 12,5 до 75 мг/кг два раза в неделю и через четыре недели достигли выключения miR-122. Тем временем исследователи обратили внимание, что параллельно с miR-122 в плазме крови снижается уровень холестерина (на 30—40%), и сочли, что это очень удобный биомаркер (Janssen et al., «The New England Journal of Medicine», 2013, 368, 1685—1694; doi: 10.1056/NEJMoA1209026). Опыты на животных и некоторых приматах не выявили побочных эффектов. Итак, краткосрочное ингибирование miR-122 было признано безопасным.

Клинические исследования

В 2010 году компания «Santaris Pharma A/S» приступила к клиническим испытаниям на пациентах, инфицированных гепатитом С. В настоящее время подходит к завершению вторая стадия испытаний. Согласно опубликованным данным, у четырех из девяти пациентов после курса инъекций миравирсена

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

РНК вирус в крови не обнаруживался (рис. 5). Серьезных побочных эффектов при этом не выявлено («The British Medical Journal», 2013, 346, f2069; doi: 10.1136/bmj.f2069). Предполагается, что препарат надо будет принимать раз в несколько недель.

По оценкам маркетологов, цену лекарства удастся сделать доступной, поскольку LNA-технологии достаточно просты, чтобы синтезировать вещество в больших количествах и дешево. В 2018 году, когда миравирсен появится на полках аптек, ожидается настоящая сенсация.

Напоследок заметим, что миравирсен далеко не уникален. В разработке сейчас находится еще десяток олигонуклеотидов, чей принцип действия основан на ингибировании микроРНК, а некоторые уже стали лекарствами. Например, мипомерсен производства фармацевтической компаний «Genzyme» (подразделение «Sanofi») и «Isis Pharmaceuticals» ингибирует экспрессию аполипопротеина В-100 в печени и применяется для лечения семейной гиперхолестеринемии — врожденного повышенного содержания липопротеинов в крови.

О подписке

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки на первое полугодие 2014 года с доставкой по РФ — 810 рублей, при получении в редакции — 540 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.
 Справки по телефону (495) 722-09-46.

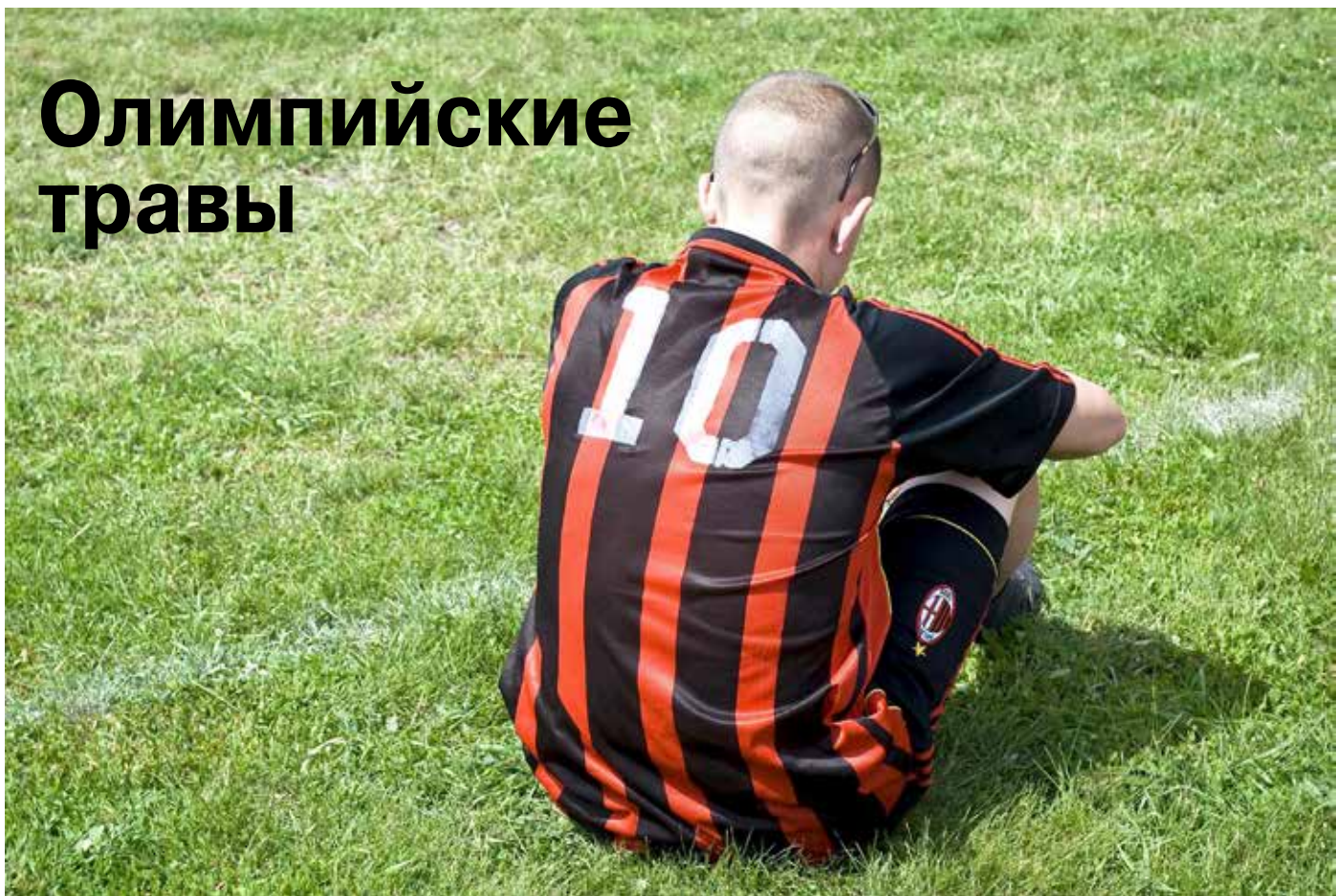
Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс», ИНН/КПП 7701325151/770101001
 Банк: АКБ «РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва, Номер счета: № 40703810801000070802,
 к/с 30101810800000000777, БИК 044585777
 Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

Об архиве

Архив «Химии и жизни» за 45 лет — это более 50 000 страниц, рассказывающих о науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Олимпийские травы



В. Благутина

Уже в древности люди использовали стимуляторы, чтобы повысить физическую работоспособность. Древнегреческие атлеты перед соревнованиями ели чеснок, сушеные фиги, семена кунжута, употребляли некоторые виды психотропных грибов. Римские гладиаторы ели мухоморы, чтобы увеличить агрессивность и снизить чувствительность к боли и усталости. Гонцы в империи инков жевали листья коки, и это позволяло им бежать целыми сутками. В XX веке стали использовать морфий, анаболические стероиды, амфетамины и многие другие сильнодействующие препараты. Хочется надеяться, что пик применения этой «тяжелой артиллерии» уже позади — антидопинговые правила в спорте становятся с каждым годом все строже, а спортсмены — грамотней («Химия и жизнь», 2001, № 12, 2002, № 11). За последние двадцать лет стали популярными лекарственные травы, ведь спортсменам надо как-то справляться с огромными нагрузками и при этом давать результаты. Ученые же пытаются разобраться, насколько они эффективны.

Зачем нужны стимуляторы

Интенсивные физические упражнения — стресс для организма. Если тренируемый человек с ним справляется,

у него оптимизируется обмен веществ, организм адаптируется к повышенным нагрузкам, становится выносливее, наращивается мышечная масса. Если же тело спортсмена не может справиться со стрессом, то его физическая форма, наоборот, ухудшается, начинают болеть мышцы, и тренировки ничего не дают. Получается, что тренировки могут быть как положительным, так и отрицательным стрессом.

Давно известно, что при отрицательном стрессе ослабляется весь организм. Вот лишь одно из подтверждений — исследование Дэвида Нимена с коллегами из Аппалачинского государственного университета (США), опубликованное в 2007 году. Они подсчитывали, как часто профессиональные спортсмены болеют респираторными заболеваниями.



Меньше всего болеют респираторными инфекциями те, кто тренируется регулярно с небольшой интенсивностью. Левая часть графика — лежебоки, правая — профессиональные спортсмены.

Профессионалов сравнивали с двумя контрольными группами — лежебоками, которые вообще не занимались физкультурой и спортом, и теми, кто занимался регулярно, однако без фанатизма — например, бегал три раза в неделю по полчаса. Оказалось, что здоровее всех третья группа, «физкультурники»: они существенно реже страдают заболеваниями верхних дыхательных путей по сравнению с теми, кто вообще не двигается или изнуряет себя тренировками. Самое удивительное, что настоящие спортсмены болеют даже чаще, чем лежебоки. На рисунке «очень интенсивные тренировки» соответствуют нагрузкам профессиональных спортсменов олимпийского уровня, однако на самом деле это может быть любой спортсмен или даже любитель, который тренируется с большей интенсивностью, чем его организм может выдержать.

Чтобы приспособиться к нагрузкам и увеличить выносливость, спортсмены принимают в том числе различные биодобавки (БАД). Многие из них повышают иммунитет и «адаптируют» организм, помогая ему вынести тяжелый режим тренировок. Особенно привлекательны травяные БАД, поскольку многие считают, что они совершенно безвредны. Вообще говоря, мнение о полной безвредности растительных препаратов ни на чем не основано: лекарственный препарат не может быть одновременно эффективным и

абсолютно безвредным всегда и для всех.

Точно не известно, в каких количествах спортсмены потребляют растительные биодобавки, но, несомненно, количества эти больше, чем у обычных людей. Существуют специальные опросники, но часто в них биодобавки относят к категории «другие», поэтому цифры получаются весьма приблизительные. По различным данным, в США от 17 до 61% спортсменов заявляют о том, что они принимают биодобавки с травами. Есть основания полагать, что в России эти цифры существенно выше. Чтобы понять масштабы этой индустрии, достаточно сказать, что, по данным Американского ботанического общества, всего продажи таких биодобавок выросли в США в 2011 году на 5,5 миллиарда долларов, и это на 4,5% больше, чем в 2010-м. В России специалисты по маркетингу утверждают, что продажи растут чуть ли не в три раза быстрее.

Здесь есть некоторые факторы, которые, очевидно, действуют и за пределами профессионального спорта. Например, исследователи из Кингстонского и Бирмингемского университетов (Великобритания) выяснили, что цели, для достижения которых английские спортсмены используют ту или иную фитодобавку, часто совершенно не соотносятся с официальными показаниями к их применению. Также спортсмены не слушают рекомендаций профессиональных врачей, хотя спрашивают их чаще, чем тренера, а больше всего прислушиваются к советам товарищей по команде. Кроме того, спортсмены недооценивают побочные эффекты и полагают травяные добавки совершенно безопасными — это же все натуральное! Они готовы улучшить спортивную форму любыми способами, не обращая внимания на то, как это действует на здоровье. К сожалению, последнее относится не только к английским спортсменам. Возмем шире — не только к спортсменам...

Что в моде

В верхних строчках топ-листа у спортсменов всего мира — эхинацея, женьшень, потом идут традиционные чеснок, зверобой, соя, эфедра (хвойник) и другие. У нас в стране также очень популярны заманиха, левзея и лимонник. (Если смотреть популярность не у спортсменов, а у всех, то приоритеты, конечно, будут немного иными.)

Что нужно спортсмену? В первую очередь увеличить физическую выносливость и силу. С этой целью применяют женьшень (виды рода *Panax*), сходный с ним по действию элеутерококк, который на Западе называют «сибирским женьшенем» *Eleutherococcus senticosus*, эфедру *Ephedra sinica*

или золотой корень *Rhodiola rosea*. В этот список можно добавить якорцы стелющиеся *Tribulus terrestris*, которые могут улучшать силовые характеристики спортсменов (рис. 2). Забавно, что американские, болгарские и австралийские исследования на людях не подтвердили повышение физической работоспособности, выносливости и массы тела на фоне приема этой добавки, а российские исследования, выполненные на молодых спортсменках, занимающихся пауэрлифтингом, показали очевидный положительный эффект.

Эфедру и женьшень также считают стимуляторами центральной нервной системы. Предполагается, что через нее активные вещества действуют на все другие системы, органы и ткани и таким образом помогают организму адаптироваться к нагрузкам, повышают тонус и работоспособность. Американские спортивные врачи рекомендуют сочетать их с гуараной *Paullinia cupana*. У нас рекомендуют заманиху *Oplopanax elatus*, золотой корень и лимонник *Schisandra*. Если нужно стимулировать иммунитет, то оптимальный выбор — скорее эхинацея *Echinacea species*, бузина *Sambucus nigra* и астрагал *Astragalus species*.

Другие растения — якорцы, соя *Glycine max* и смилакс, или сассапариль (виды рода *Smilax*), — как считается, содержат растительные компоненты, влияющие на уровень анаболических стероидов. Есть также биодобавки, не принадлежащие к царству растений, со специфическими эффектами. К ним относят гриб кордицепс китайский *Cordyceps sinensis*, паразитирующий на гусеницах бабочек определенного вида (см. «Химию и жизнь», 2008, № 2), — он растет в горах Тибета на высоте 4 км. Ну и спирулину, которую используют как многоцелевую пищевую добавку.

Биологически активные молекулы, которые вырабатывают растения, весьма разнообразны. Многие из них относятся к так называемым вторичным метаболитам. В отличие от первичных метаболитов, они не нужны для обеспечения развития, роста или размножения, но придают растению дополнительные свойства, повышающие его приспособленность: например, делают его несъедобным для травоядных, отпугивают паразитических насекомых. Понятно, почему именно вторичные метаболиты часто обладают биологической активностью: действовать на животных, защищая растение от врагов, — их прямая обязанность.

Надо сказать, что многие растения, используемые в спортивной медицине, содержат алкалоиды. Эта группа включает в себя множество разнообразных биомолекул, объединенных по формальным признакам: наличие атома



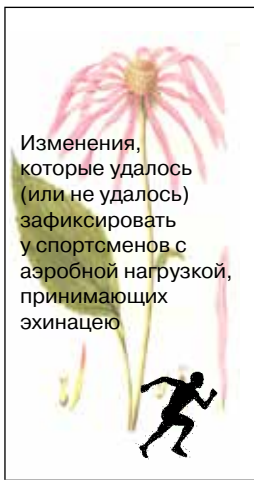
ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

азота в молекуле, а также во многих случаях слабые основные свойства (отсюда название: *alkali* в поздней латыни значит «щелочь»). Аминокислоты, нуклеотиды, аминоксахара к алкалоидам не относят, хотя они и содержат атомы азота. У неспециалиста слово «алкалоиды» чаще ассоциируется с выраженной физиологической активностью, проще говоря, с ядами, стимуляторами, наркотиками. Примеры алкалоидов — морфин, кокаин, никотин, кофеин, теобромин из какао и теофиллин из чая. Сюда же можно отнести гуаранин из гуараны, эфедрин или псевдоэфедрин из эфедры.

Вопросы

Итак, производство и потребление травяных добавок наращивают темпы. Между тем ученые до сих пор не только не могут точно объяснить, как именно действуют эти добавки: во многих случаях они даже не могут однозначно ответить на вопрос, действуют ли они. Интерес к ним большой, и он подогревается не одним лишь сокращением списка лекарств, которых можно давать спортсменам без опасения, что они попадутся на допинге. Заняться более подробным исследованием фитопрепаратов, в том числе тех, что применяются в спортивной медицине, ученых заставляют скандальные факты.

Например, алкалоиды эфедры в 2004 году оказались причиной смерти двух молодых американских спортсменов. (Кстати, в США по закону 1994 года биодобавки могут продаваться без разрешения FDA.) После этого американские власти запретили производство и продажу препаратов, содержащих эфедру. Из этого растения в течение многих лет производят сосудодилатирующее средство, которое так и называется эфедрин. До этого случая препараты на основе эфедры были очень популярны как БАД для похудения, да и сейчас их рекламу можно найти в Интернете. В нашей стране у алкалоидов эфедрина и псевдоэфедрина дурная слава. Оба они сами по себе обладают довольно слабым психостимулирующим действием, но входят в список прекурсоров (предшественников) наркотических средств, и вполне заслуженно: в конце



Нет результата	Есть результат
<p>Лейкоциты показывают, как работает иммунная система; их количество не изменилось.</p> <p>Цитокины — важнейшие сигнальные молекулы иммунной системы, их вырабатывают лейкоциты. Некоторых стало больше, других — меньше. Поскольку все они выполняют комплексные функции, то очень сложно определить, как это сказывается на физической форме спортсмена.</p> <p>Количество эритроцитов, гемоглобин и гематокрит не изменились.</p>	<p>Иммуноглобулины — молекулы, которые производят лейкоциты. Их присутствие в мочке и слюне — первая линия обороны организма. В слюне повысилось содержание иммуноглобулина А.</p> <p>Способность к аэробным нагрузкам (максимальное содержание кислорода, экономичность бега) повысилась.</p> <p>Поднялся уровень двух гормонов: кортизола (стресс и метаболизм) и эритропэтина (контролирует выработку эритроцитов).</p>

цепочки реакций может быть, например, метамфетамин.

За три года до скандала с эфедрой произошел скандал с добавками, содержащими каву-каву, или перец опьяняющий (*Piper methysticum*), традиционно используемую как успокоительное и тонизирующее средство. Ее запретили и в США, и в Европе, обвинив в том, что она была причиной тяжелейших заболеваний печени. С тех пор каву-каву вроде бы реабилитировали — виновными оказались производители, которые использовали не корень, а листья и стебель растения, но во многих странах она по-прежнему запрещена, в том числе и у нас.

Многие вопросы пока не имеют однозначного ответа. Подтвержден ли заявленный эффект растительного препарата не только историей применения в народной медицине, но и клиническими испытаниями? Применяют ли спортсмены БАД в дозах, указанных на упаковке, так, как прописал доктор или как посоветовал товарищ? Какие требования надо предъявлять к этим добавкам? Как лучше спланировать эксперимент, чтобы ответить на эти вопросы, и какие трудности подстерегают исследователей?

Исследований эффективности растительных добавок довольно много, причем большинство используют те, которые свободно, без рецепта продаются на родине ученых. Задача перед ними стоит непростая. Обычно работы включают описание добавки — ее состав, режим дозирования, методы, с помощью которых оценивают эффективность, — проверяют, например, как спортсмены переносят аэробные нагрузки или как возрастает сила во время анаэробных тренировок. Но в исследованиях зачастую не указаны химический состав добавок, их происхождение, каким образом получались активные вещества. В итоге результаты не воспроизводятся или с трудом поддаются интерпретации, исследования трудно сравнивать между собой. В разных публикациях, посвя-

щенных одному и тому же лечебному растению, выводы могут противоречить друг другу: на каждое исследование, подтверждающее эффективность, как правило, найдется другое, ее опровергающее. Соответственно никакой предсказательной силы эти исследования не имеют. Почему так происходит?

Попытки ответов

Чтобы разобраться с растительными БАД, Дэвид Сенчина из Университета Дрейка и его коллеги из Университета Айовы (США) собрали междисциплинарную команду, включающую ботаников, химиков, физиологов и медиков, и придумали модель с учетом основных факторов, способных повлиять на эффективность фитопрепаратов. Модель назвали «от семян до потребителя».

Оказалось, что вид растения (в медицине используют несколько видов женьшеня или эхинацеи; для ботаника это разные растения, а многие потребители даже не интересуются, какой именно женьшень), место, где его собрали, из каких частей растения получали активные вещества и какими методами — все это может быть причиной разнобоя в клинических результатах. Вот только два показательных примера — те же эхинацея и женьшень.

Считается, что эхинацея поднимает иммунитет и уменьшает частоту заболеваемости респираторными инфекциями, поэтому спортсмены пьют ее, чтобы нивелировать разрушительное действие тренировок на организм. На самом деле род эхинацея включает

около десяти разных видов растений, и чаще всего используют эхинацею пурпурную *Echinacea purpurea*.

Биологически активные компоненты эхинацеи — фенолпропаноиды (эхинакозид, цикориевая кислота), полисахариды и алкаламины. Соотношение и количество этих соединений зависят от вида и от того, из какой части растения они получены. В корне содержится максимальное количество целебных соединений, но производители часто предпочитают собирать листья и стебли, поскольку после этого они вырастают снова и удается собрать несколько урожаев.

Было опубликовано только пять исследований применения эхинацеи у спортсменов. Все они были связаны главным образом с аэробной нагрузкой — то есть такой, при которой мышечные движения совершаются за счет энергии, полученной при окислении глюкозы кислородом. Эта нагрузка отличается сравнительно большой продолжительностью (5 минут и более), при этом упражнения имеют динамический повторяющийся характер — бег, ходьба, велосипед, активные игры и пр. Аэробикой называлась модная в 80-е годы XX века разновидность гимнастики — быстрое выполнение упражнений под ритмичную музыку. Об анаэробных нагрузках, при которых мышцы получают энергию за счет распада «топливных» веществ без участия кислорода, мы поговорим дальше; типичный пример — силовая подготовка.

Работа Алоиза Берга из Университета Альберта Людвиг (Фрайбург, Германия) показывает, что после приема в течение четырех недель эхинацеи пурпурной до и после интенсивных тренировок (триатлон или спринтерский велотренажер) у спортсменов снижаются частота и длительность респираторных инфекций. Это же частично подтвердили биохимические показатели. Увеличилось содержание в слюне иммуноглобулина А (иммуноглобулины в слюне — это первая линия защиты организма, их вырабатывают лейкоциты), выросло также содержание кортизола (гормона, ответственного за стресс и метаболизм) и эритропэтина (контролирует выработку эритроцитов). Улучшился показатель аэробных тренировок $VO_2 \max$, или максимальная способность организма поглощать кислород воздуха, — это



Нет результата	Есть результат
<p>Количество лейкоцитов не изменилось.</p> <p>Существенных изменений в концентрации цитокинов не зафиксировано. В некоторых исследованиях цифры такие же, как и в контроле.</p>	<p>Количество иммуноглобулина А в слюне увеличилось.</p> <p>Показатель состояния мускулов — фермент креатинкиназа (катализирует синтез креатинфосфата, который расходуется при повышенных физических нагрузках). В двух исследованиях его количество даже уменьшилось.</p>

стандартный тест, который характеризует физическую форму человека. Количество лейкоцитов, как и других клеток крови, непосредственно связанных с иммунной системой, не изменилось, однако предположительно изменилась их активность. Цитокины (сигнальные молекулы иммунной системы, их также производят лейкоциты) вели себя по-разному: одних стало больше, других меньше. Поскольку цитокины выполняют комплексные функции, сложно сказать, насколько эти изменения полезны для спортсмена. Количество эритроцитов, гемоглобин и гематокрит (объем крови, приходящийся на эритроциты) не менялись. Сходные данные получил Роланд Шупс из «Bioforce AG» (Швейцария).

Другая группа исследователей, из Университета Техаса (США), также исследовала различные показатели спортсменов на фоне приема эхинацеи. После четырех недель приема по сравнению с контрольной группой улучшились общие показатели аэробных тренировок — максимальное потребление кислорода, эффективность его использования — и возросло количество эритропоэтина. Тем не менее у испытуемых также не изменялись количество эритроцитов, уровень гемоглобина и гематокрит. Этот факт ученые затрудняются объяснить — при улучшении показателей аэробных тренировок вроде бы должны меняться и связанные с ними показатели крови. Опять же есть предположения, что эхинацея меняет метаболизм и действует на кислородную динамику, минуя эритроциты. Все отмечают, что при этом эхинацея хорошо переносится без побочных эффектов, но она иногда взаимодействует с другими препаратами.

Исследования на обычных людях без спортивной нагрузки дают противоречивые результаты. Чтобы исключить огромное количество нестандартизованных параметров, мультидисциплинарная команда Дэвида Сенчины применила свою модель и выбрала подход *ex vivo*. У испытуемых получали лейкоциты до и после тяжелых тренировок, а затем обрабатывали их стандартизованным экстрактом эхинацеи в лаборатории. Возможно, этот метод не так много говорит об организме в целом, зато позволяет напрямую посмотреть изменение конкретных параметров. Причем сначала ученые работали с лейкоцитами, взятыми у людей в состоянии покоя, без нагрузок, и уже на этом этапе выяснилось, что разные виды эхинацеи по-разному действуют на лейкоциты. Возможно, химизм растений немного отличается. Так, только эхинацея *E. simulata* способствовала активному образованию сигнальных молекул иммунной системы цитокинов

(например, интерлейкина-10). Кроме вида эхинацеи, важно было и то, из какой части растения получен экстракт, каким растворителем извлекали биологически активные вещества и как именно. Итог исследования: разные виды эхинацеи по-разному влияют на организм, при физической нагрузке они действуют не так, как в состоянии покоя, и вдобавок эти эффекты индивидуальны. Исследователи из штата Айовы утверждают, что пока невозможно сделать однозначный вывод, помогает спортсменам эхинацея или нет.

Еще сложнее ситуация с женьшенем. Его, так же как и эхинацею, принимают для поднятия иммунитета, но главное, чего от него ждут, — прилива жизненных сил, улучшения тонуса и физической формы. Название «женьшень» включает 11 видов внутри рода *Panax*, и только три из них используют в коммерческих целях, чаще всего это *P. ginseng*. В корне женьшеня много сапониновых тритерпеновых гликозидов, эфирных и жирных масел. Часто с женьшенем путают так называемый сибирский женьшень, он же элеутерококк (*Eleutherococcus senticosus*), который спортсмены тоже принимают в качестве адаптогена.

Исследования эффективности женьшеня у спортсменов дали более противоречивые результаты, чем с эхинацеей. По ним совсем сложно утверждать, что прием женьшеня улучшает форму спортсмена и помогает ему преодолеть физический стресс. Зато отмечены побочные эффекты: препараты женьшеня могут временно нарушать работу легких и сердца, взаимодействовать с другими лекарствами, вызывать бессоницу, давать гастроэнтерологические расстройства и сердцебиение.

Менее спорные, но тоже сложные результаты получены по действию женьшеня на иммунную систему спортсменов. Из восьми различных исследований, в которых использовали в основном анаэробные нагрузки, невозможно построить четкую картину. При анаэробных тренировках мышечные движения совершаются за счет энергии, полученной от бескислородного окисления глюкозы. Это резкая короткая нагрузка, после которой нужен отдых (бодибилдинг, пауэрлифтинг, армрестлинг, тяжелая атлетика и т. д.). У большинства испытуемых на фоне женьшеня количество лейкоцитов и количество цитокинов не изменились сколько-нибудь существенно. Другие показатели активности иммунной системы в одних случаях повышались, в других понижались или оставались неизменными. Хотя можно все-таки сделать вывод, что женьшень — модулятор активности иммунной системы (содержание иммуноглобулина А в слюне повысилось). В



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

общем, несмотря на то, что женьшень гораздо более популярен у спортсменов, чем эхинацея, экспериментальные подтверждения его пользы в спорте пока довольно слабые.

В свете исследований Дэвида Сенчины разноречиво легко объяснить. Разница в результатах может быть из-за того, что препараты эхинацеи были более концентрированными и содержали больше активных веществ, а главное — тщательнее были отслежены те самые доклинические факторы «от семян до потребителя». И не стоит забывать, что исследования эхинацеи проводили в основном на аэробных тренировках, тогда как женьшеня на анаэробных — физиологические параметры при этом могут меняться по-разному.

Растительные биодобавки — действительно очень сложный объект для исследования. Некоторые величины невозможно точно измерить, или же они находятся вне контроля производителя. Химики-аналитики много раз доказывали, что содержание активных ингредиентов в добавках, продающихся в розничной сети, непостоянно, даже когда производители следят за этим и пытаются стандартизировать параметры. Учитывая это, надо признать, что исследователи при всем желании могут и не получить однозначных результатов.

Многое предстоит еще уточнить, ведь спортсмены и обычные люди принимают сотни растительных добавок, и большинство их не проходило клинических испытаний. Но исследования американских ученых доказывают: неоднозначность результатов не свидетельствует о том, что добавки неэффективны. Однако вопрос «Работает ли данная фитодобавка?» неверно сформулирован. Надо скорее спрашивать: «При каких условиях данная добавка дает нужный результат?» Растения могут укрепить здоровье и улучшить спортивные достижения, но их польза определяется множеством факторов. Так что покупка экзотического препарата, который, по слухам, помог чемпиону, может оказаться бесполезной тратой денег, даже если слухи были чистой правдой.



Стой! Опасная зона: работа мозга!..

Мозг человека — лучший на Земле. Было бы странно, если бы этот мозг не работал над своими собственными проблемами, не пытался бы сам себя оптимизировать. Затея страшноватая, рискованная и все же потенциально полезная.

Исследователи из Нидерландов пытаются «отредактировать» память. Теперь фокусировку на мыслях о неприятном или даже трагическом событии можно снизить при помощи электроконвульсивной терапии (ЭКТ), или электрошока. Еще в 1968 году психолог Дональд Льюис с соавторами исследовали воздействие шокотерапии на мозг животных. Сегодня с помощью ЭКТ лечат тяжелые депрессии.

Для участия в новом исследовании как раз и пригласили 42 человека, страдающих депрессией, которым уже была прописана ЭКТ, и разделили их на три группы: А, В и С. Сначала всем показали два слайд-шоу с аудиосопровождением. Первые 11 слайдов описывали автокатастрофу, вторые — захват девушки в заложники уличными бандитами. Через неделю всем участникам вновь показали фрагмент первого фильма, а потом группы А и В отправились проходить ЭКТ. Им внутривенно ввели анестетик и миорелаксант, к головам прикрепили электроды и начали пропускать электрический ток. Группу С не подвергали шокотерапии. В следующие полтора часа испытуемые из группы В прошли тестирование, которое должно было показать, насколько хорошо и детально они помнят первую и вторую страшные истории. На другой день тестирование прошли группы А и С.

Результат был именно таким, как ожидали ученые, хотя неспециалистов он может удивить. Группа А помнила хуже первую историю — ту, которую пересматривали перед сеансом электрошока. Группа В, которую тестировали сразу, запомнила первую и вторую истории примерно одинаково. Группа С, не подвергавшаяся электроконвульсивной терапии, гораздо лучше помнила первую историю, которую смотрели два раза. Это, в общем, объяснимо, но почему ослабла память о первом эпизоде у группы А?

Как полагают авторы исследования, дело в том, что чувствительна к воздействию именно кратковременная память: чтобы стереть воспоминание методом ЭКТ, прямо перед этим его необходимо активировать, проиграть заново. Тогда его «перезапись» в долговременную память (реконсолидация) будет менее качественной. Представление о том, что воспоминания хранятся у нас в голове, как файлы на жестком диске, не вполне верно: при каждом воспроизведении они изменяются и, как видим, могут быть даже стерты. А вот воспоминание, которое не воспроизводили, осталось нетронутым даже после электрошока — второй слайд-фильм группе А запомнился лучше.

Это исследование дает нам новое понимание того, как нужно лечить посттравматические расстройства. Полезно и «говорить об этом», как советуют психотерапевты (хотя результаты группы С подтверждают, что это небыстрый путь), и назначать ЭКТ, но, возможно, оптимальный эффект достигается при совместном применении этих способов.

Kroes, M. C. W. et al. An electroconvulsive therapy procedure impairs reconsolidation of episodic memories in humans. «Nature Neuroscience», 2014, 17, 204–206, doi: 10.1038/nn.3609.

Поспать любят все, но не у всех и не всегда получается. Если вы очень устали, можно прикрыть глаза прямо за рабочим столом и окунуться в дремоту. Вначале придет фаза медленного сна (non-REM-фаза, или NREM). На первой стадии этой фазы сон чуткий, в случае чего можно быстро вернуться к



реальности. Но постепенно сон становится глубже. На второй стадии разбудить спящего труднее, а если у него снимать электроэнцефалограмму (ЭЭГ), то видно, что и активность мозга становится иной. А есть и третья стадия медленного сна, еще более крепкого (иногда ее подразделяют на две). Если начальник заметил, что ваш храп мешает работать окружающим, — не за горами и эта стадия NREM, дельта-сон. Она называется так из-за характерных дельта-ритмов на ЭЭГ, медленных и высокоамплитудных. Нарушения дельта-сна различной природы могут вызывать сомнамбулизм. Это заболевание сложное и многофакторное, к нему приводят и психические расстройства, и алкоголизм, и стресс, и длительное лишение сна. Не так давно появились данные, что причиной наследственного сомнамбулизма могут быть генетические нарушения, и удалось локализовать ответственный за них участок в двадцатой хромосоме (A.K. Licis et al., «Neurology», 2011, 76, 1, doi: 10.1212/WNL.0b013e318203e964). Однако конкретный ген или гены сомнамбулизма, насколько нам известно, пока не идентифицировали.

Если вы не сомнамбула и продолжаете мирно спать на совещании, то, возможно, вы снова войдете в первую стадию и проснетесь от голоса начальника — ведь сон явление циклическое. А перед этим, может быть, захватите и фазу быстрого сна (REM-фаза) и вместо офиса окажетесь в лесу или на улице незнакомого города — именно с этой фазой ассоциированы сновидения.

Во время REM иногда появляется еще одна стадия — LD, или стадия осознанных сновидений (lucid dreaming). Человек понимает, что спит, и начинает контролировать свое сознание — «редактировать» сон. Это похоже на путешествие по закоулкам сна Пети Ростова из «Войны и мира»: «Может быть, он точно сидит теперь на фуре, а очень может быть, что он сидит не на фуре, а на страшно высокой башне...» или на фантастические иллюзии сумасшедшего из триллера «Клетка».

Осознанные сновидения — модная тема у интеллектуалов, мечтающих покинуть унылую реальность и путешествовать по фантастическим мирам, да притом без всяких опасных стимуляторов. Интернет полон рекомендаций, как сделать сновидение осознанным. Советуют, например, если вы видите во сне надпись, прочесть ее повторно: во второй раз на той же вывеске будет написано другое, и вы поймете, что спите, а отсюда недалеко и до управления. Вся задача в том, как во сне вспомнить эти советы...

Конечно, и официальная наука занимается LD-стадией. Осознанным сновидениям посвящена статья Сержио Мольта-Ролима и Джона Араужо (Бразилия). Они предполагают, что в эту стадию сна можно войти не только тренировками сознания, но и с помощью приборных методов. За вхождением в стадию LD тоже можно следить при помощи электроэнцефалограммы. Как отмечают авторы, нейрофизиологические основы LD пока еще до конца не ясны, однако ее характерной чертой может быть повышенная активность лобных долей. Авторы делают смелое предположение: возможно, LD вызывает транскраниальная магнитная или электрическая стимуляция передних участков мозга во время быстрого сна? Пока таких опытов не проводили, но транскраниальная стимуляция, то есть воздействие на мозг электрическими токами или магнитными полями сквозь череп, изучается достаточно активно.



Тематический поиск



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК

Не стоит применять такую стимуляцию ради развлечения (почему нет — подробнее об этом в следующей заметке). Кто хочет посещать во сне чудесные миры, тот пусть читает Кастанеду и Макса Фрая, а стимуляцию следует назначать лишь по медицинским показаниям. Возможно, ее удастся использовать для лечения посттравматических стрессовых расстройств, когда человек, переживший трагическое событие, не может избавиться от страха, чувства беспомощности. Пациенты, страдающие депрессией, тоже часто видят повторяющиеся кошмары, что приводит к суицидальным мыслям. Вход в стадию осознанных сновидений позволит пробудиться от кошмара, или подумать «это всего лишь сон» и перестать бояться, или же, наконец, начать управлять сновидением, превращая страшное в безобидное.

Предполагается, что LD можно будет применять и для восстановления двигательных нарушений. Например, если человек с ограниченными физическими возможностями лежит в больнице, то проходить комплекс упражнений для восстановления формы он может и во сне. Известно, что постоянное моделирование физических нагрузок, пусть даже в уме, увеличивает мышечную силу и способствует обучению двигательным навыкам.

Авторы отмечают еще одно перспективное направление: использование LD в фундаментальных исследованиях, например, при изучении феномена сознания в норме и при патологиях.

Sérgio A. Mota-Rolim, John F. Araujo. Neurobiology and clinical implications of lucid dreaming. «Medical Hypotheses», 2013, 81, 5, 751–756, doi: 10.1016/j.mehy.2013.04.049.

Одна американская компания недавно предложила покупателям устройство для стимуляции мозга — оно ускоряет проведение нервных импульсов и помогает достичь наивысших результатов в компьютерных играх благодаря воздействию электрических токов на префронтальную кору. Умеренная цена — 249 долларов, красный или черный цвет гарнитуры по желанию заказчика.

Приборы для транскраниальной электрической или магнитной стимуляции входят в моду. Их не обязательно покупать, можно изготовить самому. Если существуют «гаражные биотехнологии» — попытки заниматься молекулярно-биологическими экспериментами у себя дома, — то почему не быть гаражной do-it-yourself нейрофизиологии, благо принцип прост и расходные материалы дешевле, чем у молекулярщиков? Провода, несколько электродов (их можно заменить кусочками ткани, смоченными солевым раствором), батарейка — и ты сверхчеловек.

У здравомыслящих людей такая перспектива вызывает опасения. Как говорится в статье о спортивной фитотерапии в этом же номере, ничто не может быть и эффективным, и гарантированно безвредным во всех случаях жизни. Пусть электроды и находятся на внешней стороне головы, давая иллюзию невмешательства в наши внутренние дела, но электрические токи и магнитные поля проникают в ткани мозга...

Действенность транскраниальной стимуляции показана экспериментально. Она может улучшать моторные навыки, математические и языковые способности, память, внимание, умение принимать решение в сложной ситуации. Вот лишь

один эксперимент, проведенный британскими и австрийскими исследователями. Взрослым пациентам ставили электроды в районе областей префронтальной коры, ответственных за математические способности, и подавали электрические колебания частоты 100–600 Гц. Этот метод называется «электро-стимуляция случайным шумом» — transcranial random noise stimulation, TRNS, в отличие от стимуляции постоянным током или магнитными полями. Оказалось, что стимуляция улучшает и математические способности, и кровоснабжение данных отделов, причем спустя полгода эффект сохранялся. Авторы считают, что таким образом можно помочь людям с психическими нарушениями, снижающими способности к математике.

А как насчет безопасности? Во-первых, параметры самодельных приборов трудно стандартизировать, а исказить эффект вплоть до обратного может и неверное положение электродов, и ошибка в полярности. Во-вторых, детальных исследований безопасности никто еще не проводил, но, поскольку ничто не берется из ничего, резонно предположить, что усиление одних функций мозга происходит за счет других. В-третьих, эффект может зависеть от возраста подопытного, от его состояния, от принимаемых лекарств (идея самостоятельно полечить таким способом больного аутизмом или эпилепсией наверняка придет не в одну голову). Добавим продолжительность эффекта: включить новую функцию легко, но вдруг понадобится выключить, скажем, по медицинским показаниям? А теперь представьте себе: с одной стороны законодательный вакуум и доступность технологии, с другой — амбициозные абитуриенты, родители школьников, родственники больных, маньяки-геймеры и просто любители экспериментов... Неясно даже, сколько таких приборов в мире сейчас применяется.

Конечно, по этому поводу уже начались биоэтические дискуссии. Форсировать изучение и обсуждение транскраниальной стимуляции мозга — значит усиливать общественный интерес, в том числе и нездоровый. Отказаться от изучения — не иметь возможности ответить на вопросы о потенциале метода, о побочных эффектах и противопоказаниях, наконец, отдалить медицинское использование действенных, недорогих и все же сравнительно безопасных технологий.

Пока что исследователей и научных журналистов призывают к объективности и сдержанности. Информировать общество надо, однако начинать рассказ лучше не с восторгов, а с вероятных рисков.

Roi Cohen Kadosh et al. The neuroethics of non-invasive brain stimulation. «Current Biology», 2012, 22, 4, R108–R111, doi: 10.1016/j.cub.2012.01.013.

Albert Snowball et al. Long-Term Enhancement of Brain Function and Cognition Using Cognitive Training and Brain Stimulation. «Current Biology», 2013, 23, 11, 987–992, 10.1016/j.cub.2013.04.045.

Выпуск подготовили
С.Фролова, Е.Клещенко



Странные ароматы

А.А.Бондарев



ЕДА ПО-НАУЧНОМУ

Человек, с одной стороны, почти всеяден, в его рацион входит множество самых разнообразных продуктов, а с другой — ему свойственна и пищевая неохотливость: страх перед неизвестной едой. Этот страх легко объяснить с точки зрения эволюции — многие животные и растения несъедобны или даже ядовиты, и выжили только те наши предки, кто старался не есть незнакомых ягод. Впрочем, культура помогает нам перебороть первую негативную реакцию: если «это» едят соплеменники, то продукт должен быть вкусным или, по крайней мере, питательным.

Но, даже зная о съедобности продукта, иногда трудно смириться с его неприятным запахом. Хотя в нашем контексте лучше пока называть его не неприятным, а «спорным». Ведь это вопрос: всегда ли и всем неприятны такие запахи или они просто требуют чуть более длительного и подробного знакомства, чтобы понравиться?

Мир запахов разнообразнее ароматов еды. Есть такие запахи, которые мы воспринимаем как неприятные, а некоторые даже как тошнотворные и невыносимые. Можно их разделить на несколько условных групп, и это поможет нам соотнести их с необычными разновидностями еды.

В первую очередь это запахи разложения, в основном вызываемые микробами и их ферментами. В пищевых продуктах такие ароматы — следствие контролируемой ферментации. Неприятными мы находим запахи некоторых участков немытого человеческого тела, и их мы неожиданно узнаем в изысканных сырах. Следующая группа — «ароматы» выделений организма, в особенности человеческого, и как ни неприятно это признавать, но и они встречаются в еде. Наконец, группа раздражающих «химических» запахов, скажем горелой резины, — эти оттенки можно уловить, к примеру, в широко используемом уксусе.

Сыры и другие божественные запахи

Начнем с самых экстремальных случаев. Даже знатоки-гурманы признают, что запах этих продуктов не просто спорный, а однозначно отвратительный. Речь идет о сырах с мытой корочкой (французские мюнстер, эпуасс, немецко-голландский лимбургский и им подобные) и о китайско-тайваньском ферментированном тофу. Достаточно отметить, что запах таких сыров часто сравнивают с трупным, а про ферментированный тофу (его еще называют вонючим тофу) ходят выдумки, что его якобы подделывают, добавляя в рассол гнилое мясо и фекалии.

Ароматы сыров с мытой корочкой — следствие распада жиров и белков под действием бактерий. Специальные виды бактерии размножаются на поверхности этих сыров благодаря особой технологии производства: в процессе выдержки

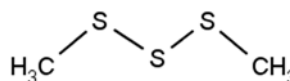
сыры обмывают соляным раствором (отсюда название «с мытой корочкой»), иногда добавляя алкоголь, — тогда запахи получаются еще более яркими. Высокая концентрация соли и доступ кислорода способствуют не только развитию колоний бактерий на поверхности, но и формированию особой текстуры внутри сыра. Возможно, именно получение этой текстуры было целью изобретения такой технологии, а запахи — побочный эффект, хотя многие гурманы с этим не согласятся. По нашей классификации, запахи этих сыров напоминают немытое тело (чаще всего их сравнивают с запахом потных ног), и не случайно: бактерии, живущие на поверхности этих сыров, и бактерии, живущие на влажной коже человека, — ближайшие родственники, это бактерии рода *Brevibacterium*. В обоих случаях они производят одни и те же пахучие молекулы. Это серосодержащие метилмеркаптан (метантиол) с запахом тухлой капусты, диметилтрисульфид, а также продукты распада жирных кислот, такие, как изовалериановая, капроновая и каприловая кислоты (они пахнут потом).

Сыры с мытой корочкой — самые пахучие, но и у других типов, зреющих в микробиологически насыщенной среде, похожие и довольно сильные ароматы. Как сказал французский поэт Леон-Поль Фарг: «Камамбер пахнет ногами Бога». Кстати, метилмеркаптан и диметилтрисульфид — компоненты не только запаха потных ног, но и запаха фекалий, неприятного запаха изо рта и других столь же экстремальных ароматов.

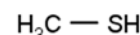
Вонючий тофу находится в такой стадии ферментации, которую уже можно было бы назвать протуханием. Производят его, помещая свежий соевый сыр в рассол с добавлением овощей и белковых продуктов — мяса, сушеной рыбы или молока. Рассол ферментируется неделями или даже месяцами и служит главным источником ароматов. Запахи получаются настолько сильными, что лотки торговцев этим деликатесом размещают не только на свежем воздухе, но и подальше от других торговцев. По запаху отличить съедобный ферментированный тофу от несъедобных протухших продуктов непросто. Сульфиды — диметилтрисульфид, диметилдисульфид — придают ему «ноты» фекалий и гнилого лука, а к ним еще добавляется запах индола (некоторые называют его фекальным, другие сравнивают с запахом нафталина) и фенола (им пахнет, например, гуашь).

«Несвежая» рыба и амины

С чуть менее экстремальными случаями сильных ароматов, причем гораздо более распространенными по всему миру, мы встречаемся, когда едим продукты из ферментированной рыбы или морепродуктов. Хотя и здесь есть свои крайние случаи (шведская ферментированная селедка сюрстремминг),



Диметилтрисульфид

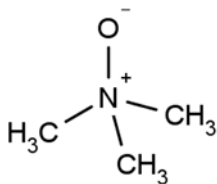


Диметилтрисульфид

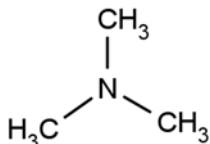
но, в общем, продукты контролируемого распада морских обитателей знакомы всем культурам — от специфического, но в целом приятного запаха сушеной рыбы до более резких и даже вонючих ароматов креветочной пасты и ферментированных рыбных потрохов бпла ра (версия рыбного соуса из провинции Исан в Таиланде). За их ароматы отвечают аминокислоты, в первую очередь триметиламин.

Рыба и другие жители соленых морей и океанов вынуждены были приспособиться к осмосу, поскольку это физико-химическое явление сопровождает их на протяжении всей жизни. Морские рыбы обитают в воде, концентрация соли в которой выше, чем в живой рыбе. Механизмов осмотической регуляции эволюция придумала достаточно, и один из них имеет непосредственное отношение к химии спорных ароматов. Для компенсации осмотического давления морские жители накапливают разные вещества в довольно высоких концентрациях. Это могут быть аминокислоты, мочевины, но одно из самых распространенных — триметиламин-N-оксид (ТМАО). Само по себе это вещество не имеет запаха, поэтому свежая морская рыба пахнет океаном, соленой водой. Но очень скоро бактерии начинают свою работу, и ТМАО распадается до триметиламина, что и проявляется характерным рыбным запахом. Первые нотки данного запаха — еще не повод считать рыбу испорченной, однако это уже бесспорный индикатор «второй свежести». Во всех продуктах ферментации рыбы, от соленой селедки до рыбного соуса, присутствует триметиламин — неизбежное следствие процесса их производства.

Низкомолекулярные амины в своем экстремальном



Триметил-N-оксид



Триметиламин

проявлении — это запахи гниения. Например, путресцин $H_2N(CH_2)_4NH_2$, кадаверин $H_2N(CH_2)_5NH_2$ — характерные продукты гнилостного распада белков и соответственно трупного разложения (к счастью, в свежих продуктах, даже специфических, они не встречаются). Амины, в том числе и триметиламин, образуются в сперме и вагинальных выделениях, и тоже не сразу, а спустя некоторое время. Вряд ли кто-то назовет подобные запахи приятными, тем не менее они в той или иной степени присутствуют в продуктах рыбной ферментации. Любители рыбного соуса говорят, что пахнет он неприятно, но хорош на вкус. В этом случае частично работает задненёбный запах, который ощущается по-другому. Очевидно, ценность этого продукта в комплексности ароматов, где аминные компоненты — только часть общего букета, который во рту оценивается иначе.

В некоторых продуктах рыбной ферментации к запаху триметиламина добавляются и другие неприятно пахнущие компоненты. В рыбном соусе, столь популярном в Юго-Восточной Азии, присутствуют фекальные «ноты» диметилтрисульфида и 2-этилпиридина, а также целый ряд низкомолекулярных жирных кислот и производных альдегидов (2-метилпропаналь, 2-метилбутаналь) с запахами пота и жира. А в ферментированной селедке сюрстремминг содержится знаменитый сероводород с запахом тухлых яиц.

Еще одно соединение азота — аммиак NH_3 — можно отнести к группе раздражающих веществ: это газ с резким удушающим запахом нашатыря, к тому же еще и токсичный. Казалось бы, что ему делать в пищевых продуктах? Тем не менее есть несколько продуктов, для которых запах аммиака — закономерное следствие технологии производства. Это сыры с белой плесенью *Penicillium candidum*

(камамбер, бри), в которых аммиак — нежелательное, но неизбежное следствие получения кремовой текстуры сыра. Знаменитый китайский деликатес — тухлые яйца тоже имеют характерный запах аммиака, он образуется после выдержки яиц в щелочной среде. Нашатырем отдает и популярное в Японии блюдо «натто» — соевые бобы, ферментированные бактерией *Bacillus subtilis*. Такой же запах, отпугивающий любого нормального человека, имеют более экзотические блюда — ферментированное мясо акулы и ската (хакарл в Исландии, хонгео в Корее). Они содержат мочевины — еще одно соединение в мясе этих рыб, противостоящее осмосу, — которая и служит источником аммиака.

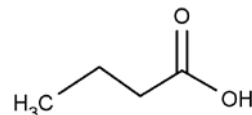
Вонючий фрукт, тиолы и меркаптаны

Некоторые довольно пахучие химические вещества остаются после дистилляции алкоголя, их называют сивушными маслами. В основном это одноатомные насыщенные спирты, которые в гомологическом ряду идут за метанолом и этанолом (амиловый спирт и изомеры, пропиловый спирт и изомеры и т. п.). Самое интересное — мы не стремимся полностью очистить крепкий алкоголь от этих примесей, хотя они и имеют неприятный, тошнотворный запах. Их оставляют в низкой, но уловимой концентрации для комплексности аромата (характерный пример — итальянский дистиллят граппа).

Пахучие продукты распада жиров не обязательно появляются вследствие деятельности микроорганизмов, распад жирных кислот происходит и без участия микробов — в результате окисления жиров или под действием фермента липазы внутри самого продукта. В обычной жизни такой процесс ассоциируется с порчей (прогорканием) жиросодержащих блюд. Но к этой группе относится изысканный продукт, известный во всем мире, — сыр пармезан (оригинальное название Parmigiano Reggiano). Зрелый пармезан, в меньшей степени и некоторые другие твердые сыры во время выдержки накапливают продукты распада жиров — жирные кислоты, в особенности масляную кислоту, имеющую запах прогорклого масла с оттенком рвоты. Конечно, масляная кислота далеко не единственный компонент аромата пармезана, в нем присутствуют также фруктовые и даже цветочные ароматы; этот сыр довольно соленый, и у него необычная песочная текстура. Но все-таки рвота — не слишком аппетитное сравнение. Интересно, что есть исследования, в которых испытуемым давали понюхать смесь масляной и изовалериановой кислот, и этот запах вызывал положительные либо отрицательные ассоциации в зависимости от того, о чем им говорили перед опытом, — о пармезане или рвоте.

Масляная кислота содержится и в растительных продуктах, что никак не мешает, например, популярности зрелой папайи *Carica papaya*.

Чемпион среди фруктов по спорному аромату — без сомнения, дуриан. Этот фрукт очень быстро портится и не подлежит перевозке за пределы своей родины, Юго-Восточной Азии, но молва о нем распространилась по всему миру. «Богатый крем, с доминантой миндаля и нотами сливочного сыра,



Масляная кислота

лукового соуса, хереса и других неожиданных продуктов», «его аромат напоминает свиное дерьмо, скипидар и лук, сдобренные потными носками» — вот лишь две попытки описать запах дуриана. Сортов дуриана сотни (причем относятся они к разным биологическим видам рода *Durio*). Степень вонючести зависит не только от сорта и зрелости,



лись, такая еда потенциально токсична. А фекалии и многие другие выделения организма — источники инфекционных заболеваний.

Хотя некоторые исследования вроде бы показывают, что младенцы не различают приятные и неприятные ароматы (а другие исследования вроде бы опровергают это), дети и подростки придирчиво относятся к еде и ее ароматам. Но все-таки пищевое поведение человека достаточно сложно, поэтому, взрослея, он начинает постепенно переучиваться и расширять свой рацион. Приходит понимание, где испорченные и протухшие продукты, а где произошла полезная ферментация. Та же квашеная капуста, например, богата витамином С, которого зимой всегда не хватает.

Переобучение протекает небыстро. Не очень спорные ароматы, такие, как у продуктов растительной ферментации, и те запахи, которые с детства, а возможно, даже с этапа внутриутробного развития ассоциируются с едой, при наличии правильного контекста начинают нравиться быстрее. С более ярко выраженными ароматами сложнее — к ним можно никогда не привыкнуть. Любители шведской протухшей рыбы сюрстремминг (а таких знатоков немного даже среди шведов) честно говорят, что она воняет и открывать ее нужно на улице. Кстати, употребляют ее скорее как приправу, чем как самостоятельное блюдо.

Можно сделать вывод, что любовь к спорным ароматам — это больше толерантность и соответствующий культурный контекст, чем истинная любовь. Ради особой текстуры, ради особого сочетания вкусов, а иногда и просто ради пропитания (именно это рассказывают о ферментированной акуле в Исландии — когда белок взять неоткуда, поневоле придумываются экзотические варианты) можно привыкнуть и к неприятным запахам. Сыры с мытой корочкой приобретают особый привкус и полужидкую текстуру, недостижимые иными способами. Продукты ферментации морепродуктов, например рыбный соус или креветочная паста, насыщаются глутаминовой кислотой со вкусом умами, который так хорошо сочетается с пресным рисом.

Трудно не заметить, что в целом люди все-таки предпочитают еду со спокойными, сдержанными ароматами. Слабо пахнущий сыр из пастеризованного молока с монокультурой плесени, который можно купить в супермаркете, как ни неприятно признавать это гурманам, имеет больший коммерческий успех, чем его оригинальная версия из свежего молока с естественно вызревшей коллекцией микроорганизмов. Однако если нам интересен мир еды во всем его разнообразии, придется исследовать и эту его сторону.

Что еще можно почитать о странно пахнущей еде

That's Disgusting: Unraveling the Mysteries of Repulsion. Rachel Herz. W. W. Norton & Company; 2013.
Garlic and Other Alliums: The Lore and The Science. Eric Block. Royal Society of Chemistry; 2010.
The Science of Cheese. Michael Tunick. Oxford University Press; 2013.

но и от времени, прошедшего с момента открытия плода. Его странные нефруктовые запахи — гнилого лука, жареного лука и скунсовой струи — созданы большим количеством серосодержащих соединений. Помимо уже знакомого нам метилмеркаптана в дуриане есть этан-1,1-дителиол, этилмеркаптан (пахнет так сильно, что его используют как одорант для природного газа, — это его запах сообщает хозяйке, что кран у газовой плиты не закрыт) и другие.

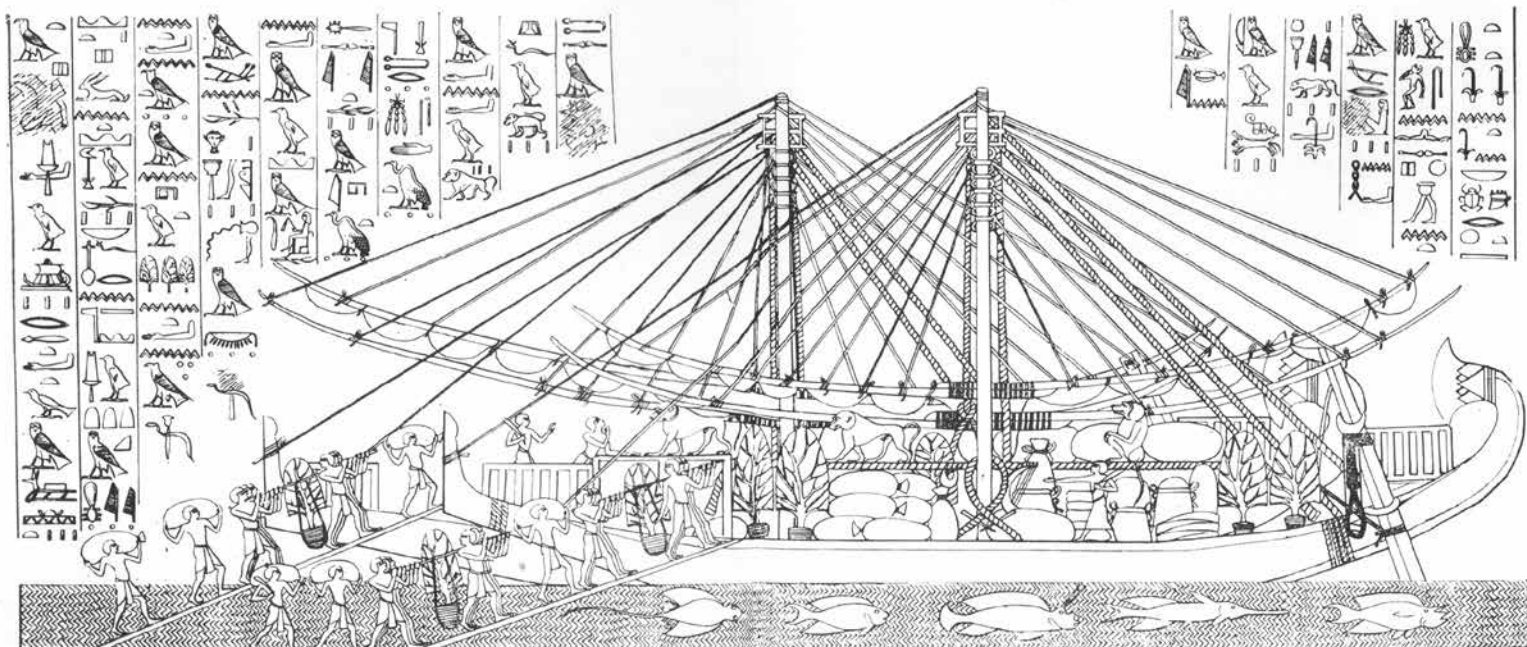
А вот вонючесть лука и чеснока сильно преувеличена. Эти запахи оценивают как неприятные скорее из-за побочных эффектов, которые они вызывают. У лука один из основных активных компонентов — пропантиол-S-оксид, обладающий свойствами лакриматора: он действует на нервные окончания в глазах и носу, вызывает слезотечение и жжение. Аллилметилсульфид, содержащийся в чесноке, создает знаменитый чесночный запах изо рта.

Следующая группа со спорными ароматами — различные ферментированные растительные продукты, например квашеная капуста, кефир. Спектр их запахов гораздо приятнее, чем у ферментированных животных продуктов, хотя и для их восприятия нужна привычка. К примеру, уксусная кислота (она тоже продукт ферментации — дрожжи превращают сахара в этиловый спирт, который бактерии окисляют до уксуса) сама по себе имеет спорный запах. А еще подмечено, что человек с трудом привыкает к запахам ферментированной пищи других народов.

Толерантность или любовь?

Вы наверняка обратили внимание, что за неприятные запахи отвечает достаточно небольшая группа низкомолекулярных веществ, в основном содержащих серу и азот. Кстати, химики говорят, что аналогичные вещества, содержащие вместо серы селен и теллур, пахнут так же, а может, и более неприятно, но они в еде не встречаются.

Почему именно низкомолекулярные молекулы пахнут столь отвратительно, не очень понятно. Так же, как в целом неясно, насколько универсальна категория «неприятные запахи» и в какой степени это культурный феномен, а в какой генетически запрограммированный механизм. Казалось бы, нет сомнений, что неприятные ароматы все люди воспринимают одинаково. То, что люди избегают употреблять в пищу продукты с подобными запахами, легко объяснить с эволюционной точки зрения. Ведь если они неприятно пахнут — значит, испорти-



Египтяне и их мумии

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

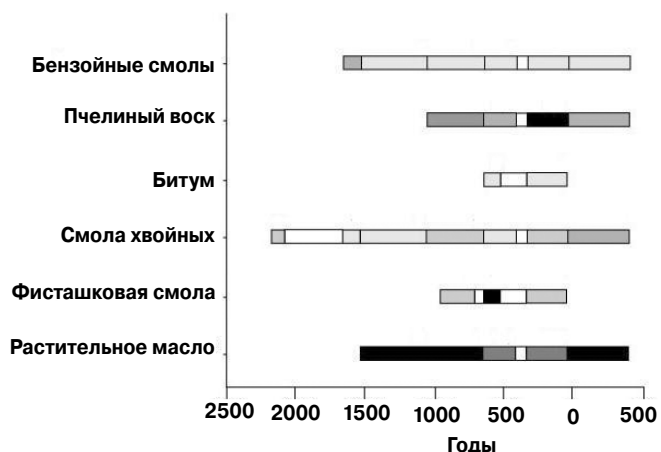
Археологическая химия

Изучать общества с развитой письменностью гораздо легче, чем бесписьменные. Но когда расшифрованы все знаки и прочитаны все доступные тексты, оказывается, что информации в них явно недостаточно. И тогда исследователи вынуждены прибегать к помощи точных и естественных наук, и хорошо, если есть такая возможность. Трудно назвать дисциплину, не имеющую отношения к археологии.

В полной мере все сказанное относится к мумиям Древнего Египта. Их миллионы, изучены-переизучены, но о технологии их изготовления известно далеко не все. Общий порядок действий специалисты установили давно: из тела извлекали внутренние органы и пропитывали его солевым раствором для обезвоживания тканей. Через несколько недель тело обтирали, обмазывали маслом и бинтовали. В таком виде покойник был готов к посмертному существованию. Однако масло было лишь основой состава для бальзамирования, а подробных рецептов специалисты по мумификации не оставили, или они до нас не дошли. Остались описания древних историков: Диодора Сицилийского, Страбона, Плиния и Геродота, которому принадлежит самый полный перечень ингредиентов. Он упоминает мирру (ароматическую смолу), кассию, пальмовое вино, кедровое масло и какой-то «клей», но не всегда понятно, какие именно компоненты историк имел в виду. К тому же его записи относятся примерно к 450 году до нашей эры, когда технология мумификации уже давно миновала период расцвета. А ведь эти недостающие подробности позволили бы нам судить об уровне знаний древних египтян, о веществах, которые были им доступны, о целях,

с которыми их употребляли, и о многом другом. С середины прошлого века специалисты анализируют химический состав тканей мумий и льняных полос, в которые они завернуты, однако работ, выполненных на современном методическом уровне, очень мало.

Первое систематическое химическое исследование мумий провели специалисты Бристольского университета под руководством профессора-биохимика Ричарда Эвершеда. В Египте мумифицировали людей, священных животных и домашних любимцев, а также мясную пищу, чтобы усопшим было что есть в загробном мире. Ученые обследовали все три вида мумий, потратили на эту работу более десяти лет (см. ссылки в конце статьи) и узнали нечто новое о бальзамических составах. Но самое интересное заключается в том, что



Состав бальзама для мумификации со временем менялся. Чем темнее цвет, тем чаще использовали тот или иной компонент. Ричард Эвершед с соавторами составил этот рисунок на основании собственных данных и литературных источников



анализ этих сугубо химических данных может рассказать нам об отношении древних египтян к умершим родственникам и домашним питомцам, то есть к мумиям, а выяснение таких подробностей как раз и составляет одну из задач археологии.

Английские химики использовали газовую хроматографию, масс-спектрометрию, а также тепловую десорбцию и пиролиз, которые облегчают разделение молекул и идентификацию маркеров. В качестве маркеров они использовали устойчивые к разрушению соединения, специфичные для определенных компонентов бальзамического состава, и их производные.

Бальзам для загробной жизни

Ученые начали с обследования человеческих мумий: пятирх взрослых мужчин, двоих мальчиков, четырех женщин, одного младенца, пол которого не смогли определить, и одной мумифицированной головы. Самые ранние объекты относятся к периоду XII династии (1985—1795 годы до н. э.), самые поздние — к эпохе Римского владычества (30 год до н. э. — 395 год н. э.). Период расцвета мумификации пришелся на 1350—1000 годы до н. э. У каждой мумии взяли образцы тканей, бинтов, в которые она завернута, и вязкого материала с поверхности. Для анализа достаточно крошечных кусочков весом около 0,1 мг, их можно отщипнуть от любой части мумии, поэтому во время исследования ни один музейный экспонат не пострадал.

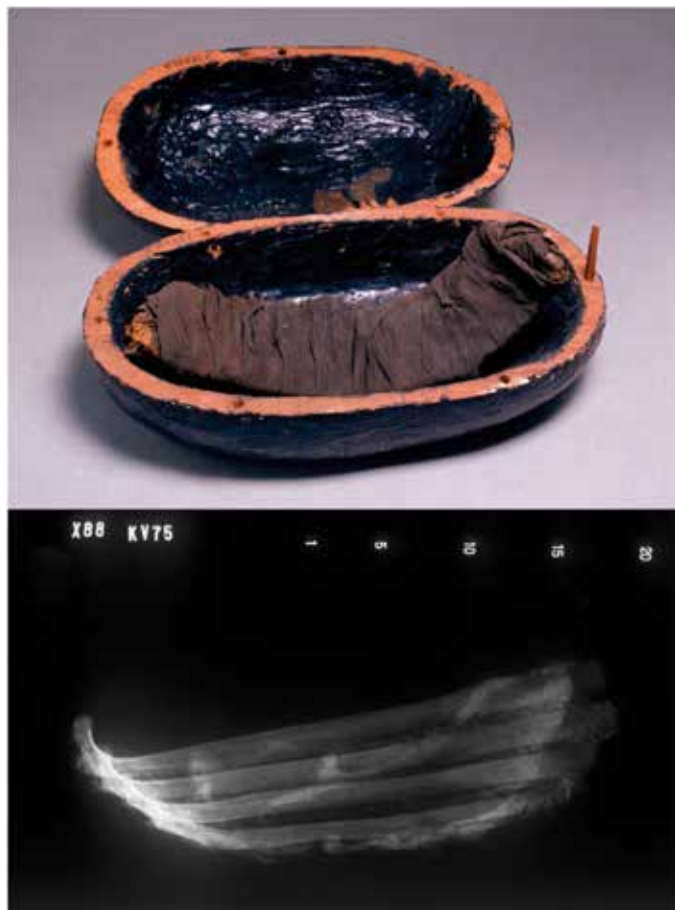
Каждую мумию непременно обрабатывали органическими соединениями, иначе плоть, даже засоленная, неизбежно разложилась бы во влажных гробницах. Процесс бальзамирования эволюционировал с годами, но в состав композиции всегда входила смола хвойных деревьев, ее использовали еще за 2200 лет до н. э. Хвойную смолу определяют по наличию в мумифицированных тканях и бинтах большого количества дитерпеноидов, таких, как 7-оксидегидроабиетиновая и 15-гидрокси-7-оксидегидроабиетиновая кислоты. Со временем смола становилась все более распространенным компонентом бальзамического состава: при римлянах ее доля в композиции доходила до 37%. Очевидно, бальзамировщики лучше узнали ее антимикробные свойства.

Одновременно с ростом популярности хвойной смолы египтяне все шире применяли еще один антисептик, причем водоотталкивающий, — пчелиный воск. В тканях сохранились алканы, восковые эфиры (смесь сложных эфиров жирных кислот и одно- или двухатомных высших спиртов) и гидроксиэфиры. Хотя воск вошел в арсенал бальзамировщиков значительно позже, чем хвойная смола, со временем его содержание в составе для мумифицирования неуклонно росло. В одной из мумий эпохи Птолемея (332—30 годы до н.э.) доля воска составила 87% всех экстрагированных компонентов. Интересно, что на коптском языке, непосредственно произошедшем от древнеегипетского, слово «воск» звучит как «тип». Восковые эфиры и сейчас используют в пищевой промышленности, в частности ими покрывают фрукты, чтобы они дольше хранились.



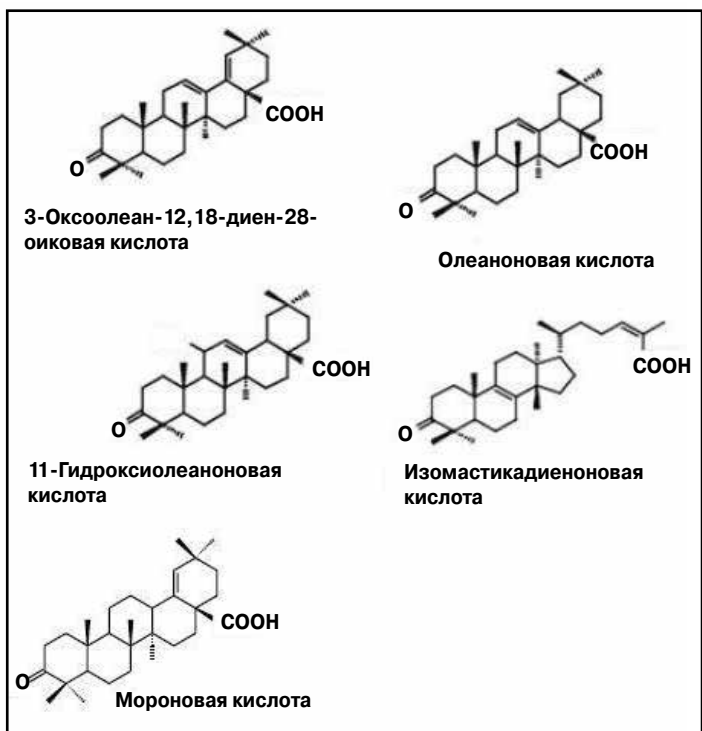
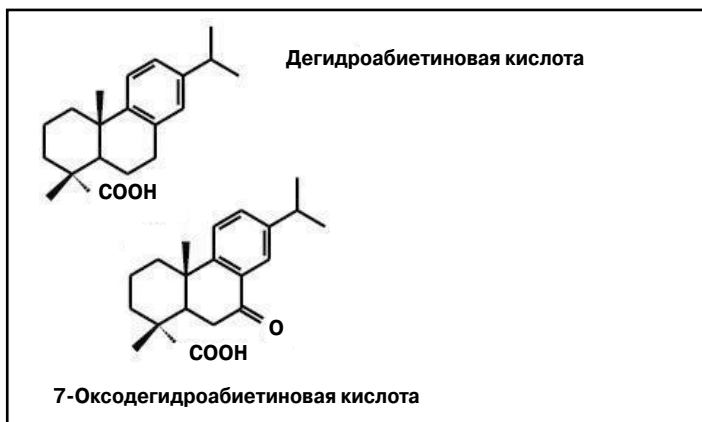
2

Мумии кошки, ястреба и ибиса после взятия образцов. Внешний вид музейных экспонатов не пострадал



3

Блюдо для знатных покойников — говяжьи ребрышки с фисташковой смолой и их рентгеновский снимок



4 **Маркерные молекулы. Дитерпеноиды смолы хвойных (верхняя группа) и тритерпеноиды фисташковой смолы (нижняя группа), применяемые для бальзамирования**



5 **Иероглиф, обозначающий фисташковую смолу**

Каким бы ни был состав для бальзамирования, готовили его, как правило, на масляной основе. До 90% всех исследованных образцов составляют производные растительных масел и животных жиров. Очевидно, бальзамировщики знали о свойствах ненасыщенных жирных кислот спонтанно полимеризоваться и образовывать защитную сетку, которая стабилизировала окружающие ткани и подавляла активность микробов. Недорогие растительные, реже животные масла долгое время были основными компонентами состава для бальзамирования, к которому добавляли более экзотические ингредиенты.

Одним из них была фисташковая смола. Индикаторами ее присутствия служат тритерпеноиды: даммаровая, изомастик-

кадиеновая, мастикадиеновая, мороновая и олеаноновая кислоты. Фисташковую смолу подмешивали к воску как ароматическое вещество; позже мы подробнее поговорим об этом продукте.

В десяти мумиях из тринадцати ученые обнаружили гидроксиароматические кислоты. Исследователи предполагают, что они представляют собой следы ароматных бензойных смол, выделяемых лиственными растениями. В древности их использовали в парфюмерии, медицине и для воскурения в храмах. Одна из самых известных бензойных смол — росный ладан, продукт дерева рода *Styrax*. Разумеется, по тем следам, которые сохранились в мумифицированных останках, невозможно определить видовую принадлежность дерева, из которого получена смола, это могут быть вообще не бензойные смолы, но весьма вероятно, что все же они.

Некоторые исследователи конца XX века утверждали, что египтяне использовали для бальзамирования битум. Профессор Эвершед и его соавторы не разделяют эту точку зрения. Во всяком случае, во взятых ими образцах они не обнаружили стеранов и гопанов — углеводородов, характерных для нефтяного битума.

Засахаренное воплощение бога

Итак, в состав для бальзамирования человеческих тел входили жиры, воск, растительные смолы, эфирные масла и, возможно, битум. Выбор компонентов говорит о том, что египтяне разбирались в их консервирующих свойствах. Сложность бальзама зависела от финансовых возможностей заказчика.

Но людям дороги не только люди. Египтяне изготовили миллионы мумий млекопитающих, птиц и рептилий, особенно популярны они были в правление Аменхотепа III (1400 год до н.э.) и позже. Бальзамирование обеспечивало загробную жизнь домашним любимцам, мумифицировали и животных, принесенных в жертвы богам. Богу Тоту посвящали ибисов и бабуинов, богине луны Бастет — кошек. Ястреб олицетворял Гора, священные быки — Аписа, крокодилы — Себека, бога воды и разлива Нила. Принято считать, что мумии животных изготавливали и хранили с куда меньшим тщанием, чем человеческие, и обходились они дешевле: выпотрошенные тельца просто заворачивали в грубые льняные бинты, смоченные простейшим составом. Исследования, проведенные специалистами Бристольского университета, это мнение опровергают.

Ученые проанализировали ткани и обертки мумии ибиса и кошки абиссинской породы (664—343 годы до н. э.), а также двух ястребов (818—664 годы до н. э.). Мумии ястребов пропитали составом на основе сахарной камеди, то есть густого сахаристого сока, выделяемого некоторыми растениями, ее использовали для укрепления бинтов мумии. Возможно, это и есть тот «клей», о котором писал Геродот. Маркерами камеди послужили моносахара, в том числе фураноза и пираноза. Мумии ястребов и кошки обрабатывали животными жирами: исследователи обнаружили на бинтах жирные кислоты и холестерол. Поскольку образцы взяли из внешних слоев ткани, которые не соприкасались с телом, ученые заключили, что жиры нанесены на бинт, а не попали на нее из тушки. В уши кошке вставлен красный материал, пропитанный растительным маслом.

Как и в случае с мумиями людей, жиры и камедь использовали в качестве недорогой основы. Бальзам, которым пропитаны бинты кошачьей мумии, содержал хвойную смолу. Помимо характерных для нее дитерпеноидов, исследователи обнаружили еще и сесквитерпеноиды — компоненты некоторых эфирных масел, в том числе кедрового. Кедровое масло входит в известный перечень ингредиентов бальзама, в частности, об этом писал Диодор Сицилийский, однако некоторые специалисты полагают, что на самом деле речь

идет о можжевелевом масле. Эту точку зрения нельзя пока ни подтвердить, ни опровергнуть, поскольку компоненты бальзама окислены и определить их видовую принадлежность невозможно. А еще для мумифицирования кошки использовали пчелиный воск, фисташковую смолу и нефтепродукты, в том числе битум, взятый, судя по составу биомаркеров, из Суэцкого залива или Мертвого моря. Птиц тоже мумифицировали с применением воска.

Если состав бальзама представляет собой критерий, по которому можно определить степень заботы об усопшем, египтяне действительно ценили своих животных, а кошку обработали как знатную особу.

Деликатес для мумии

Трилогию о древнеегипетских мумиях завершает исследование способов мумификации пищи. Английские ученые выполнили его в соавторстве с известным египтологом, профессором Американского университета в Каире Салимой Икрам.

Запасы еды были неотъемлемой частью погребений с XXXIII века до н.э. до IV века н. э. Покойников снабжали хлебом, крупами, фруктами, вином, пивом и маслом, мясом и дичью. Большая часть образцов представляет собой приготовленные куски мяса или птицы, завернутые в пелены и положенные в ящички. Погребение Тутанхамона, умершего в 1323 году до н.э., содержит 48 резных деревянных ящичков с мумифицированной мясной провизией.

Вообще, в Древнем Египте технологии заготовки мяса были развиты очень хорошо, потому что на жаре оно портилось буквально за несколько часов. Мясо сушили, солили, коптили, заливали гусиным жиром, медом или пивом, однако подробных рецептов египтяне не оставили, и остатков мяса в их жилищах археологи практически не находят. Сохранились рисунки на стенах гробниц, которые изображают процесс заготовки продуктов, однако они представляют идеализированную картину, и интерпретировать их трудно. Так что о повседневных технологиях сохранения мяса и птицы в античном мире известно очень мало, а о мумифицированных продуктах и подавно, хотя в распоряжении исследователей находятся сотни образцов. Ученые больше обращали внимание на людей и животных.

Авторы анализировали экспонаты Британского и Каирского музеев: ткань, в которую были завернуты говяжьи ребрышки из гробницы жреца по имени Юя и его жены Туи (1386—1349 годы до н.э.) и мумия теленка из гробницы Истемхеб (1064—948 годы до н.э.) — супруги Пинеджема II, верховного жреца Амона в древнеегипетских Фивах, а также кожу утки и кожу козьей ноги из пищевого ящичка гробницы Хенутмехит (умерла в 1290 году до н.э.), жрицы Карнакского храма. Все захоронения находились в Фивах.

Результат показал, что припасы из гробниц Истемхеб и Хенутмехит высушили, засолили и обернули в пропитанную жиром ткань. А утку даже не пропитывали жирами. Такая технология заготовки продуктов, очевидно, близка к повседневной. Соль, использованную для мумификации, называли «натрун». Она представляет собой смесь разных минералов: троны, или египетской соли (сесквикарбоната натрия $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), буркеита $\text{Na}_6[\text{CO}_3(\text{SO}_4)_2]$, галита — кристаллической формы хлорида натрия, и натрона $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Основным источником натруна в тот период служило озеро Вади-эль-Натрун в Северном Египте, в 100 км к северо-западу от Каира.

Особняком стоит мясной припас из гробницы жреческой четы. Юя и Туя принадлежали к титулованной знати и занимали очень высокое положение, но главное, они были родителями царицы Тейе, главной жены Аменхотепа III и, возможно, второго по влиянию после фараона человека в Египте. Их пышное погребение обнаружили в 1905 году, и до находки гробницы их внука Тутанхамона это было самое зна-



чительное из известных захоронений. Большая часть мяса в их гробнице просто высушена и завернута в бинты, но говяжьи ребра обработаны тщательно приготовленным бальзамом очень сложного состава, с маслами, воском и высоким содержанием смолы фисташкового дерева. Этот факт поразил исследователей, потому что в XIV веке до н.э. фисташковую смолу не применяли для бальзамирования мумий, до этого нововведения оставалось еще несколько веков.

В Средиземноморье растут четыре вида фисташки, которые могли бы стать источником смолы: *Pistacia atlantica* (фисташка атлантическая, или атласская), *P. khinjuk* (фисташка хинджук), *P. lentiscus* (мастиковое дерево) и *P. terebinthus* (терпентинное дерево, фисташка терпентинная), однако лишь мастиковое и терпентинное деревья выделяют смолу в достаточном для сбора количестве. Их смолы сходны по составу, и установить, какую именно использовали для приготовления говяжьих ребрышек, исследователи не могут. Сейчас этих деревьев осталось мало, они растут только на острове Хиос. Но и в Древнем Египте фисташковая смола была дорогим импортным продуктом, предметом роскоши, ее использовали как благовоние в храмовых и погребальных церемониях. Очевидно, в мясо ее добавили, чтобы придать продукту особый вкус. В Средиземноморье и Леванте, на родине мастиковых деревьев, их смолу до сих пор используют для ароматизации еды, особенно морепродуктов, мороженого и десертов.

Богатство на тот свет не захватишь. Эту мысль, такую очевидную для нас, древние египтяне сочли бы совершенной чужью. Они брали с собой и драгоценности, и домашнюю утварь, и еду, и даже любимых домашних животных старались обеспечить достойным погребением. Качество предметов и еды, состав бальзама, использованного для мумификации, должны были указывать на богатство и статус покойника. И фараонова теща получила с собой в последний путь такой деликатес, которого не было в даже в царских гробницах.

Литература

S.A.Buckley, R.P.Evershed. Organic chemistry of embalming agents in Pharaonic and Graeco-Roman mummies. «Nature», 2001, 413 (6858), 837—841, doi: 10.1038/35101588

S.A.Buckley, K.A.Clark, R.P.Evershed. Complex organic chemical balms of Pharaonic animal mummies. «Nature», 2004, 431 (7006), 294—299, doi: 10.1038/nature02849

K.A.Clark, S.Ikram, R.P.Evershed. Organic chemistry of balms used in the preparation of pharaonic meat mummies. «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 2013, 110, 20392—20395, doi: 10.1073/pnas.1315160110

P.Degryse, A.J.Shortland. Nourishing archaeology and science «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», 2013, 110, 20352—20353, doi: 10.1073/pnas.1319940110



Биология и ЕГЭ

Е. В. Огонькова

Когда в 2004 году первые эксперты гордо шли через охрану на проверку новой формы экзамена под таинственным названием ЕГЭ, никто и не предполагал, что это наше будущее, и не задавался вопросом, можно ли проверить знания по предмету именно таким способом. Автор была тогда среди начинающих экспертов и по сей день находится в водовороте ЕГЭ-событий.

Не утихают споры об объективности ЕГЭ, о корректности вопросов, о влиянии на образование в целом; в общем, проблема ЕГЭ будоражит умы даже тех

людей, которые далеки от образования и знают об этом чуде лишь из прессы или по рассказам. Значимость проблемы столь велика, что «разобраться с ЕГЭ» пообещал В. В. Путин, коммунисты внесли в Госдуму законопроект о добровольной сдаче ЕГЭ, вовсе упразднить ЕГЭ предлагал кандидат в президенты С. М. Миронов. Абсурдные формулировки и забавные ответы цитируются преподавателями и экспертами. Между тем школьники и преподаватели вынуждены приспосабливаться к такому единому госэкзамену, какой у нас есть.

В статьях и устных дискуссиях высказывается много доводов против ЕГЭ, серьезных, разносторонних и конкретных. Доводы «за» не менее серьезны, но они «потенциальны» — такой способ

экзамена мог бы оказаться полезным, у него могли бы проявиться такие-то и такие-то преимущества. При этом не всегда замечают, что реальности противопоставляются возможности. Не факт, что эти возможности реализуемы в конкретных наших условиях, однако ими оперируют те, кто пытается усовершенствовать ЕГЭ. Может быть, сначала стоило бы разобраться, почему эти возможности — если они и были — не стали реальностью?

Почему не стала объективной и независимой от школьного начальства и учителей оценка знаний, почему не меньше, а больше стала коррупция, почему выросли расходы бюджета, почему не стало легче попасть в столичный вуз

абитуриенту из глубинки (и не вернуться на родину после первой сессии!) и, наконец, почему обучение заменяется натаскиванием. Не будут ли через некоторое время вместо великого «хотели, как лучше, а получилось, как всегда» говорить «а получилось, как с ЕГЭ»?

Но в этой статье мы обсудим только ЕГЭ по биологии — ибо, как сказано выше, школьникам и преподавателям приходится приспосабливаться.

Тренировки

Первый вопрос: как готовиться к ЕГЭ? Можно ли сделать это, пользуясь только тестами, или необходимы еще и другие формы подготовки? Прохождение тестов — полезная часть подготовки к экзамену. В Интернете множество сайтов предлагает свои услуги, иногда даже бесплатно. Портал ege.edu.ru, сайты ФИПИ, МИОО, СтадГрад (fipi.ru, mioo.ru), gr-mioo-otvety.ucoz.ru, statgrad.mioo.ru) — на этих сайтах разработчики выкладывают демонстрационные варианты. Помимо вариантов, которые можно посмотреть и пройти в режиме онлайн, есть видеоразборы тренировочных работ, что тоже может быть полезно. Есть многоцелевой открытый банк заданий (opencollection.ru), он еще формируется, но там уже много вопросов, которые входили в ЕГЭ прошлых лет. По ним можно и нужно почувствовать общий уровень требований, привыкнуть к определенной форме вопроса.

Бумажных тестов тоже хватает (книгоиздатели приспособились к ЕГЭ лучше всех), и они необходимы, так как сдавать придется именно в таком варианте и надо набить руку. Лучше всего брать тесты с грифом ФИПИ, под редакцией Г.С.Калиновой. Например, «Биология. Типовые экзаменационные варианты. 30 вариантов» или «Биология. Практикум ЕГЭ» Г.С.Калинова, Г.А.Воронина. Авторы, по крайней мере, знают требования к вопросам и сами составляют задания ЕГЭ.

Видеоуроки — тоже интересная часть в подготовке к ЕГЭ, например сайт interneturok.ru. В сжатом виде, за 10—15 минут вы получаете яркую и четкую информацию по любой из тем — хорошее дополнение для повторения и закрепления материала. Однако не следует считать, что видеоуроками можно заменить серьезное изучение по традиционным источникам.

Возможна подготовка в виде консультаций. Учащиеся разных школ собираются на базе какого-либо образовательного учреждения, слушают лекции по основным темам ЕГЭ по биологии, решают тесты, разбирают типичные ошибки. Мне довелось два года подряд вести эти консультации на базе нашего физико-математического лицея № 1580



1 Что за корешки?

имени Н.Э.Баумана. Материалы этих консультаций можно найти на сайте лицея (www.nature.1580.ru/ege.html).

Но если делать ставку исключительно на тесты, то высокий балл вряд ли можно получить. Некоторые учащиеся полагаются на интуицию, но она не возникает на пустом месте, изучать биологию все-таки придется. Один год среди побравших экзамен по биологии было 20 человек, получивших ноль баллов, то есть вообще не ответивших правильно ни на один вопрос. И это школьники, которые сознательно выбрали экзамен! То есть многие вообще не были подготовлены и отвечали случайным образом. И вдобавок были очень невезучие!

С другой стороны, с каждым годом хороших работ становится больше, проверять такие работы — удовольствие: видно, что учащийся знает материал и грамотно рассуждает на биологические темы.

Знания, внимательность и здравый смысл

По тестам готовиться надо, чтобы познакомиться с формулировкой вопросов и конструкцией заданий, но без базовых знаний все равно не обойтись. Например, в 2012 году была немного изменена формулировка заданий С1 и С2 — и некоторые растерялись, не смогли понять вопроса.

Возьмем задание части С1: «В плодах ряда растений отсутствуют семена (апельсины, мандарины). Что лежит в основе получения такого сорта и как сохранить этот признак?» Ответ кажется простым: в основе получения сорта лежат наследственная изменчивость и искусственный отбор, а сохранить данный признак можно путем вегетативного размножения. Но учащиеся засомневались, многие отвечали неверно. Или еще одно задание из С1: «Как известно, существуют вирусы, имеющие наследственный аппарат в виде ДНК или РНК. Чем по химическому составу различаются ДНК- и РНК-вирусы?» Ответ очевиден: надо описать различие в строении молекул ДНК и РНК. Но многие цеплялись за слово «вирус», и ответ был неверным.

Зачастую школьники не умеют дочитывать вопросы до конца. И поэтому, натасканные на стандартные формулировки,

они начинают отвечать, не заметив, что их спрашивают о другом. Например, вопрос части С4: «Почему расширение ареала вида считают признаком биологического прогресса? Приведите 3 доказательства». Учащийся видит знакомые слова «биологический прогресс» и начинает приводить составляющие этого понятия: увеличение численности особей, расширение ареала, образование новых подвидов и видов. А вопрос-то совсем о другом. И ответ будет другим: 1) увеличивается разнообразие условий среды, обеспечивающих размножение и развитие особей вида; 2) расширяются возможности питания, улучшения кормовой базы; 3) ослабевает внутривидовая конкуренция. Вот за такой ответ были бы получены максимальные три балла. Или вот задание части В7: «Установите последовательность соподчинения систематических категорий у животных, начиная с наименьшей». До слова «наименьшей» обычно не дочитывают. Ответ начинают с крупной систематической единицы — «тип хордовые», а правильный ответ — вид.

Надо учиться внимательно читать всю формулировку и хоть немного думать, прежде чем начинать отвечать. Но принятая во многих случаях система подготовки, то есть натаскивание на вопросы определенной структуры, отучает думать. Школьник либо думает, что знает ответ, — и тут же дает его, либо не знает — и просто переходит к следующему вопросу.

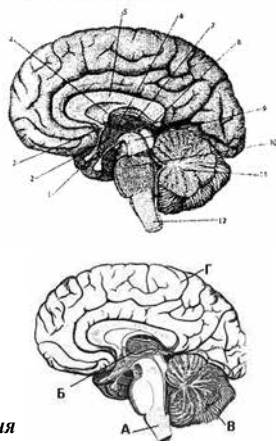
Или вот задание части С2: «Пользуясь рисунком, найдите признаки, доказывающие принадлежность цветкового растения к классу двудольных. Какой тип корневой системы изображен на рисунке? Объясните, почему такой тип корневой системы развился у растения» (рис. 1).

Для ученика главное словосочетание в вопросе — «двудольные растения». И по знакомой схеме начинается ответ: стержневая корневая система, сетчатое жилкование, пять лепестков венчика и так далее. А на рисунке корневая система — мочковатая, придаточные корни активно развиваются от видоизмененного стебля земляники. Так происходит при вегетативном способе размножения. А стержневая корневая система с явным главным корнем (характерный признак двудольных рас-



A18 Средний мозг на рисунке обозначен под цифрой

- 1) 12
- 2) 11
- 3) 10
- 4) 9



2, 3
Мозг вчерашнего и сегодняшнего дня

тений) у земляники развивается только при выращивании из семени.

Со временем вопросы по биологии стали интереснее. Например, в 2006 году вопрос был прямой и конкретный, проверял фактические знания и умение соотносить название отделов головного мозга с плохо читаемой картинкой (рис. 2). Спустя несколько лет вопрос звучал по-другому, и картинка стала удачнее (рис. 3).

Задание A18. Какой буквой на рисунке обозначен отдел головного мозга, в котором расположен центр дыхания?

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

Даже в части А появились достаточно сложные вопросы, требующие более разнообразного выбора. Вот пример.

Задание А36. Верны ли следующие суждения о доказательствах эволюции?

А. У человека на определенном этапе развития формируются хвостовой отдел и жаберные щели, что служит палеонтологическими доказательствами эволюции.

Б. Находки в Центральной Африке примитивных орудий труда и останков скелета человека служат палеонтологическими доказательствами эволюции.

- 1) верно только А;
- 2) верно только Б;
- 3) верны оба суждения;
- 4) оба суждения неверны.

Здесь А — неверно, потому что формирующийся хвостовой отдел и жа-

берные щели — это эмбриологические доказательства. Верный ответ — Б.

Готовиться к ЕГЭ по биологии можно разными способами. Но без повторения ботаники, зоологии и биологии человека невозможно говорить об общих закономерностях и механизмах биологии. Все понемногу забывается, а уж что было год или два назад — если и вспоминается, то с трудом. В биологии очень много терминов, которые еще и дублируются (анаболизм, ассимиляция, пластический обмен), это тоже затрудняет запоминание. Мы со школьниками пытаемся найти ассоциации, облегчающие запоминание, или даже привязать запоминаемый факт к видеоряду. Например, симпатическая вегетативная нервная система возбуждается при сложных и стрессовых ситуациях, отсюда: симпатическая — стресс, парасимпатическая — покой. Всегда путают, откуда начинаются круги кровообращения. Логическая цепочка: сердце расположено слева — большой круг кровообращения начинается с левого желудочка, а малый, соответственно, с правого. Метод известный, и он работает — помогает запомнить.

Даже у профессионалов кое-что забывается, а мы-то говорим только о своем уровне (и о детях). А дети должны усвоить информацию по разным предметам и научиться переносить знания их из одной области в другую. А то пишут бЕология и гИнетика.

Можно ли сдать биологию на 100 баллов?

Есть много печатных изданий, которые приманивают потребителя вывеской «Биология на 100 баллов». Однако сколько бы опытны ни были составители, они, как свойственно людям, обладают не только объективными знаниями, но и субъективным видением вопроса. У другого специалиста, в частности у педагога, оно может оказаться другим. А значит, оно будет другим у его учеников. Кроме того, могут быть погрешности в тестовых заданиях, что приводит к несправедливой оценке учащегося. Например, в части А требуется выбрать один ответ из четырех, но правильными в равной степени могут быть иногда и два ответа.

Догадайся, какой ответ задумал автор! Вот задание А2: «Вывод о родстве растений и животных можно сделать на основании:

1. Хромосомной теории.
2. Закона сцепленного наследования.
3. Теории гена.
4. Клеточной теории».

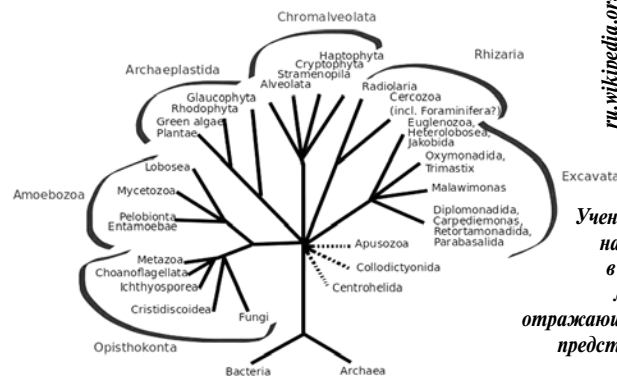
По мнению авторов, правилен ответ 4. Но если учащийся «слишком много знает», то он может выбрать и ответ 1, и ответ 3.

В некоторых случаях материал учебного пособия не соответствует научным современным представлениям. Особенно много сомнительных моментов в вопросах систематики живых организмов и эволюции организмов. Например, в России общеобразовательные программы по биологии традиционно придерживаются пятицарственной системы, которая была изложена в 1986 году в Биологическом энциклопедическом словаре (рис. 4).

1. Вирусы.
2. Бактерии.
3. Растения.
4. Грибы.
5. Животные (подцарства Простейшие и Многоклеточные)

Однако в научных кругах такой системой уже давно никто не пользуется, так как по результатам современных электронно-микроскопических и молекулярно-генетических исследований простейшие были разделены на несколько разных царств. К концу XX века появилось множество самых разных царств, в которых было 20 и более царств и которые окончательно запутали и без того сложную систематику живых организмов, особенно эукариот. А кроме бактерий, существуют археи (в старых учебниках их называли археобактериями) — это тоже одноклеточные организмы, лишенные ядра, но они резко отличаются от бактерий на молекулярно-генетическом уровне.

В результате даже было дискредитировано само название таксона «царство», и теперь ученые часто избегают его применения, пользуясь терминами «группировка» и «группа». Неоднократно предпринимались попытки преодолеть разброд и шатание, однако только в 2005



Ученику, который собирается на биофак, нужно держать в голове обе эти картинки: левую — для ЕГЭ, правую, отражающую современные научные представления, — для серьезных занятий биологией.

году объединенными усилиями 28 специалистов из разных стран была наконец предложена современная мегасистема эукариот, включающая шесть группировок — амебозои, опистхонкты (к ним относятся грибы и животные), ризарии, архепластиды (эта группа включает растения), хромальвеолы, экскаваты (рис. 5).

В вопросах ЕГЭ и учебниках — старая добрая классификация. А хочется познакомиться с новой, современной. Вот и пытаешься объяснить детям, что надо учить для ЕГЭ и что есть в современной науке.

До конца 70-х годов прошлого века считалось, что единственно приемлемый претендент на почетное место в самом основании генеалогического древа гоминид — известный по находкам в Южной Азии и в Европе род рамапитек. В таком качестве он до сих пор иногда фигурирует в отечественной научно-популярной и даже учебной литературе (учебник для 8 класса линии Н.И. Сонина и тесты). Однако за последние два десятилетия в результате появления новых материалов и переоценки старых филогенетическая роль рамапитека подверглась пересмотру. Большинство специалистов теперь считает, что этот род человекообразных обезьян, существовавший в период примерно от 15 до 7 млн. лет назад, не имеет непосредственного отношения к происхождению гоминид. Он стоит скорее у истоков линии, ведущей к орангутану, а не к человеку, или же вообще не связан прямо ни с тем, ни с другим.

Честно сдать ЕГЭ по биологии даже на 90 баллов чрезвычайно сложно. Беда не только в том, что для ЕГЭ надо зазубрить знания, но и в том, что много знать для сдачи ЕГЭ тоже вредно. Главная причина этого — низкое качество формулировок многих вопросов и ответов на них. Особенно бросается в глаза обилие вопросов с неоднозначными ответами в части А. Вот несколько примеров.

Задание А9. Причиной какого вида изменений является случайное сочетание хромосом при оплодотворении:

1. Определенной.
2. Фенотипической.
3. Мутационной.
4. Комбинативной.

Это ошибка в официальных тестах ФИПИ: неправильно сформулирован вопрос. Вопрос должен звучать так: «Причиной какого вида изменений является случайное распределение хромосом по гаметам при мейозе?» или «Причиной какого вида изменений является случайное сочетание гамет при оплодотворении?» При мейозе хромосомы случайно распределяются в ядра гамет (половых клеток), а при оплодотворении случайно сочетаются друг с другом гаметы. Подобные ошибки встречаются и в учебниках, если объединяются совершенно разные понятия и процессы. К счастью, для учащихся на

оба эти вопроса один ответ — 4 (комбинативная изменчивость).

Задание А33. Сходство нервной и мышечной тканей состоит в том, что они обладают свойством:

1. Сократимость.
2. Проводимость.
3. Возбудимость.
4. Раздражимость.

Как выбрать, если возбудимость и раздражимость синонимы? В ключе ответов — 3, а на разборе варианта 2013 года «ЕГЭ портал. Мы знаем о ЕГЭ все» указано 4.

В заданиях части В учащиеся из-за некорректно составленного теста могут потерять сразу 2 балла. Особенно трудно определиться с выбором правильной последовательности протекания биологических событий во времени, если некоторые из них происходят одновременно. То есть опять «угадайка» — надо смоделировать мышление составителя задания.

Например, задание В7: «Установите последовательность событий при приготовлении микропрепарата кожицы лука, рассмотрении его под микроскопом:

1. Пипеткой нанести 1—2 капли воды на предметное стекло.
2. Накрывать покровным стеклом.
3. Настроить свет в микроскопе.
4. При помощи препаровальной иглы снять кусочек кожицы чешуи лука.
5. Положить препарат на предметный столик.
6. Положить кусочек кожицы в каплю воды и расправить кончиком иглы».

Ученику сложно вспомнить, что сначала делать: настроить свет в микроскопе, а потом положить препарат на предметный столик или наоборот, особенно если учесть, что в классах микроскоп — редкий гость, а логика работает не у всех.

Мы помним, что задания части А и В не апеллируются, они проверяются автоматически по заготовленному шаблону. Видимо, составители и организаторы ЕГЭ считают, что там все настолько очевидно, что и обсуждать нечего. Проверяет ведь компьютер, какие же к нему могут быть претензии?

Одиннадцатый класс для школьника — напряженное время, надо готовиться как минимум к четырем экзаменам. Приложить все усилия в конце учебного года можно, но далеко не всегда из этого выходит что-то хорошее. Поэтому к экзаменам по большинству предметов нужно начинать готовиться за год, а к некоторым — за два. Такое равномерное распределение усилий позволит хорошо сдать ЕГЭ.

Под конец добавим еще одно. Создатели ЕГЭ и некоторые учителя утверждают, что ЕГЭ позволяет объективно оценивать знания. Действительно, если готовиться серьезно к экзамену и выучить весь материал, сдача должна быть успешной.



Работа с заданиями стандартизированной формы и необходимость заполнения стандартного бланка делают ЕГЭ, казалось бы, более простым экзаменом, но даже после многократного заполнения бланков школьники умудряются сделать все не так. Получается, что ЕГЭ отчасти проверяет не знания, а офисно-канцелярскую машинообразную аккуратность. Может быть, это и правильно, но тогда нужно учить этому начиная с начальной школы, а не в последний год и не на бланках ЕГЭ.

Что можно изменить?

Можно попытаться улучшить ЕГЭ следующим образом.

1. Сделать открытый банк из тысяч заданий, тщательно выверить их. Даже при утечке зазубрить такое количество нельзя, а использовать их можно в разных комбинациях. По этому пути уже идут, это вынужденная мера вследствие событий последнего года.

Проблема: это опять попытка формализации, да и «разными» задания будут делаться условно.

2. Проверять задания при помощи общественного совета, включив в его состав ученых-биологов разных специальностей, работающих в разных учреждениях.

Проблема: не построят ли эти ученые пищевую пирамиду, не сожрут ли друг друга? И не попытка ли это сделать из биологии единственно правильное вероучение?

3. Обоснованные апелляции на содержание вопросов и предлагаемых ответов принимать во внимание. Если вопрос сформулирован некорректно, его можно исключить из подсчета баллов; если выясняется, что в нем два правильных ответа — оба нужно учитывать как правильные.

Проблема: попробуйте представить себе, сколько проверяющих и какой квалификации потребуется, во сколько это обойдется и на какое время затянется обработка результатов.

Так что не только у школьников и педагогов есть проблема — подготовка к ЕГЭ, проблемы есть и у идеологов и составителей. Видят ли они их?

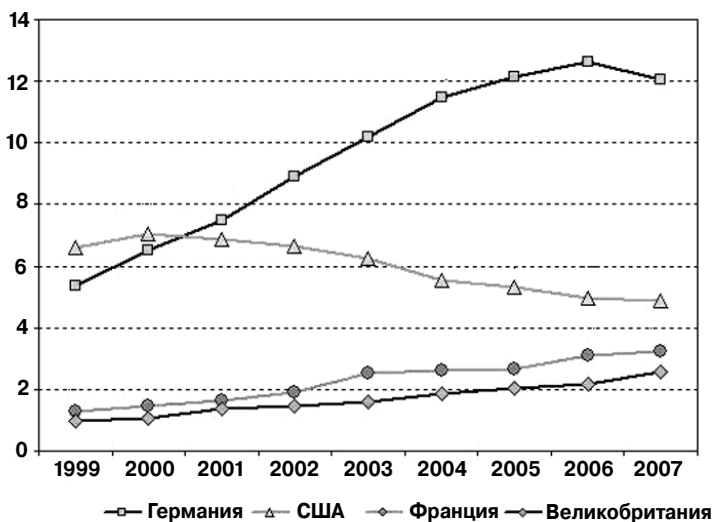


Студент восходит на борт...

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Истина не новая, хотя для многих еще непривычная: а учиться-то можно не только на родине. И вот школьник или студент задумывается, не лучше ли там, где его нет. Дешевле, теплее, веселее, без экзаменов, подальше от родителей... Впрочем, за школьника родители и решают, и они уж наверняка примут во внимание будущее трудоустройство, а то и само образование. Вариантов множество, аргументов за и против еще больше, раскладывать их так и эдак можно бесконечно. Но про результат наука кое-что знает. В этой заметке использованы данные из статей кандидата экономических наук Л.И.Леденевой («Демоскоп Weekly» 2009, № 387), кандидата исторических наук А.Л.Арефьева («Демоскоп Weekly» 2010, № 441), а также публикации на основе «сведений Федеральной службы государственной статистики, Министерства образования и науки Российской Федерации, Федерального казначейства; базы данных Организации экономического сотрудничества и развития (по состоянию на конец 2012 года), а также собственных методологических и аналитических разработок Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ» с сайта Высшей школы экономики (<http://www.hse.ru/primarydata/>, в тексте эти данные помечены «hse»).

Рынок международного образования таков: включая языковые курсы для иностранных граждан, среднее и высшее образование, дополнительное профессиональное образование и т. д., он уже превышает 100 млрд. долларов, то есть ВВП России за три недели. А общее число людей, ежегодно выезжающих с различными образовательными целями за рубеж, достигает 5 млн. Наибольший объем образовательных услуг иностранцам оказывает высшая школа — ее международные услуги ежегодно приносят более 60 млрд. долларов. В абсолютных величинах самые большие доходы от обучения иностранных студентов получают США — 18 млрд. долларов, Австралия — 15 млрд. и Великобритания — 10 млрд. Страны, принимающие более 70% студентов-мигрантов: США — 20%, Великобритания — 13%, Франция — 8%, Германия — 8%, Австралия — 7%, Китай — 7%, Канада — 5%, Япония —



Российские студенты, обучающиеся за рубежом, тысяч человек

4%. Доля России в качестве страны-реципиента — около 2%, по сравнению с советским периодом она снизилась в три раза.

В России число иностранных студентов, стажеров, аспирантов, слушателей подготовительных отделений сегодня достигло 160 тысяч (hse), половина из них обучается в Москве и Санкт-Петербурге. Накануне распада СССР в вузах России учились представители почти 150 стран мира — можно сказать, почти всех стран. Примерно 75% студентов были из стран Азии, Африки и Латинской Америки (преимущественно союзников СССР) и 20% — из стран социалгера, из прочих стран — несколько процентов. По количеству дипломов, полученных с 1950 по 1985 год, лидировали Вьетнам и ГДР (по 18 тысяч), Болгария и Монголия (по 17 тысяч), Куба (16 тысяч). К 1989—1990 годам голова списка изменилась не слишком существенно — в первой пятерке Афганистан сменил ГДР. А по данным 2009—2010 годов преобладают студенты из стран Азии, бывших советских республик, Ближнего Востока и Северной Африки. По странам: Китай (16 тысяч), Казахстан (14 тысяч), Индия (6 тысяч), Украина и Вьетнам (4,5 тысяч). Приехавшие изучают гуманитарные и социальные науки (21%), медицину (19%), экономику (17%), инженерные дисциплины (15%). Для сравнения: в американских университетах востребованы у иностранцев бизнес (20%), инженерные дисциплины (17%), естественные науки (9%), общественные науки (9%). Правда, сравнивать сложно, потому что классификации разные. Российское образование существует и по ту сторону границы. Его потребители — это Казахстан (20 тысяч), Киргизия (15 тысяч) и Украина (9 тысяч), в странах дальнего зарубежья — Китай (1,5 тысяч) и Монголия (1 тысяча).

Посмотрим на экономическую эффективность обучения иностранцев в нашей стране. Три четверти учатся на контрактной основе, и вузы получают за это 250 млн. долларов в год, кроме того, гости потратили в России на свое питание, проживание, досуг, транспорт около 470 млн. долларов. Ну и заочники приносят около 70 млн. Причем предоставление заочных образовательных услуг иностранцам для российских вузов рентабельнее очной формы — материальные издержки при очной форме намного выше. Для остального общества все наоборот: очный студент выгоднее. Правда, есть еще отдельные случаи ксенофобии — кого-то где-то пырнули ножом, кого-то просто побили, — случаев вроде немного, но, чтобы попортить имидж и помешать бизнесу, много и не надо.

Все же Россия зарабатывает на экспорте образовательных услуг, включая не только студентов, но и школьников, причем как плату за само обучение, так и траты, связанные с проживанием, около 1 млрд. долларов в год, — 1% от мирового рынка образовательных услуг. Огорчительно мало.

Учитывая, что основной доход иностранные студенты приносят России в качестве платы за свое проживание, питание, досуг, транспорт и иные бытовые услуги, государству имеет смысл финансировать вузы, приглашающие иностранных учащихся для обучения даже на бесплатной основе (по межвузовским договорам обмена и т. д.). И может быть, имеет смысл не резать корову (классическое российское образование, естественно-научное и инженерное), а доить ее — пока еще есть потребитель на молоко.

А как обстоят дела с российскими студентами за рубежом? Статистики на этот счет маловато, как считают исследователи, но кое-что известно.

За рубежом учится около 50 тысяч студентов. В целом средний уровень представительства российских граждан в зарубежном студенчестве составляет, как и студентов-американцев, около 1,5%. (А ведущие позиции по этому показателю занимает, конечно, КНР — около 15%, Индия — около 5%, Южная Корея — около 3%, далее идут Германия, Япония, Франция и Канада.)

Количество студентов-россиян за рубежом понемногу возрастает. Лидером в 90-е были США, которые принимали около 40% российских студентов-мигрантов. Количество россиян, обучающихся в американских университетах, с 1992 по 2000 год выросло более чем в десять раз, прошло через максимум примерно в 7 тысяч человек, снизилось до 5 тысяч в 2007 году и стабилизировалось. Причины — антиамериканская риторика властей и прессы и естественная конкуренция между странами-реципиентами за приток иностранных студентов. Еще в 2000 году Германия по ввозу студентов из России обогнала США и принимает уже около 14 тысяч студентов из России, в США и Великобритании учится примерно по 5 тысяч, во Франции — около 4 тысяч (hse).

В целом масштабы обучения россиян незначительны относительно объемов обучения иностранцев в целом в соответствующих странах. В США это около 1% от общего числа обучавшихся там студентов-иностранцев, а преобладают китайцы — 16%, граждане Индии — 14%, Южной Кореи — 10%, Японии — 7%, а также соседи из Канады — 5%. Отсюда старый анекдот: «Американский университет — это место, где российский профессор обучает китайского студента».



Казенные дети



Л. Стрельникова

НАУКА И ОБЩЕСТВО

О чем мы только не говорим за новогодним столом в кругу друзей, какие только неожиданные темы не попадают. Вот и на этот раз речь вдруг зашла об усыновлении детишек из детских домов. Кто-то рассказал о неудачном опыте друзей, которые удочерили девочку из детдома (трудная девочка, нет с ней сладу), кто-то тут же припомнил другие печальные истории, а кто-то заметил, что Россия — единственная страна в мире, где есть детские дома. Все заволновались, завозмущались и единодушно признали, что это стыд и позор. Возражать аргументированно я не могла, поскольку мало что знала об этом. Понятно, что сиротство — явление глобальное, поэтому детские дома (приюты, интернаты и проч.) должны быть и в других странах... Во всяком случае — были, достаточно вспомнить Диккенса. Однако тему уже исчерпали, нить разговора потянулась в другую сторону, а я решила после праздников разобраться в этом вопросе, поискать аргументы.

Разобраться мне помогли две книги и статья. Первую, «Россия и ее дети (ребенок, закон, государство)», написала доктор юридических наук А.М.Нечаева (1996). Вторую, «Семейное устройство детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей: российский и зарубежный опыт», — доктор педагогических наук Г.И.Гайсина из Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумлы при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (2013). А статья научного сотрудника Института русской литературы РАН, кандидата филологических наук А.Веселовой «Воспитательный дом в России и концепция воспитания Бецкого» была опубликована в журнале «Отечественные записки» (2004, № 3). Я нашла ответы на многие (однако не на все) свои вопросы и охотно поделюсь ими с читателями «Химии и жизни» в беглом обзоре, не претендующем на полноту.

Призри сироту

В большинстве своем мы, поколение людей читающих, знаем о детских домах понаслышке и из литературы. «Ночевала тучка золотая» А.Приставкина, «Республика ШКИД» Г.Белых и Л.Пантелеева, «Педагогическая поэма» А.Макаренки, «Никто» А.Лиханова, «Кража» В.Астафьева — эти и другие е повести и автобиографические произведения прочно связали в нашем сознании детские дома и советскую эпоху. Как будто последняя породила первые (а это не так). Путаницы добавляет Википедия, которая ведет отсчет с 20-х годов XIX века, когда в США появились первые детские приюты. На самом деле их история началась значительно раньше.

В России в допетровские времена о сиротах заботилась церковь, наставляя паству: «Не постись, не молись, а призри сироту». «Призри» (от глагола «зреть») значит «присмотри, дай приют». Великие князья тоже не оставались в стороне. Владимир Мономах считал призрение бедных и страждущих, особенно детей-сирот, одной из главнейших своих обязанностей и призывал: «Всего же паче убогих не забывайте, но елико могуще, по силе кормите, снабдите сироту». Усыновление и опека в те времена на Руси были обычным делом.

Петр I сделал опеку (как форму устройства ребенка в семью) делом государственным. Теперь магистратам (городской администрации), а не церкви надлежало смотреть, чтобы сироты не оставались без опекунов; их назначали магистраты, которые потом и присматривали за опекунами. Так власть взяла опекунство под контроль.

Еще одно нововведение Петра I — специальные «гошпитали для зазорных младенцев, которых жены и девки рожают беззаконно и стыда ради отмечают в разные места, от чего иные младенцы безгодно помирают, а иные от тех же, кои рожают, умерщвляются». Теперь (с 1715 года) матери незаконнорожденных детей могли приносить своих младенцев в эти гошпитали, которые обычно устраивали возле церкви, тайно просовывая их в специальное окошко, в котором не было видно лица матери, и убираться восвояси. Гошпитали, которые, впрочем, были рассчитаны на небольшую часть брошенных детей, существовали на средства из городской казны, пожертвования частных лиц и церкви.

Вообще, Петр I не пренебрегал помощью церкви и монастырей. Безродных, бездомных, брошенных и осиротевших детей устраивали в богадельни, где они жили вместе со взрослыми. В Москве для воспитания детей-сирот был назначен Новодевичий монастырь.

Казенный дом

Первый государственный воспитательный дом был открыт в Париже в 1640 году стараниями знаменитого священника Винсента де Поля. Он убедил короля Людовика XIII, что необходимо помогать несчастным детям, и дело было сделано. Первое и крупнейшее в Европе государственное воспитательное учреждение для подкидышей, незаконнорожденных детей и сирот существовало на доходы от королевских ферм и казенных имений.

В России эта история начинается во времена Екатерины II. Именно она создала то, что сегодня называют детскими домами для брошенных и осиротевших детей, дабы искоренить злодейства и нищенство и воспитывать детей с выгодой и пользой для общества. О каких злодействах идет речь? «В царствование Екатерины II, особенно в Москве и Петербурге, беспрестанно попадались мертвые дети на огородах, в лесах, в реках, в прудах, болотах...» («Краткий исторический очерк Императорского Московского воспитательного дома», 1878). Считают, что это было результатом тогдашнего общего падения нравов, не первого и не последнего. С этим надо было что-то делать. И 1 сентября 1763 года Екатерина II выпустила манифест «Об учреждении в Москве Воспитательного дома с особым гошпиталем для неимущих родильниц». А спустя шесть лет было принято решение учредить такой же Воспитательный дом в Санкт-Петербурге.

Манифест был подготовлен по проекту тайного советника Ивана Ивановича Бецкого (1704—1795). Он рассматривал Воспитательный дом в Москве как первое государственное учреждение в будущей сети институтов, которые будут заниматься воспитанием и образованием сирот, незаконно-

рожденных и брошенных детей, а также детей тех родителей, которые по бедности или по болезни не могут содержать и воспитывать своих отпрысков.

Сам И.И.Бецкой был незаконным сыном князя И.Ю.Трубецкого. Он получил прекрасное европейское образование, дополнив тем самым свою врожденную незаурядность. После воцарения Екатерины II он стал ее личным секретарем, ближайшим соратником и советчиком, умеющим внушать властительнице идеи, которые она в конце концов принимала за свои.

Впрочем, почва для восприятия такого рода идей и властителями, и обществом была подготовлена самой эпохой Просвещения, на которую выпало царствование Екатерины II. Мысли о том, что государство справится с воспитанием своих будущих граждан лучше, чем их родители, все чаще мелькала в разного рода литературе и социально-политических трактатах. Поэтому учреждение государственных интернатов, бравших на себя обязанности родителей, казалось прогрессивным. Екатерина II, безусловно, была в курсе модных течений, и после издания манифеста государственная машина закрутилась на всех оборотах.

Воспитательному дому, прозванному в народе «Домом для подкидышей», а позднее — «Домом ангелов», был отведен обширный Васильевский луг, который ограничивали река Яуза, Китайгородская стена и улица Солянка с севера. Место гиблое, низменное — при разливе Яузы и Москвы-реки его затапливало. Тем не менее уже 21 апреля 1764 года, в день рождения императрицы, состоялась торжественная закладка центрального здания и открытие Императорского воспитательного дома. По этому случаю была отчеканена медаль. На одной стороне — портрет Екатерины II, на другой — надпись «И вы живы будете» с фигурами Веры и Человеколюбия, поднимающих ребенка. М.В.Ломоносов написал оду. И тогда же Воспитательный дом, размещившийся в постройках, которые уже находились на этой территории, принял первых 19 несчастнорожденных (так их тогда называли) неизвестных младенцев.

Для возведения нового государственного учреждения требовались очень большие деньги. Ведь речь шла не об одном скромном доме, а о комплексе зданий, который напоминал собой маленький городок или кампус. Его предстояло построить «общим подаянием», поэтому объявили сбор пожертвований, воззвания об этом зачитывали во всех церквях. Сама Екатерина II в разное время пожертвовала на строительство один миллион рублей. Кто-то дарил Воспитательному дому целые имения или дома, кто-то — ценные вещи, мебель, строительные материалы.

В состав попечительского совета московского Дома во главе с И.И.Бецким вошли не только екатерининские вельможи Г.Г.Орлов, Д.А.Голицын, Н.И.Панин, но и деятели культуры того времени — поэт А.П.Сумароков и зодчий А.Ф.Кокоринов. Бецкой пригласил в число почетных благодетелей также Г.А.Потемкина, З.Г.Чернышева, П.А.Румянцева, однако те отделались символическими взносами, а из богатых иностранцев откликнулся лишь французский философ Дени Дидро, друг Екатерины II. Денег на строительство в полном объеме не хватало, поэтому проектный замысел так и не был воплощен полностью.

Екатерина II считала, что имена благодетелей и жертвователей должны сохраниться в памяти потомков. Так в Воспитательном доме возникли музей и картинная галерея, где были выставлены портреты попечителей и опекунов, написанные по заказу известными русскими портретистами И.П.Аргуновым, Д.Г.Левицким, Ф.С.Рокотовым. Сегодня эти портреты хранятся в Третьяковской галерее и Русском музее.

Воспитательные дома в Москве и Санкт-Петербурге существовали на жертвования. Помощь государства выражалась в различных льготах, выданных этим учреждениям, — освобождение от уплаты пошлин при заключении контрактов, покупки и продажи земли и строений. Дому

разрешалось иметь фабрики и заводы, устраивать лотереи и получать четверть от доходов театров, общественных балов и игорных предприятий. В его пользу шли штрафы, которые императрица накладывала на своих сановников, ежегодные доходы от первого в России ломбарда. В пользу Дома также поступал налог на клеймение карт (пять копеек с колоды российского производства, десять — с заграничных). Деньги это приносило немалые — 21 тысячу рублей в 1796 году и 140 тысяч в 1803-м. А в последние сто лет его существования (1819—1917) у Воспитательного дома вообще была монополия на производство игральных карт: их изготавливали только на одной Александровской мануфактуре в Петербурге, которая принадлежала Дому. По правилам того времени на каждую игру полагалось вскрывать новую колоду. Тем самым азартные игроки вносили свою лепту в содержание сирот.

Третий чин людей

К открытию Дома в Москве Бецкой разработал множество разных документов, которые регламентировали его работу, — уставы, планы, рекомендации. Они касались не только Воспитательного дома. На счету Бецкого — создание Смольного института благородных девиц, мещанских училищ при Шляхетном корпусе и при Академии художеств. Ему хотелось создать образованное третье сословие в России, «третий чин людей» (первое, как мы помним, духовенство, второе — дворянство). Он видел, как на Западе крепло и набирало силу это сословие, приобретая все большее значение во всех сферах жизни общества: в отличие от первых двух третье платило налоги в государственную казну. В России в то время только начало формироваться купечество как сословие, в которое потянулись крестьяне и ремесленники, а позднее — дворяне. Это нарождающееся третье сословие к XX веку сформирует российскую буржуазию. Но это будет еще не скоро. Пока что Воспитательный дом должен был «произвести людей, способных служить отечеству делами рук своих в различных искусствах и ремеслах» и тем самым расширить ряды третьего сословия.

Главным в этом благом деле Бецкой считал не столько образование, сколько воспитание, в котором он видел корень добра и зла. «Украшенный или просвещенный науками разум не делает еще доброго и прямого гражданина, но во многих случаях паче во вред бывает, если кто от самых нежных юности своей лет воспитан не в добродетелях». Поэтому задача Воспитательного дома — «утверждать сердца юношей в похвальных склонностях, возбуждать в них охоту к трудолюбию, и чтобы страшились праздности; научить их пристойному поведению, учтивости, соболезнованию о бедных, несчастливых; обучать их домостроительству... вкоренять в них склонность к опрятности и чистоте».

Но как добиться этого на практике? Бецкой считал, что будущее третье сословие надо воспитывать вплоть до 18—20 лет в закрытых учреждениях, которые будут служить непреодолимой преградой между юным и старшим поколением, погрязшим в пороках и грехах. Тогда это «зверообразное и неистовое в словах и поступках» поколение не сможет подавать дурные примеры и влиять на юные души.

Педагогические воззрения и воспитательные стратегии Бецкого, во многом почерпнутые на Западе, были теоретически разумными, но сверхрациональными. Тем не менее многие из них актуальны и сегодня. Собственно, педагогика как таковая и формировалась в XVIII веке. Бецкой полагал, что основными воспитательными инструментами должны стать не телесные наказания (он отрицал их полностью), а «желание чести» и «стыд», «выговор и осуждение», вместо нравов учений — воспитание в игре. Поскольку ребенок склонен к подражанию, то воспитывать его надо положительным примером, удаляя «от слуха и зрения все то, что хотя тень порока имеет». Бецкой рекомендовал днем запирали спаль-

ни, чтобы дети не валялись на кроватях, предаваясь лени и праздности, потому что «леность, уныние и грусть — предшественники дурных нравов».

Вообще, ключевым в педагогической концепции Бецкого был труд: «праздность — мать всех пороков, а трудолюбие — отец всех добродетелей». Воспитательный дом должен был подготавливать своих воспитанников к будущей безбедной жизни, то есть дать им надежную профессию. Эти взгляды Екатерина II разделяла полностью и сама рекомендовала Воспитательным домам принимать на воспитательные должности людей, «проводящих жизнь во всех обстоятельствах соответственную тому положению, к каковому предопределяются воспитанники, дабы они из примера их приуготовили себя не к роскоши, а к рукоделию и трудам...». «Воспитанникам нужно бы иметь надзирателей и надзирательниц и других, при них находящихся, людей ремесленных, как то: портных, швей разных, то есть золотом, шелком, чулочниц и прочих тому подобных, чтобы дети с самого младенчества, не приступая еще к рукоделиям, видя своих приставников, обращающихся всегда в оных, почитали их необходимыми».

Вот почему в комплексе Воспитательного дома в Москве, помимо административного здания, жилых и учебных помещений, детской больницы и родильного дома, было еще множество различных ремесленных мастерских.

Что же касается образовательной программы, то она была дополнительным, а не основным блюдом, «сверх разных ремесел и рукоделий, которые надлежит почитать за основание». В нее входили арифметика, география, рисование, домоводство, Закон Божий и иностранный язык.

Бецкой считал, что третье сословие должно быть сформировано свободными людьми, живущими своим трудом, в том числе интеллектуальным. В этом он видел залог успешного развития государства и поэтому настаивал на том, чтобы все выпускники Воспитательного дома оставались вольными: «Все, воспитанные в сем Доме обоего пола, и дети их, и потомки их в вечные роды останутся вольными и никому из партикулярных людей ни под каким видом закабалены или укреплены быть не могут...» Выпускникам было запрещено вступать в брак с крепостными. Но если такое случалось по разрешению помещика или обманом, то крепостной в супружеской паре должен был получить вольную.

Прощание с иллюзией

Впрочем, и во всем государстве в те времена детская смертность была крайне высока. Но в Воспитательном доме ситуация усугублялась. Многие младенцы поступали уже больными от рождения или инфицированными. А инфекция быстро распространялась через кормилиц, которые обслуживали не одного ребенка. Да и сами кормилицы часто передавали свою инфекцию детям. Исследователи пишут о том, что чаще всего это был сифилис. А порой и младенцы заражались сифилисом кормилиц. Поэтому довольно скоро было принято решение отдавать детей на вскармливание (сначала до года, потом до 5—7 лет) в крестьянские семьи, затем, подросших и окрепших, забирать на воспитание. Многие детки так в семьях и оставались, а многие семьи рассматривали это как промысел (государство платило за это небольшие деньги) со всеми вытекающими последствиями. Так что об изолированности уже речь не шла.

Вторая проблема — огромный наплыв детей. Несчастных младенцев оказалось значительно больше, чем могли вместить Воспитательные дома. Поэтому количество принимаемых детей в Воспитательный дом пришлось ограничить пятьюстами человек. По этой же причине позднее императрица Мария Федоровна, жена Павла I, взявшая на себя патронаж системы призрения в России, ввела обязательную плату при сдаче младенца в размере десяти рублей.



И конечно же — злоупотребления, куда без них в России. Детей принуждали много работать в ремесленных мастерских, а платили мало. Но это полбеды. Одним из громких скандалов стало дело некоего надзирателя Книпера из петербургского Воспитательного дома. Вот что об этом пишут в «Материалах для истории Императорского С.-Петербургского воспитательного дома (1878): «Книпер не уплачивал положенного жалования питомцам, до крайности плохо кормил и до того плохо отапливал здание, что питомцам приходилось выносить страшную стужу, и даже, как об этом упоминалось в документах, Книпер торговал питомцами и приучал их к развратной жизни». Понятно, что Воспитательный дом расторгнул с ним контракт, хотя надо было бы отдать под суд.

Неудивительно, что общественное мнение постепенно настраивалось против Воспитательных домов, которые, «прикрывая следствия порока, потворствуют безнравственности», поэтому учреждать их не следует. Тем не менее воспитательные дома и приюты закрытого типа появлялись в разных городах России. К 1913 году их насчитывалось более 900. Подавляющая часть воспитанников (80%) были сиротами и полусиротами, остальные формально имели родителей, у которых, впрочем, не было средств к существованию. Государство обеспечивало лишь 5% бюджета этих учреждений, еще 25% выделяли земства, остальные 70% формировались из благотворительных взносов частных лиц и организаций.

Долгая история воспитательных домов в России, переживших взлеты и падения, многократно менявших курс в поисках эффективных стратегий, убеждала лишь в одном: самый лучший воспитательный дом — это семья (родная, приемная, патронатная, искусственная и т. д.). Уже в начале XX века (1910 год) в Москве появились особые приюты — искусственные семьи, которые состояли из матери и троих детей до десяти лет. Городское управление выделяло деньги на каждого ребенка и было довольно результативными: дети учились в ближайшей городской школе, были ухоженны и здоровы, помогали по хозяйству.

Вообще, в России было принято призывать сирот. Состоятельные люди почитали делом чести и гражданским долгом брать на воспитание детей бедных родственников. Кроме опеки и усыновления с XIX века в России начали практиковать патронат — разновидность опеки, но за деньги. Семье, принявшей на патронат ребенка, выплачивали пособие: на маленького ребенка — побольше, на подросткового, способного помогать по хозяйству, — поменьше. И так до 14 лет.

История по второму кругу

1917 год поставил крест на благотворительности как на социальной пережитке и благотворителях как классе. Народно-советское государство решило полностью взять на себя заботу об обездоленных. История начала повторяться и пошла по новому кругу. Поле для этой деятельности было гигантским. Голод в Поволжье в 1921 году лишил родителей 8 миллионов детей — плюс к огромной армии беспризорных,



1 — Центральный ФО, 2 — Приволжский ФО, 3 — Северо-Западный ФО, 4 — Дальневосточный ФО, 5 — Южный ФО, 6 — Северо-Кавказский ФО, 7 — Уральский ФО, 8 — Сибирский ФО

1
На диаграмме представлено размещение детей-сирот (в учреждениях, в приемной семье, под опекой, на усыновлении) в разных округах РФ в 2012 году (Г.И.Гайсина, «Семейное устройство детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей: российский и зарубежный опыт», 2013)



2
Лучший способ устройства детей, оставшихся без попечения родителей, — это передача их в замещающую семью. Вот так выглядело распределение детей в 2012 году (Г.И.Гайсина, «Семейное устройство детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей: российский и зарубежный опыт», 2013)

которая уже существовала. В разных городах спешно открывали детские дома, куда привозили детишек из голодных краев. В 1922 году в детских домах содержалось более 540 тысяч детей, но это не решало проблему.

Наркомат народного просвещения искал новые формы устройства детей. Тогда-то и появились детские коммуны, трудовые колонии, трудовые коммуны, городские клубные комнаты, детские общежития, ночлежки для беспризорных, специальные площадки на заводах и фабриках. Идея Бецкого о воспитании трудом вновь стала актуальной. Попытались было устраивать детей в приемные семьи и предоставлять им льготы, но бюрократизация загубила это благое начинание.

Следующий всплеск сиротства пришелся на годы Великой Отечественной войны. Без родителей и без крова остались сотни тысяч детей, часть из которых взяли приемные семьи и опекуны. А в 1950 году, как пишет Г.И.Гайсина, в стране работало уже 6500 детских домов, в которых воспитывалось 635 900 детей.

Не прошло и пятидесяти лет — и опять беспризорники, уже 1990-х, порождение межнациональных конфликтов, социальной нестабильности, снижения уровня жизни, разрушения государственной инфраструктуры, занимающейся социализацией и воспитанием детей. И.Гайсина в своей книге ссылается на «некоторые данные, согласно которым к концу 2000 года в России насчитывалось свыше двух миллионов сирот».

Многие годы советские детские дома были едва ли не единственной формой призрения детей-сирот и брошенных детей. Но их история, описав очередной круг, в очередной раз преподала урок: лучший детский дом для ребенка — это семья, воспитываться он должен в семейном кругу. Ничего лучше за двести с лишним лет так и не придумали.

Нынешняя ситуация в России говорит о том, что этот исторический урок в нашей стране воспринят. Из статьи 123 Семейного кодекса Российской Федерации следует, что приоритетная форма устройства детей, оставшихся без попечения родителей, — это устройство их в семью (усыновление, опекунов, патронат). И действительно, к концу 2012 года в России проживало 24 934 822 ребенка, из которых 615 687 — это сироты и дети, оставшиеся без попечения родителей. Лишь 18,9% обездоленных ребят находились в специальных детских учреждениях, остальные попали в семьи: на усыновление (19,3%), под опеку (46%), в приемную семью (15,8%) (см. рис. 1 и рис. 2).

В 2012 году граждане России усыновили 2 721 ребенка, больше всего — в Московской области, Якутии, Башкортостане, Краснодарском крае, Ростовской и Нижегородской областях, Пермском крае, Дагестане, Москве и в Самарской области. Именно по этому пути в XX веке пошли развитые западные страны, которым повезло больше: их миновали революции, гражданские войны и огромные потери во Второй мировой войне. Понятно, что на этом поприще они добились больших успехов, поскольку занимались этим долго и последовательно.

Назад — в семью

В США, как и в России, история призрения сирот и брошенных детей начиналась с воспитательных домов. Первый открылся в Новом Орлеане в 1829 году. А после голода 1850 года и Гражданской войны 1861—1865 годов детские дома начали расти как грибы после дождя — детям спасали жизнь. Но уже в пятидесятых годах XIX века воспитательные дома (Нью-Йоркское детское убежище, Приют для детей в штате Массачусетс, Римско-католический приют Ордена Святого Винсента-Поля в Нью-Йорке) взяли за правило передавать своих питомцев в городские и фермерские семьи, где дети оставались до совершеннолетия. Приют, конечно, хорошо, но семья несоизмеримо лучше.

К началу XX века система передачи детей на воспитание в приемные семьи в целом сложилась. Бесплатно ребятшек брали бездетные семьи, чтобы в дальнейшем усыновить питомца. Для остальных воспитание чужого ребенка было дополнительным заработком.

Приемные семьи сперва детально и обстоятельно исследовали, а после того, как ребенок попадал в такую семью, за его воспитанием следили работники социальных служб, помогая родителям словом и делом. Эта практика сохранена и сегодня.

Основной причиной социального сиротства детей в США в XX веке было семейное неблагополучие, усугубляющееся алкоголизмом, наркоманией и безработицей родителей. При живых родителях детей передавали в приемные семьи. Интересно, что кровные родители должны были платить приемной семье за воспитание их детей в соответствии с федеральными нормами.



Такая форма работы к концу XX века практически вытеснила детские дома как таковые, где содержат и воспитывают детей от рождения и до совершеннолетия. Немногочисленные детские учреждения в США сегодня — это приюты, организованные в самых разных формах: семейные детские дома, патронирование на дому, лечебные центры с круглосуточным пребыванием, кризисные центры, профилактории и др. Они предназначены для детей с явными поведенческими и эмоциональными проблемами, но в них предусмотрено лишь временное нахождение ребенка, пока он не будет устроен в приемную семью. Причем происходит это очень быстро.

Сегодня изъятие ребенка из семьи в США признано крайней мерой. Американские специалисты уверены в абсолютной ценности семейных связей и в том, что их нужно сохранять всеми силами. По Закону о содействии в усыновлении и социальном обеспечении детей (1980) ребенка помещают в специальное детское учреждение и усыновляют лишь после того, как было сделано все возможное, чтобы предотвратить распад семьи.

И тем не менее ежегодно около 300 000 детей в США изымают из семей, признав их жертвами плохого обращения (случаи выявляют по обращениям в службы защиты детей), и передают в систему замещающей опеки (foster care), обеспечивающую безопасную среду. После этого ребенку предстоит провести какое-то время в социальных приютах, приемных и патронатных семьях, семейных воспитательных группах. Интересно, что лишь 10% американских детей остаются в приемных семьях до совершеннолетия. Около половины возвращаются в свой родной дом в течение года. За год из фостера усыновляют примерно 50 000 детей, в половине случаев усыновителями становятся сами фостерные родители.

В целом можно сказать, что отказ от воспитания детей-сирот в специальных учреждениях стал главным вектором в социальной политике США. Детские дома и приюты практически прекратили свое существование. В оставшихся учреждениях проживают дети, которые по медицинским показаниям не могут удержаться в замещающей семье. Подавляющее большинство детей-сирот воспитывается в приемных семьях того или иного типа. Социальные службы стараются, чтобы ребенок жил в новой семье неподалеку от дома и мог видеться с родителями, а подбирают фостерные семьи с теми же этническими и религиозными корнями.

К 2020 году в США планируют сократить вдвое число детей, воспитывающихся в приемных семьях. Сэкономленные средства будут направлены на укрепление семьи — наилучшего жизненного варианта для ребенка.

Сходная ситуация во Франции. И законодательство, и специалисты выступают за максимально долгое пребывание ребенка в кровной семье. Даже когда в родном доме возникает опасность, угрожающая ребенку, и его временно помещают в приемную семью, связь детеныша с кровными родственниками — встречи, переписка и т. д. — обязательна. Тем самым родные мать и отец до последнего момента не отстраняются от выполнения родительских обязанностей.

Детские дома в сегодняшней Франции тоже есть, но организованы они по семейному типу. Это многоквартирные дома, где в каждой квартире вместе с воспитателем проживает небольшая группа детей — инвалиды и детишки с отклонениями в поведении, для которых трудно подобрать приемную семью, а также временно изъятые из семьи дети, пока их родители проходят социальную реабилитацию. Малышей до трех лет передают в приемные семьи сразу. Приемных семей во Франции 47 000, и труд приемных родителей оплачивается. Воспитание троих приемных приравнивается к труду социального работника на полной ставке. И государственные, и негосударственные детские дома, учрежденные общественными организациями, финансируются из государственного бюджета.

Англия прошла тот же путь — от воспитательных домов к фостерным семьям. В викторианскую эпоху XIX века десят-

ки тысяч детей в Англии жили в остройшей нужде и нищете. Чтобы спасти их от гибели и дать им кров, было построено множество детских домов. Иные вмещали свыше двух тысяч детей, поэтому режим и нравы там были очень суровыми, чтобы удерживать дисциплину.

Но уже к XX веку в Англии вполне сформировалась система фостерного воспитания, которая работает и поныне: 80% детей, нуждающихся в устройстве, воспитываются в фостерных семьях. Считается, что этот вариант наиболее эффективен и в полной мере отвечает интересам ребенка. Соответствующие детские учреждения в Англии тоже есть, но их очень мало, и детишек там немного — тех, кого невозможно устроить в фостерную семью по разным причинам либо для этого требуется время. Английские специалисты убеждены, что дети должны жить и воспитываться в семье, желательно кровной, и что вмешательство в проблемную семью на ранних стадиях почти всегда помогает ее сохранить.

Конечно, официальная статистика — вещь ненадежная. Нет сомнения, что за ее пределами осталось множество беспризорных детей не только в России, но и в США и европейских странах. И как оно на самом деле — вряд ли кто-то знает наверняка. Но даже эта неполная картина позволяет рассмотреть очень важную тенденцию. Вся многовековая история воспитательных и детских домов, приютов и интернатов говорит лишь об одном: развитие сети сиротских учреждений — это тупик. Настоящий Дом ангелов — это семья, даже если она фостерная, замещающая, приемная, патронатная, хотя главной и самой важной остается родная кровная семья, которой, возможно, надо просто помочь. И если уж тратить деньги государства, то на поддержку этих семей, которые с воспитанием детей справляются куда лучше, чем любые детские дома. Ведь ребенку нужны любовь, забота и привязанность, семейный уют и безопасность. Это могут дать только родители, бабушки и дедушки.

А что же Воспитательный дом в Москве? Бесследно исчез, отслужив больше 150 лет? Нет, он оставил после себя солидное наследство. Детская больница, старейшая в России, которая работала в комплексе Воспитательного дома, превратилась в Педиатрический институт, который размещался здесь до 1962 года. А на основе ремесленных мастерских Дома уже в XX веке было создано Высшее техническое училище — знаменитая Бауманка. Так что дело И.И.Бецкого не пропало. Верно писал о нем Державин — «он жил для всех».



Блины

Что такое блины? Знатoki русского языка производят слово «блин» от глагола «молотъ». Изделие из молотого зерна, «млин», превратилось со временем в «блин» — круглую лепешку из жидкого дрожжевого теста. Соотношение муки и жидкости (молока, воды и яиц) в нем примерно равное, и при относительно малом расходе муки теста получается много, к тому же оно дрожжевое и, подойдя, увеличивается в объеме в несколько раз. Поэтому блинами можно недорого и вкусно накормить большое количество народу, и они стали неперенным атрибутом поминок и Масленой недели, когда по традиции сыты должны быть все. «Что же, мы люди крещеные, у нас гостей вон не гонят, — отвечала Марья Матвеевна, — садитесь, блинов у нас много расчिनено. На всю нищую братию ставили, кушайте» (Николай Лесков, «Железная воля»). «Расчинить» — значит поставить опарное тесто. Наготовили его целую кадущку и пекут, пекут, пекут, а гости знай едят.

Из чего пекут блины? Основные продукты для приготовления блинов: мука, вода, дрожжи, немного сахара, соли и небольшое количество растительного масла для жарки. Такие блины можно есть даже в постные дни. Но обычно в тесто добавляют молоко, яйца, а иногда сливочное масло, сметану или сливки, разные специи, корицу например.

«Правильное» блинное тесто всегда опарное. Сначала смешивают часть муки, молока, сахара и яиц, добавляют дрожжи. Когда опара подойдет, к ней добавляют оставшуюся муку и остальные ингредиенты. Блины выпекают, когда тесто подойдет вторично, а для особой пышности можно его еще раз опустить и дать подойти в третий раз. Считается, что опарное тесто пышнее и получается его больше. Кроме того, если дрожжи попадутся плохие, это станет ясно во время приготовления опары, и мы сэкономим часть продуктов, которые пропали бы, вбухай мы в тесто сразу всё.

Когда опара замешана на воде, блины получаются более рыхлые, однако на молоке они вкуснее. Специалисты советуют соблюдать золотую середину и смешивать молоко с водой в равных количествах.

Приготовление качественного опарного теста занимает 5—6 часов, поэтому иногда технологию модифицируют, используя вместо дрожжей кефир, соду или пекарский порошок — сухую смесь солей, которые, вступив в реакцию, выделяют углекислый газ. Но это западная традиция, российской национальной кухне не свойственная.

Современная пищевая промышленность выпускает белый порошок, называемый блинной мукой. Он представляет собой пшеничную муку высшего сорта с добавлением яичного порошка, разрыхлителя, сухой молочной сыворотки, соли и сахара. Любители натуральных продуктов предпочитают смешивать муку, молоко и яйца самостоятельно.

Блины — очень древнее блюдо, оно появилось на Руси в то время, когда пшеница была роскошью и в северных краях росли рожь и гречиха. Традиционное блинное тесто замешивают из гречневой или ржаной муки, позже к ней стали для пышности и вкуса добавлять пшеничную. Блины из чистой пшеничной муки назывались красными. А если в таком тесте много масла, яиц и добавлены сливки, блины получаются царские. Сейчас для блинов используют даже овсяную, рисовую и кукурузную муку. Иногда в тесто добавляют жидкую пшеничную или манную каши, морковное, тыквенное или картофельное пюре.

Что такое заварные блины? В некоторых случаях подошедшую опару, добавив в нее оставшуюся муку, обваривают горячим, но не кипящим молоком. Яйца или взбитые белки добавляют позже, когда тесто остынет. Тесто для постных блинов заваривают горячей водой. Благодаря обвариванию блины получаются более легкими и пористыми. Иногда заварными делают даже эрзац-блины, приготовленные на соде и кефире.

Тесто для заварных блинов не следует путать с заварным тестом для выпечки эклеров и профитролей, которое готовят без сахара и разрыхлителей. Такое тесто просто заваривают или запаривают, в процессе выпечки оно поднимается под действием пара, и в нем образуются полости, которые потом заполняют кремом или еще чем-нибудь. Само тесто, в отличие от блинного, безвкусное и служит лишь «оправой» для начинки.

Как их испечь? Собираясь печь блины, мы не к духовке идем, а беремся за сковородку. Ее раскаляют, смазывают тонким слоем масла и



выливают порцию теста. Его должно быть столько, чтобы оно тонким слоем закрывало дно. Когда тесто становится пористым и начинает подниматься, блин смазывают сверху маслом и переворачивают. Блины из хорошего теста и на правильной сковороде пекутся быстро. Их складывают стопочкой и промасливают, чтобы они хорошо пропитались жиром и не слипались. А сковороду снова маслят, и наливают тесто, маслят и переворачивают, выкладывают и маслят.

Масло наносят тонким слоем, его излишки мешают тесту равномерно разливаться по сковороде. Поэтому масло не льют на сковородку, а натирают им дно. Сейчас для этого выпускают специальные приспособления, напоминающие грабельки без зубцов, опытные хозяйки накалывают на вилку половину сырой картофелины или луковицы и ею размазывают масло, а можно обмотать вилку бинтом и возить по сковороде выпуклой ее частью. Но у этого способа есть недостаток — масло впитывается в бинт.

О припеках. Великое множество рецептов приготовления теста позволяет выпекать самые разные по вкусу блины. Это разнообразие увеличивают припеки — добавки, которые кладут не в тесто, а на сковородку, когда блин уже пекет. Чаще всего используют сметки, рубленые крутые яйца, лук, творог.

Есть несколько способов ввести припек. Можно положить его на горячую сковороду и залить тестом. Можно, когда блин уже с одной стороны подрумянился, «примазать» припек маслом или сырым яйцом к верхней, непропеченной стороне и быстро перевернуть блин. Такой способ, согласно Вильяму Похлебкину, называется «прижарить с пылу». А иногда выливают на сковородку часть теста, кладут на него припек и заливают тестом сверху.

Почему первый блин комом? Сковороду для выпекания блинов хозяйка подбирает, как былинный богатырь меч. У нее должны быть длинная ручка, низкие бортики для удобства переворачивания блина, и толстое дно, чтобы жар распределялся равномерно, а сама сковорода не деформировалась, когда на нее, раскаленную, выливают холодное тесто.

Всем этим требованиям идеально удовлетворяют небольшие литые чугунные сковороды (под классический блин размером с чайное блюдце). Их пористое дно впитывает масло, которое со временем образует «антипригарный» слой. Чтобы его не нарушить, блинную сковороду не моют, а чистят: прокаливают с растительным маслом и крупной солью, а затем тщательно протирают ветошью, второй раз протирают с сухой солью, а в третий — просто тряпочкой, которая должна остаться чистой. Такая процедура снимает нагар и восстанавливает защитный масляный слой. На блинной сковороде нельзя ничего больше готовить. Если сковороду помыли или плохо почистили, первый блин на ней пригорает и выходит комом.

Сейчас чугунную сковороду еще поискать надо, зато в большом количестве продается посуда с антипригарным покрытием. Ее можно мыть.

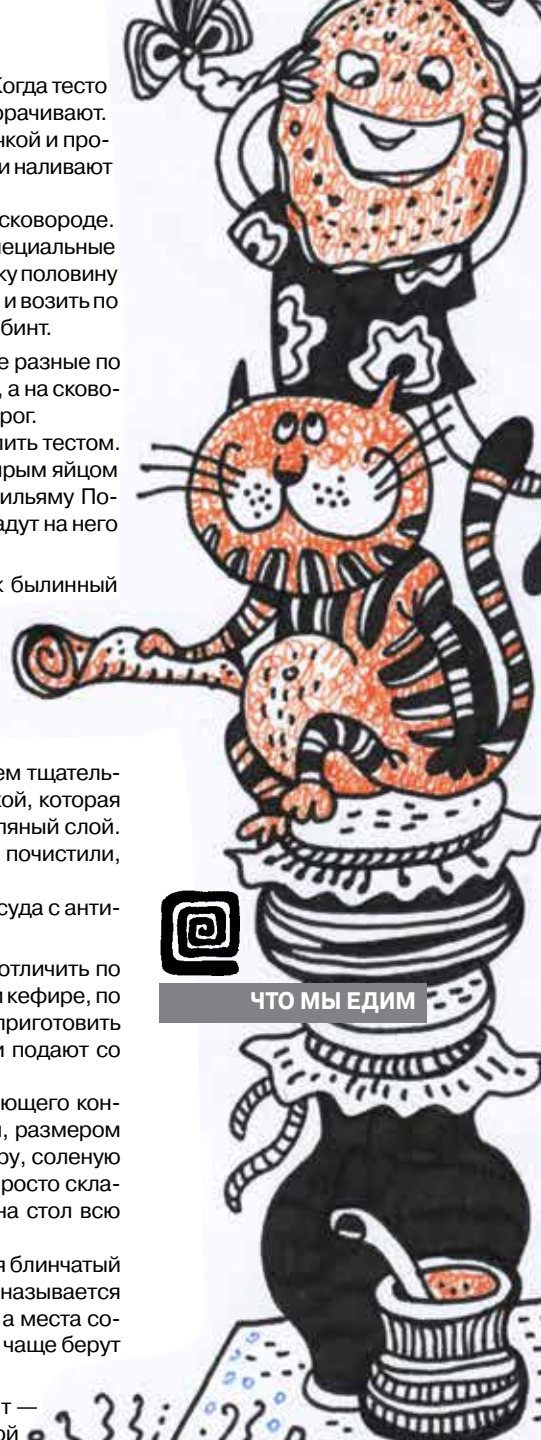
Блинчики, оладушки. Блинчики и оладьи — близкие родственники блина. Оладьи легко отличить по размеру, они в 2—2,5 раза меньше блинов. Тесто готовят из пшеничной муки на дрожжах или кефире, по консистенции оно немного гуще блинного, но стекает с ложки. Как и блины, оладьи можно приготовить с манной кашей, яблоками, капустой. Оладьи обжаривают в большом количестве масла и подают со сметаной, вареньем или медом.

Иногда блинами ошибочно называют блинчики. Их готовят из очень жидкого теста, имеющего консистенцию негустой сметаны, без дрожжей и разрыхлителей. Хороший блинчик тоненький, размером с тарелку, и в него удобно заворачивать всевозможные начинки: творог, рубленые яйца, икру, соленую рыбу, мясо. Начиненные блинчики сворачивают трубочкой или конвертиком, но иногда их просто складывают стопочкой, намазывая каждый маслом, вареньем или творогом. Перед подачей на стол всю стопку подогревают в духовке.

А если такую стопку залить яйцом, обсыпать панировочными сухарями и запечь, получится блинчатый пирог. Каждый слой может быть с разной начинкой. Пирог с основанием в один блинчик называется блинницей, но можно испечь и побольше. Для этого несколько блинчиков кладут внахлест, а места соединения смазывают взбитым яйцом. Блинчатый пирог пекут и из настоящих блинов, фарш чаще берут мясной, с жареным луком и яйцами.

Как едят настоящие блины. Блины едят горячими, с пылу, с жару. Самый простой вариант — свежеспеченные промасленные блины. Но чаще их обмакивают в сметану или едят с соленой рыбой, икрой или вареньем. Вспомним опять повесть Николая Лескова «Железная воля». Дьякон Савва учит немца Гуго Пекторалиса есть блины: «Да зачем его жевать, блин что хлопчечок: сам лезет; ты вон гляди, как их отец Флавиан кушает, видишь?.. Вот возьми его за краечки, обмокни хорошенько в сметанку, а потом сверни конвертиком, да как есть, целенький, толкни его языком и спусти вниз, в свое место». Правда, чтобы воспользоваться этой методикой, нужна практика. «Отец Флавиан спускал конвертиками один блин за другим, и горя ему не было; а Гуго то краснел, то бледнел и все-таки не мог с отцом Флавианом сравняться». От этих попыток он умер, бедняга. «А отец Флавиан перекрестился, вздохнул и, прошептав “с нами Бог”, подвинул к себе новую кучку горячих блинков».

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ



Паразит

Юрий Нестеренко

В дверь звонят. Не иначе, опять мой паразит. Ну а кто еще может заявиться без предупреждения в первом часу ночи?

«Ты не обязана ему открывать», — говорю я себе.

Ясное дело, не обязана. Пусть он даже и видит, что в моих окнах горит свет. Возможно, думает, что это его извиняет. Впрочем, даже если я демонстративно погашу свет, он ведь не отвяжется. Так и будет топтаться под дверью и звонить. Не требовательно давить на кнопку, нет. Никакого хулиганства. Всего лишь просительно тренькать. Можно ли заставить электрический звонок звучать жалобно? Теоретически вроде нет, но у него получается. Каждые две минуты, ага.

Я встаю и иду открывать.

Конечно же это он. Как обычно: грязные ботинки, старое пальто, помятая шляпа, небрит уже минимум пару дней и с мешками под глазами. Смотрит на меня преданным собачьим взглядом.

— Привет, — говорит он.

Я демонстративно молчу. Если вам нужен антоним к слову «гостеприимство», то в данный момент он написан у меня на лице.

— Ты... извини, что так поздно, — спохватывается он. — Но сама знаешь, раньше полуночи я не мог...

Ага, можно подумать, что если б он заявился раньше, меня бы это осчастливило.

— Можно войти? — произносит он просительно.

— Я говорила тебе, чтобы ты больше не приходил сюда?

— Ну-у...

— Что «ну»? Говорила или нет?

— Маша, понимаешь... — Вид у него такой, словно он сейчас заплачет. — Я жить без тебя не могу.

Ну, кто бы сомневался!

— Но почему это должно быть моей проблемой? — холодно интересуюсь я.

— И это говоришь мне ты? — Он искренне возмущен. — После того, что вы...

— Вы, мы! — перебиваю я. — Я. Я лично. Почему ты считаешь, что я вечно должна о тебе заботиться? Да, один раз я тебя пожалела, подобрала на улице, где ты...

— Ты меня использовала! — вдруг принимается канючить он. — Использовала и бросила. Нельзя так.

— Я с самого начала предупреждала тебя, что это не навсегда. Предупреждала или нет?

— Может, я все-таки войду? — увиливает он от ответа. — Неудобно же... через порог. Соседи услышат.

— Ладно, — отступаю я. — Входи.

Он с довольным видом шагает вперед и закрывает за собой дверь, а затем сразу же деловито принимается стаскивать ботинки. Это, конечно, не от избытка деликатности и чистоплотности. Это чтобы быть уверенным, что я не выставлю его на улицу прямо в носках.

Но меня не так-то просто сбить с толку.



ФАНТАСТИКА

— Я говорила тебе, что мы вместе лишь до тех пор, пока ты мне интересен? Говорила! Теперь мой интерес иссяк. Я изучила тебя достаточно. Что непонятно?

— Маша, — вздыхает он, — ну я же не чучело из твоей коллекции. Я живой человек.

— Ты не человек, — отрезаю я. — Ты паразит.

Он молчит. Крыть нечем.

— Почему бы тебе не устроиться куда-нибудь? — раздраженно произношу я. На его правом носке дырка, и оттуда торчит большой палец с давно нестриженным ногтем.

— Меня никуда не берут, — сокрушенно констатирует он. — Даже в зоопарк.

Ага. И виновата в этом конечно же я!

— Ну, все равно, — говорю я вслух, — есть же какие-то, ну я не знаю, благотворительные организации! Бездомных собак, вон, и то подкармливают...

— Я не могу питаться этой синтетической дрянью! — страдальчески восклицает он. — Ты же знаешь, у меня от нее изжога!

— И что? Если я куплю тебе таблеток от изжоги, ты наконец оставишь меня в покое?

— Маша, — опять вздыхает он, — ну зачем ты так со мной?

— А как иначе?

— Ты знаешь.

Ну еще бы мне не знать!

Он вдруг опускается на колени прямо у меня в прихожей. Точнее, на одно колено, пачкая мой чистый пол лапами своего грязного пальто. Удивительно, но, несмотря ни на что, в этом жесте есть некая элегантность. Ну да, сейчас в это трудно поверить, но ведь он происходит из древнего аристократического рода...

— Я даже не прошу остаться ночевать, — проникновенно говорит он, глядя на меня снизу вверх. — Просто дай мне, и я сразу уйду.

— В последний раз? — усмехаюсь я, все еще пытаюсь проявить твердость.

— Я не ел уже четыре дня, — продолжает он, игнорируя мою насмешку. — И все время думал о тебе. Если ты прогонишь меня, я умру.

В его глазах блестят слезы. Я протягиваю ему руку. Он нежно берет ее и подносит к губам.

— Ладно, паразит, — вздыхаю я. — пей мою кровь!

Его клыки касаются моего запястья, с легкостью проникая между чешуйками. Боли я не чувствую. Их анестезия превосходна, что да, то да.

В конце концов, мы и вправду, в некотором смысле, уничтожили их мир. Хотя воевали вовсе не с ними. Если на то пошло, мы даже не знали об их существовании. Мы воевали с их хозяевами — в биологическом смысле этого термина, разумеется. Вот те действительно были

чудовищной расой. Выродки, помешанные на насилии, получавшие удовольствие от страданий — и при этом еще плодившиеся, как культура болезнетворных клеток. Вся их история была историей войн, убийств, порабощений и пыток. «Пытка» — это чисто человеческое понятие: оно означает преднамеренное причинение боли другому разумному существу с целью принуждения, наказания. Или просто развлечения... Короче говоря, если бы мы не зачистили от них эту планету сейчас, до того, как они выйдут в Большой Космос, — последствия для Вселенной были бы непредсказуемыми. Точнее, очень даже предсказуемыми... Само собой, мы, в отличие от них, не любим убивать. Но в данном случае у нас просто не было другого выхода.

А их паразиты были, напротив, совершенно безобидными существами. Настолько неспособными к насилию, что они даже не могут войти в дом, не получив приглашения, — не говоря уже о том, чтобы укусить жертву. У них это на уровне безусловного рефлекса. Я пыталась понять, как мог сформироваться такой рефлекс, и пришла к выводу, что те, кто хотел добиться своего от их хозяев-агрессоров насилием, были попросту перебиты. Ибо по части насилия сравниться с людьми не мог никто. А эволюционно выигрышной оказалась другая стратегия, основанная на сугубой добровольности, безвредности и незаметности. Подкрепленная, впрочем, гипнотическими способностями, которые на нас не действуют. По части незаметности они особенно преуспели. Их мимикрия совершенна. Даже сами люди — а вслед за ними и наши разведчики — считали их не более чем старинной легендой. В этих легендах, кстати, далеко не все правда. Им не вредят ни фитонциды чеснока, ни серебро, ни тем более перекрестия. Их укус не смертелен и уж конечно не способен превратить человека в одного из них. Но солнечный ультрафиолет для них действительно почти губителен, поэтому летом они обычно спят до полуночи.

Мы обнаружили их лишь после того, как уничтожили их хозяев. Знали, что никто из носителей человеческой ДНК не мог выжить после примененного нами оружия. Однако выжившие, пусть и очень немногочисленные, нашлись. Только тогда мы поняли, что это не люди.

Как я уже сказала, мы ничего не имели против них. Однако мы уничтожили их кормовую базу. Удивительное дело, но кровь других животных этой планеты — даже других приматов — им не подходит. Вызывает анафилактический шок. Расплатой за слишком хорошую мимикрию оказалась слишком узкая специализация.

Еще более удивительно, что подходящей для них оказалась наша кровь. Не настолько хорошо, как кровь их прежних хозяев, но тем не менее. Честь этого открытия принадлежит мне. Я не солдат. Я биолог, приехала изучать фауну этого мира. И когда — одна из первых — наткнулась прямо на улице опустошенного города на умирающего от голода паразита, то, конечно, сочла это профессиональной удачей. Но поступила я, по правде говоря, непрофессионально. Вместо долгих анализов и тестов в лаборатории вяла его мольбам. Однако предупредила, что моя кровь, скорее всего, окажется для него еще худшим ядом, чем кровь земных животных. Но он сказал, что чувствует запах, которого не чувствовал с тех пор, как умер последний человек. И я решила рискнуть.

В конце концов, до дня, когда будут готовы результаты анализов и тестов, он мог просто не дожить...

Чего я не предвидела, так это того, что будет после завершения моего эксперимента. Тем более я сразу сказала ему: мой интерес к нему связан исключительно с моей работой. Эмоции тут ни при чем. Даже если мне и в самом деле стало жалко его тогда, на пыльной улице...

Те из них, кто выжил, как правило, как-то адаптируются. Я не знаю деталей — это не моя область, я биолог, а не социолог. Знаю только, что никто из наших не поит их своей кровью. Это дикая идея — все равно что кормить бродячую собаку собственным мясом, даже если мясо потом нарастает снова... В общем, для них наладили выпуск какой-то синтетики. Если бы мои коллеги узнали!..

Но у него, видите ли, изжога! И он, видите ли, не может найти себя в новом мире! А виновата я, спасшая ему жизнь!

— Спасибо, Маша, — бормочет он, отрываясь наконец от моего запястья. — Спасибо тебе.

Конечно же меня зовут вовсе не Маша. Но он не в состоянии выговорить мое подлинное имя. Даже записать его буквами на своем языке.

Он поднимает голову, слизывая кровь с тонких губ, и смотрит на меня тем же, надо полагать, обожающим взглядом, каким смотрел на своих земных хозяев последние двести лет. (Эти паразиты живут очень долго, поскольку во сне их метаболизм чрезвычайно замедляется — так что неспециалисту легко принять их за мертвых, чем, видимо, и объясняются соответствующие легенды.) Я вдруг взглянула на себя его глазами: вместо привычных ему красоток-приматов — пучеглазое чешуйчатое страшилище с костяным гребнем на голове. Наверное, ему стоит большого труда изображать обожание. Впрочем, я тут же сердито напоминаю себе, что я для него — всего лишь источник пищи. А форма продуктовой корзинки значения не имеет. Да и он для меня — всего лишь отработанный материал прошлого исследования.

— Над чем сейчас трудишься? — спрашивает он. — Узнала еще что-нибудь интересное о нашей планете?

— Получил свое и уходи! — Я отдергиваю руку. — Мне теперь еще раны обрабатывать надо.

На самом деле это неправда. Их слюна прекрасно останавливает кровь и дезинфицирует рану. И он это наверняка знает.

— Зря ты так со мной, Маша, — бормочет он, поднимаясь с пола. — У меня же больше никого нет.

Наклоняется, шнурует ботинки, поворачивается к двери, но явно медлит, ожидая разрешения остаться.

— Иди, — говорю я. — И не приходи больше. Здесь тебе не столовая.

На пороге он останавливается и вновь оборачивается.

— Вы же против жестокости, — говорит он, глядя мне в глаза. — Вы убили восемь миллиардов человек, потому что вы против жестокости. Так?

С этими словами он уходит. А я смотрю на закрывшуюся дверь.

Я чувствую себя скверно. Не из-за потери крови — она пустяковая. Я чувствую себя скверно, как разумное существо, поступившее неправильно. Не надо было его пускать... сколько раз я говорила себе, что не надо его пускать. Я должна возмущаться его наглостью, но вместо этого и впрямь чувствую... вину. Может, вывод о том, что их гипноз на нас не действует, был преждевременным?

Черт бы тебя побрал, паразит!





Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Франс де Вааль

Истоки морали: в поисках человеческого у приматов
Альпина нон-фикшн, 2013

На протяжении многих лет автор изучал жизнь шимпанзе и обезьян бонобо и выявил зачатки этического поведения в сообществе приматов. Автор не только увлекательно рассказывает об этических формах поведения у обезьян, но и обращается к самым глубоким вопросам науки и религии.



Мембраны и мембранные технологии
(отв. ред. А.Б.Ярославцев)
Научный мир, 2013

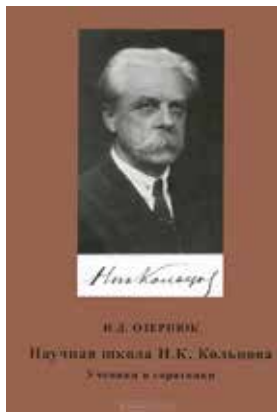
Мембраны и мембранные процессы широко используются в современных технологиях. В данной монографии собраны сведения о многих типах мембранных материалов, методах описания и моделирования процессов переноса в мембранах, методах исследования мембран и основных направлениях их использования.



Н.Д. Озернюк

Научная школа
Н.К.Кольцова: ученики и соратники
Товарищество научных изданий «КМК», 2012

Книга рассказывает о жизни, судьбе и научном творчестве выдающегося биолога Н.К.Кольцова, его учеников и соратников. Усилиями Н.К.Кольцова была создана знаменитая школа экспериментальной биологии. Многие его ученики стали выдающимися учеными, труды которых обогатили отечественную и мировую науку.



Айзек Азимов

Краткая история биологии. От алхимии до генетики
пер. с англ. Л.А.Игоревского
Центрполиграф, 2013

Книга увлекательно рассказывает о зарождении и развитии биологии, от суеверий и предрассудков древности до современных фундаментальных теорий, о знаменитых ученых и их открытиях. Также вы узнаете о зарождении смежных с биологией наук



Владимир Вернадский

Биосфера и ноосфера
Айрис-пресс, 2013

В книгу включены наиболее значимые и актуальные произведения выдающегося отечественного естествоиспытателя и мыслителя В.И.Вернадского, посвященные вопросам строения биосферы и ее постепенной трансформации в сферу разума — ноосферу.



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

Рядовые ученые

Изобилие юбилейных дат вызывает раздражение у научных работников. Во многих российских научных журналах происходит настоящая вакханалия юбилеев. И не только в региональных и второстепенных изданиях вроде сборников статей, как это любят делать японцы. Даже ведущий в своей области «Зоологический журнал» — и тот посвящает целые номера юбилеям отдельных ученых, даже воспоминания публикует. Создается впечатление: прослойка ученых стала столь тонка, что научные журналы просто нечем заполнять, кроме юбилейных публикаций! Возможно, некоторые научные работники просто не особенно хотят публиковаться на русском языке. Но все-таки юбилеи должны «знать свое место».

Конечно же история науки очень важна, и прекрасно, что в последние 30 лет возродились работы, посвященные не только выдающимся, но и рядовым научным работникам, прерванные в 1930-е годы; просто надо хорошо выбирать место для публикаций на эту тему.

Биологам Московского университета XX века посвящены десятки книг и буквально сотни статей и заметок. Давно изданы и широко известны академические очерки жизни Н.К.Кольцова и его учеников и соратников, А.С.Серебровского, А.Н.Формозова, С.С.Четверикова и многих других. Детально исследован в этом отношении и XIX век.

Однако, помимо блестящих ученых и преподавателей первого ряда, в нашем университете работали и работают сотни более скромных тружеников науки, биографии которых при поверхностном взгляде можно было бы счесть за рядовые. Но это далеко не так. Жизнь и труды множества ярких личностей ничуть не менее интересны, особенно в контексте непростой и временами трагической истории нашей страны в XX столетии.

Яков Авадьевич Бирштейн — известный специалист по зоологии беспозвоночных, доктор биологических наук, прекрасный лектор и педагог Московского университета. Как и многие яркие личности, он скончался, не дожив до 60 лет. О нем написал книгу сын, В.Я.Бирштейн, вот уже более 20 лет проживающий в США.

События жизни Я.А.Бирштейна представлены на фоне истории нашей стра-

Бирштейн В.Я.
Мой отец Яков
Авадьевич
Бирштейн. М.:
Новый хронограф.
2012



ны. Автор книги, бывший диссидент, подает эту историю довольно выборочно и пристрастно, делая особый упор на враждебное отношение советской партийной бюрократии к независимой науке и независимым ученым, а также на государственный антисемитизм позднесталинского периода. Между тем кратный рост финансирования науки и соответственно числа научных работников в послевоенные годы очевиден и не может подвергаться сомнению. Советское государство давало деньги, и за эти деньги требовало результатов и послушания со стороны ученых, хотя последнее в корне противоречит сути научной деятельности. С другой стороны, ученые-естественники (не говоря уже о гуманитариях) в своих дискуссиях не брезговали использовать политические лозунги, и эта дурная практика была преувеличена, похоже, только в 1960-е годы, вместе с уменьшением политического давления на естественные науки. Относительно антисемитизма — приходится с горечью признать, что это постыдное явление действительно имело место в

нашей истории, и отнюдь не только на бытовом уровне. Как говорит мой дедушка, «евреи не любили Сталина, а Сталин не любил евреев»...

Почти вся жизнь Якова Авадьевича Бирштейна связана с Московским университетом — сначала учеба в 1928—1932 годы, затем преподавание — доцент с 1941-го, профессор с 1954 года и до конца жизни. Судя по отзывам, приведенным в книге, лекции Я.А. отличались яркостью и оригинальностью. Остается сожалеть, что материалы лекций так и остались неопубликованными, кроме учебника по зоогеографии, изданного в 1946 году («География животных», совместно с Н.А. Бобринским и Л.А. Зенкевичем).

В научной работе Я.А.Бирштейна можно выделить три основных направления. Первое — это карцинология, изучение фауны и систематики ракообразных животных (класс Crustacea). Я.А. был специалистом по равноногим ракам, или изоподам, исследовал как пресноводную, так и глубоководную фауну, описал многие десятки новых для науки видов

рачков. Я.А. — автор тома престижного издания «Фауна СССР» по пресноводным изоподам (1951) и монографии по глубоководным изоподам северо-западной части Тихого океана (1963). Обе эти книги впоследствии были переведены на английский язык, первая в Израиле, вторая — в Индии.

Второе направление — изучение пещерной фауны, раздел спелеологии — науки о пещерах. Эти исследования были начаты в СССР в самом конце 1930-х годов и особенно широко проводились в 1950—1960-е годы Я.А.Бирштейн активно участвовал в спелеологических экспедициях в Крым и на Кавказ, описывал обитающие в пещерах виды. К сожалению, после кончины Я.А. широкие исследования по пещерной фауне были во многом свернуты, оставшись делом немногих энтузиастов и любителей.

Третье направление — работы по зоогеографии. Это новые для своего времени идеи о реликтах, которые вошли в докторскую диссертацию Я.А.Бирштейна, защищенную в 1947 году, выделение глубинной зоны Мирового океана — ультраабиссали, и многое-многое другое, о чем написано в книге.

Особое направление по акклиматизации видов в исходно чуждые им местообитания, модное в 1930-е годы, я бы назвал «практической зоогеографией». И здесь Я.А.Бирштейн вместе с большим коллективом исследователей под руководством Л.А.Зенкевича прославился внедрением черноморского червя нереиса в Каспийское море. Практическая часть работы была проведена в предвоенные годы, в первую очередь для улучшения кормовой базы осетровых рыб. Исследования по влиянию нереиса на экосистемы Каспия продолжались и после войны. Не обошлось без склоки и скандала. Профессор кафедры дарвинизма Н.В.Лебедев обвинил Я.А.Бирштейна во вредительстве — якобы хищный нереис, напротив, подрывал кормовую базу осетровых рыб. Но в конечном счете, после долгих дискуссий, несмотря на организационный перевес Лебедева (он состоял в ВКП(б)-КПСС и был сторонником прославляемого тогда «творческого дарвинизма»), победа заслуженно осталась за Я.А.

К сожалению, Я.А.Бирштейн не слишком много публиковался на иностранных языках, а с 1936-го по 1954 год все его работы изданы на русском языке. Это связано со спецификой организации советской науки в те годы, когда даже общение с зарубежными коллегами было затруднено, а публиковаться заставляли исключительно по-русски или на языках народов СССР; в послевоенные годы из статей и книг исчезли даже резюме на иностранных языках, принятые в 1930-е годы.

Более того, уже в 1960-е годы Я.А.Бирштейна, несмотря на многочисленные приглашения, не пускали за рубеж, в западные страны. Не давали «добро» партийные органы. Удалось совершить только несколько поездок в «дружественные» страны, от Югославии до Индии, да сделать несколько заходов в тихоокеанские порты во время экспедиций на прославленном научно-исследовательском судне «Витязь». А в 1958 году Я.А., командированного на Международный зоологический конгресс в Лондон, сняли с самолета и отправили вместо него В.Е.Соколова, будущего академика и крупного организатора советской биологической науки, тогда только начинавшего свою блистательную карьеру. Это еще одна некрасивая страница нашей недавней истории.

Вызывает зависть общий культурный уровень того поколения ученых, к которому принадлежит Я.А.Бирштейн. Это и знание иностранных языков, и знакомства в кругах гуманитарной интеллигенции. Так, Я.А. был близко знаком со многими людьми, начиная с выдающегося художника Р.Р.Фалька и заканчивая А.В.Тимирёвой, гражданской женой А.В.Колчака.

Книга написана живо, даже художественно, с множеством бытовых подробностей, и читается с удовольствием. К чести автора книги, он старается не выпячивать значение своей фигуры на фоне яркой личности своего отца.

Недостатков оформления книги немного. Разве что нигде не указано, что за портрет помещен на обложке — очевидно, по вине издательства, а не автора. По-видимому, это портрет Я.А.Бирштейна работы Р.Р.Фалька, сделанный в 1945 году.

Возможно, книга написана недостаточно беспристрастно. Но именно в этом ее «изюминка». Такого рода издание, основанное не только на документах, но и на личных воспоминаниях, — прекрасный источник материала для историка науки.

Главное чувство, которое вызывает у меня эта книга, — глубокая тоска по ушедшему времени, по «веку ученых», когда заниматься наукой было престижно, а наука занимала столь важное место в жизни общества и — за исключением особо турбулентных времен — государства. Да, ученые были зависимы от государства, со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. В наше время ученый освободился от идеологического пресса, попав под другой — финансовый. Добавим к этому быстро идущую унификацию науки по западному, англо-американскому образцу, растущую как снежный ком чудовищную бюрократизацию, и картина вырисовывается безрадостная.

Другое неприятное изменение — разрывание интеллектуальной прослойки, исчезновение людей, всесторонне



КНИГИ

образованных, знающих несколько иностранных языков, умеющих петь и музицировать, интеллигентов во втором, третьем поколении... Да, ученые избавляются от кружковщины, семейственности, возможно, становятся лучшими специалистами в своей узкой области, лучшими исполнителями, но утеря некоторого «генерализма» (иными словами, широкого научного кругозора) очень печальна.

И третье — уход в прошлое «идеализма», фанатизма в отношении науки. Не так уж много молодых научных работников готовы трудиться преимущественно «за идею», особо не тревожась о зарплате. Это, по-видимому, связано с тем, что за последние 20—25 лет резко выросло число вменяемых «искусшений» (начиная с избытка роскошной еды и заканчивая возможностью зарубежных поездок); и для осуществления всего этого необходимы только деньги. Зарплаты научных работников до последнего времени были таковы, что подчас не хватало даже на лечение детей или родителей, и приходилось выбирать... Отношение к ученым в обществе изменилось, нищие фанатики вызывают только раздражение. Быть бедным стало немодно. Иронический взгляд на науку проник и в СМИ. Никогда не забуду издательскую заметку, опубликованную в одной из центральных газет, кажется, в 1995 году, о конференции по суркам, которая состоялась в одном из региональных научных центров. «Кому нужны эти сурки?!» и «На что идут народные деньги?!» — таков был основной смысл этой статейки. Конечно, газетчикам было невдомек, что сурки и суслики в южных регионах России — переносчики возбудителя такого опасного заболевания, как чума...

Впрочем, похоже, в самые последние годы государство «взялось за ум», финансирование науки — со всеми мажорно-бюрократическими издержками, характерными для современной российской жизни, — возросло, возрождаются научно-популярные публикации, и даже СМИ, особенно электронные, стали как-то доброжелательнее...

К.Г.Михайлов



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Плати за вред!

Как считает швейцарский экономист Вальтер Штахель (см. «Химию и жизнь», 2013, № 12), впереди нас ждет циклическая экономика, в которой труд освобожден от налогов, зато налогом облагается использование невозобновляемых ресурсов. В частности, таким ресурсом можно считать не загрязненную человеком окружающую среду. Испанские экономисты во главе с Микелем Гонзалесом-Эгуино из Баскского центра изменения климата посчитали, чем обернется перераспределение налогового бремени с труда на экологический вред хозяйственной деятельности (агентство «AlphaGalileo», 26 декабря 2013 года).

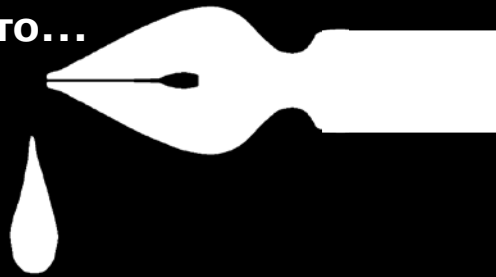
Не секрет, что эффективность налоговых новаций в немалой степени зависит от объема черного рынка в стране: налоги-то оттуда не поступают. Более того, усиление налогового бремени неизбежно увеличивает объем черного рынка, что дает повод либералам бороться за сокращение налогов: все равно ничего хорошего от их роста не получится, только коррупция и уход в тень. В Испании черный рынок контролирует примерно четверть валового национального продукта, поэтому изучение влияния налогов на него весьма показательно.

В модели предполагалось, что общий объем средств, поступающих в казну, остается неизменным: в самом деле, реформа, ее опустошающая, приводит к неприятным последствиям для реформаторов. Однако тяжесть бремени была переложена на хорошо учитываемый показатель — эмиссию углекислого газа. Зато обложение заработной платы было уменьшено. Результат полностью соответствует расчетам Штахеля: предприятия стали выводить зарплату из тени, деловая активность выросла, безработица упала. И даже черный рынок не смог избежать перемен. «Группы, которые остались на черном рынке, также вынуждены платить налог на экологический ущерб через косвенные каналы. При этом рост цен на энергию за счет налогов компенсируется ростом реальных доходов трудящихся. Правда, страдает неактивное население — пенсионеры, безработные, затраты которых растут без компенсации. Это надо принимать во внимание при подобном рода реформах», — отмечает Микель Гонзалес-Эгуино.

Получается, что не все так уж безнадежно с обузданием частнособственнических инстинктов методами общественного регулирования. Теперь дело за тем, чтобы опробовать математические модели на практике.

С.Анофелес

Пишут, что...



...в Нанкинском университете появились на свет два детеныша макака-крабоеда *Macaca fascicularis*, у которых два гена были «отредактированы» с помощью технологии, использующей CRISPR/Cas9 («Nature», 30 января 2013, doi:10.1038/nature.2014.14611)...

...выполнена виртуальная реконструкция наиболее значительных отечественных пилотируемых космических полетов, в том числе космических аппаратов типа «Восток», «Восход», «Союз», орбитальных комплексов «Мир» и МКС («Вопросы истории естествознания и техники», 2013, 4, 138—144)...

...5—6 июня 2012 года были проведены наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца с использованием старинных рефракторов, аналогичных тем, что использовал в 1761 году М.В. Ломоносов, а также с применением его методики; авторы зафиксировали «дуги Ломоносова» и «усы» («Астрономический вестник», 2013, 47, 6, 528—532)...

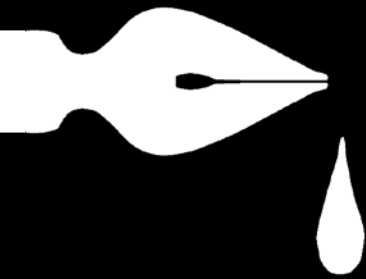
...на расстоянии 1500—9500 км от места старта крупных космических аппаратов изменяется характер геомагнитных пульсаций и их спектральный состав, продолжительность таких возмущений меняется с увеличением расстояния почти по линейному закону («Космические исследования», 2013, 51, 6, 484—496)...

...отработанные автомасла можно утилизировать с помощью углеводородокисляющих микроорганизмов родов *Arthrobacter*, *Bacillus* и *Pseudomonas* («Экологический вестник России», 2014, 1, 36—40)...

...разработана мультиплексная полимеразная цепная реакция для идентификации вирусов, вызывающих острые респираторные заболевания, в том числе сезонных гриппов и патогенных для человека вирусов гриппа птицы («Молекулярная генетика, микробиология и вирусология», 2013, 4, 32—37)...

...наиболее устойчивый и хорошо воспроизводимый нейрофизиологический маркер депрессии — более низкие значения межполушарной когерентности ЭЭГ по сравнению со здоровой контрольной группой («Журнал высшей нервной деятельности», 2013, 63, 6, 613—624)...

...у лиц, контактирующих с химическими загрязнителями производства резиновых



изделий, возрастают показатели хемилюминесценции слюны, при этом чем больше стаж, тем сильнее («Клиническая и лабораторная диагностика», 2013, 12, 11—15)...

...учащиеся в Москве африканские студенты обращаются к зубным врачам чаще студентов из Южной Азии и России, поскольку электровозбудимость пульпы у них ниже, а это способствует развитию глубокого кариеса, пульпитов и периодонтитов («Стоматология», 2013, 92, 4, 26—27)...

...способность злаков накапливать кадмий варьирует не только от вида к виду, но и среди сортов и генотипов; она также меняется в зависимости от свойств почвы («Успехи современной биологии», 2013, 133, 6, 588—603)...

...риск инфицирования при переливании донорской крови в России начала 2000 годов для ВИЧ и вирусов гепатитов В и С составлял 1:1000 («Гематология и трансфузиология», 2013, 58, 3, 49—56)...

...по соотношению изотопов кислорода в благородных опалах можно оценить температуру их образования — чем «легче» изотопный состав, тем выше была температура раствора, из которого осаждались опалы («Тихоокеанская геология», 2013, 32, 6, 64—67)...

...в саванне Северного Камеруна найден новый вид скорпиона оранжево-золотистого цвета («Arthropoda Selecta/Русский артроподологический журнал», 2013, 22, 4, 343—348)...

...стихийный характер застройки московского региона приводит к уничтожению мест обитания животных, являясь здесь основным антропогенным фактором, который влияет на животный мир («Бюллетень Московского общества испытателей природы», отдел биологический, 2013, 118, 3, 10—18)...

...А.В. Ксанфомалити, ранее опубликовавший несколько статей о гипотетических признаках фауны на Венере по данным аппаратов ВЕНЕРА-9 и -13, обнаружил признаки гипотетической венерианской флоры в месте посадки ВЕНЕРА-14 («Доклады Академии наук», 2013, 453, 5, 501—506)...

...справляя естественную нужду, собаки предпочитают располагаться вдоль магнитных силовых линий Земли («Frontiers in Zoology», 2013, 10, 80, doi:10.1186/1742-9994-10-80)...

Шмели-высотники

Художник Юрий Слива



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Большое научное дело начинается с вопросов «а что будет, если?..», «а сможет ли?..», которые исследователь задает сам себе. Американские энтомологи Майкл Диллон и Роберт Дадли из Калифорнийского университета в Беркли решили узнать, может ли шмель взлететь выше Эвереста («Biological Letters», 20130922; <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2013.0922>).

Вообще-то насекомых находят на высотах в три-четыре километра над уровнем моря, но считается, что они попадают туда с восходящими потоками воздуха, а не собственными усилиями, причем горизонтальные потоки воздуха, проходящие на этой высоте, способствуют их расселению. Насекомые, в том числе и шмели, пасутся на высокогорных лугах, достигая высоты в пять с половиной километров. А выше им летать без надобности: холодно, кислорода мало, воздух разреженный, да и цветов никаких нет, поэтому на покрытый вечным снегом Эверест ни один сумасшедший шмель еще не взлетал. А если бы там были цветы, смог бы?

Ответ на этот вопрос ученые не стали искать ни в родных Скалистых горах, ни в джунглях Панамы, где по совместительству трудится Дадли, а поехали в 2005 году в китайскую провинцию Сычуань. Там, на высоте 3250 метров, в цветущих альпийских лугах они наловили шмелей. Были это не рабочие особи, а самцы. Так получилось ненамеренно — с их вылетом совпал сезон охоты любознательных энтомологов.

Шмелей сажали в специальные банки 30х30х30 см, давали привыкнуть, а потом начинали откачивать воздух и наблюдали, может ли шмель оторваться от дна или нет. Заодно проводили киносъемку и мерили частоту звука от шмелиных крыльев. Обработка данных, как видно, была очень тщательной, заняла целых восемь лет — статью приняли в печать в январе 2014 года.

Все шмели оказались способными достичь высоты 7400 метров, пятеро «взлетели» выше 8000 метров, а двое поставили рекорд — более 9000 метров над уровнем моря. А стало быть, при случае могли бы полетать и над вершиной Эвереста (8848 м). Правда, в своем простом опыте исследователи не могли обеспечить соответствующих этой высоте мороза и снижения содержания кислорода — речь шла только об аэродинамике. Секрет же полета шмеля при малом давлении оказался таков: он не увеличивает частоту взмахов крыльями, но крыло при движении вперед проходит дальше. Соответственно его круговая скорость возрастает на 16%, а аэродинамическая сила — на все 35%. Для рекордов нужна хорошая мускулатура: у обоих высотников грудь была больше, чем у остальных.

Исследователи предполагают, что на такие подвиги способны именно самцы: им не привыкать улетать прочь из дома, на поиски приключений. Рабочие же шмели таскают большие тяжести, но только в дом и не издалека, поэтому непонятно, осилит ли они высотный полет. Поскольку в этот раз работяги не попали в ловушки экспериментаторов, следует ожидать продолжения: возможно, ученые их тоже попытаются загнать на условный Эверест.

А.Мотыляев



Эрнест Резерфорд: штрихи к портрету

Не все лауреаты Нобелевской премии по химии были химиками — Резерфорд, например, был физиком. Но он впервые расщепил атом, что оказало огромное влияние на философию химии. Сам Резерфорд химию наукой вообще не считал: «Наука — это либо физика, либо собирание марок». По поводу физиков, критикующих его статьи, Резерфорд написал одному из друзей: «Эти проклятые дураки, наверно, когда-то были химиками». Вспомнив, что пишет химику, добавил: «Простите, вы тут ни при чем».

О Резерфорде написаны целые библиотеки, научная карьера разобрана чуть ли не по часам. Поразительно, как много случайностей должно было произойти, чтобы великий талант физика-экспериментатора смог проявиться. Резерфорд в юности — простой деревенский парень. Родился он 30 августа 1871 года в маленьком новозеландском селении, в очень бедной семье шотландского иммигранта Джеймса Резерфорда и Марты Томпсон, прибывшей с матерью в Австралию из Англии. Она — учительница, он — колесный мастер, занявшийся из-за нужды переработкой льна. У них родилось семеро сыновей и пять дочерей; Эрнест был четвертым ребенком. Уже в детстве он отличался любознательностью. Как-то во время грозы отец вышел на веранду и увидел сына, стоящего в ночной пижаме и что-то бормочущего. На вопрос, что он делает, Эрнест не смог сразу ответить: дом потряс очередной удар грома. Но как только его раскаты стихли, мальчик ответил: «Я считаю. Считаю секунды между вспышкой молнии и ударом грома. Зная, что скорость звука тысяча двести футов в секунду, я могу посчитать, далеко ли до центра грозы».

Директор школы, в которой учился Эрнест, обратил внимание на его одаренность, особенно в области математики; он начал давать ему книги по естественным наукам. Первым объектом его экспериментов стали домашние часы — Эрнест полностью их разобрал. Увидев это, отец разволновался: часы — дорогая вещь, но Эрнест сумел их и собрать. Затем последовали самодельные фотокамеры, с которыми Эрнест делал снимки окрестностей.

И вот первая случайность. Эрнест собирался участвовать вместе с младшими братьями в опасной рыбалке в фиордах, узких морских заливах, вдающихся на несколько десятков километров в глубь суши. Но тут мать послала его с каким-то поручением к отцу, до работы которого было недалеко, и в результате Эрнест остался жив, а братья, десятилетний Чарльз и двенадцатилетний Герберт, утонули.

Стипендия округа Марлборо, давшая ему возможность учиться в Нельсоновском колледже, случайной не была: Эрнест получил на экзаменах 580 баллов из 600! В этом колледже он проучился с 16 до 18 лет, став первым по всем предметам. Окончив его, Эрнест сумел получить следующую стипендию, позволившую ему учиться в Крайчестерском университете. А вот то, что в университете только недавно появилась физическая лаборатория, можно назвать случайностью, определившей судьбу студента Резерфорда. Именно там зародилась страсть Эрнеста к физике. Его успехи в математике были больше, но учитель математики был скучным педантом.

И наконец, главная случайность. В 1851 году в Британии по случаю Всемирной выставки была учреждена специальная стипендия для окончивших университеты «в заморских владениях». Она присуждалась раз в два года и давала возможность продолжить научную работу в метрополии. В 1895 году ее должен был получить химик Джеймс Скотт Маклорен (1864—1939), о котором умалчивают почти все биографы Резерфорда. Это был достойный соперник, старше Эрнеста на семь лет, тоже выходец из большой семьи шотландских иммигрантов (у его родителей было 11 детей). Но Маклорен, обремененный семьей и имевший хорошую работу, не захотел ехать, и стипендия досталась Резерфорду.

Резерфорд отправился к своему кумиру, знаменитому физика Джозефу Джону Томсону, который заведовал кафедрой экспериментальной физики в Кембридже. Дальнейшее хорошо известно. В феврале 1896 года он установил мировой рекорд по дальности приема радиоволн (о чем историки радио обычно забывают). Далее было открытие альфа- и бета-излучения, восьмилетнее профессорство в Канаде, теория радиоактивных

С.А.ЕРШОВОЙ, Волгоград: *Звездочки на акриловых красках, как и на масляных, обозначают их светостойкость — от одной (низкая) до трех (высокая).*

МАРКУ, электронная почта: *Проекты биотехнологического производства изопрена — мономера каучука, конечно, существуют, но в качестве организма-производителя чаще используют не растения, а, например, бактерий или цианобактерий.*

Л.С.ШРЕДЕР, Санкт-Петербург: *Саго — это, строго говоря, не крупа; оно бывает настоящим, из крахмалистого вещества саговых пальм, и искусственным — из картофельного крахмала, есть также саго-тапиока из крахмала корней маниока (кассава).*

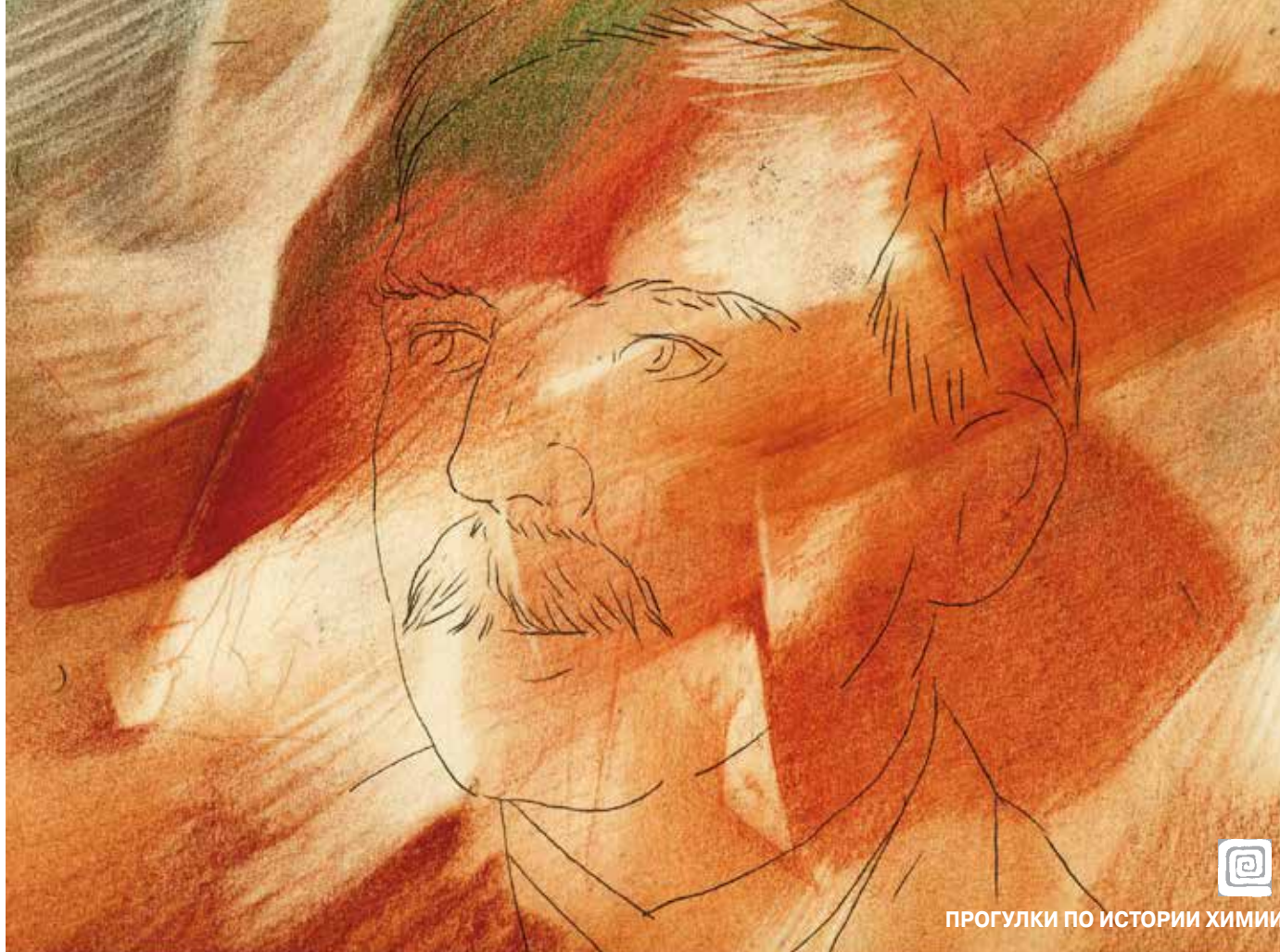
М.Н.АНТОНОВОЙ, Москва: *Яйцо не растекается по сковородке тонким слоем благодаря гликопротеину овомуцину — его содержание в сыром яичном белке всего 2—3%, но именно овомуцин придает ему гелеобразную структуру.*

Н.В.ФОКИНУ, Боровск: *Горечавку *Gentiana pneumonanthe* называли норичником потому, что с ее помощью лечили норицы — язвы на загривках лошадей; по современной классификации норичники — совершенно другой род*

М.ПЕЛЕВУ, электронная почта: *Существо, которое вы сфотографировали на груше, купленной в супермаркете, — это краснотелковый клещ; взрослые особи никакой опасности не представляют, а вот личинки паразитируют на теплокровных животных.*

А.Р., электронная почта: *Если присланный вами текст — это статья, то у нее должны быть название, постановка проблемы, ее решение и вывод, а если письмо в редакцию, то, наверно, хотя бы обращение...*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Приносим извинения за ошибку в статье «Полупроводниковый полуплакагест» (2013, № 12) — в оригинальной научной статье говорилось о смеси диаминна и дитиола, а не диаминна и диола; спасибо за внимательность М.Ерошову.*



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

превращений (разработанная совместно с Содди), первое в истории искусственное превращение атомов одного элемента в атомы другого. И разве не поразительно, что первый опыт его студенческих размышлений назывался «Эволюция элементов», а последняя работа носила название «Современная алхимия»?

Резерфорд был обладателем бесчисленного числа наград, премий и почетных званий. Главной, конечно, была Нобелевская премия. В решении Нобелевского комитета от 10 ноября 1908 года значилось, что премия присуждена «за исследования по расщеплению элементов и химии радиоактивных веществ». Сам Резерфорд об этом решении сказал в свойственной ему манере: «В свое время я наблюдал много превращений с разными временами, но самое быстрое, с которым я когда-либо встречался, — это мое собственное превращение из физика в химика». Тем не менее Резерфорд не стал огорчать Нобелевский комитет и назвал свою лекцию так, чтобы она соответствовала номинации: «Химическая природа альфа-частиц, испускаемых радиоактивными веществами».

Резерфорд был превосходным экспериментатором. Ему часто приходилось работать с примитивным оборудованием, но это его не смущало. «Я мог бы заниматься научной работой и на Северном полюсе», — как-то заявил он. По словам английского писателя и физика Чарльза Перси Сноу, «Резерфорд работал с допотопными, простыми приборами, но действительно выжимал из них все, что они могли дать». Список его научных трудов — один из самых больших в истории науки. Он обладал непревзойденной интуицией. Трудно найти ученого, который за свою жизнь допустил бы так мало ошибок. Одну из них он сделал в 1933 году во время выступления в Британской ассоциации содействия науке, когда сказал: «Эти превращения атомов представляют исключительный интерес для ученых, но мы не сможем управлять атомной энергией в такой степени, чтобы это имело какую-нибудь коммерческую ценность, и я считаю, что вряд ли мы когда-нибудь будем

способны сделать это... Об атомных превращениях наговорили множество всякой чепухи. Наш интерес к этой проблеме чисто научный». Это было сказано за шесть лет до открытия цепной реакции деления урана и за девять лет до того, как начал работать первый атомный реактор.

В результате Резерфорд всегда жил скромно, хотя при желании мог стать миллионером. В своем завещании он оставил сумму, равную полученной им некогда Нобелевской премии, что составляло тогда 7000 фунтов стерлингов.

Скончался Резерфорд в возрасте 66 лет. А ведь вполне можно было ожидать, что он доживет до глубокой старости (его отец прожил почти 90 лет, мать — 92). Его смерть была не только внезапной, но и трагически случайной с врачебной точки зрения. Он почувствовал сильную боль в области живота. Его доставили в кембриджскую клинику, и будь это обычный пациент, быстро бы прооперировали: у него оказалась ущемленная пупочная грыжа — результат падения во время работы в саду. Но Резерфорд был лордом. А по британским законам того времени лорда мог оперировать только хирург, имеющий рыцарское звание. Из Лондона вызвали сэра Томаса Данхилла, прекрасного хирурга, но было поздно...

Любимый ученик Резерфорда, Петр Капица, писал: «Я не могу вспомнить другого ученого, современника Резерфорда, в лаборатории которого воспитывалось бы столько крупных физиков».

В заключение — несколько высказываний самого Резерфорда. «Господа, мы израсходовали на эксперименты все деньги. Настало время думать».

«Если ваш эксперимент требует статистической обработки, проделайте эксперимент лучше».

«Если вы спорите о чем-то в науке, что кажется вам невозможным, никогда не ставьте больше одного против 2¹⁰».

И.А.Леенсон



АНАЛИТИКА ЭКСПО

12-я Международная выставка лабораторных технологий,
химического анализа, биотехнологий и диагностики

15–18 апреля 2014 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

Более 6000 посетителей

Свыше 250 участников



Забронируйте стенд на сайте

www.analitikaexpo.com

ВСЁ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ И ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА!



Организатор:



Тел: +7 495 935 81 00
E-mail: analitikaexpo@ite-expo.ru

Соорганизаторы:



Генеральный спонсор:

