



XXI век



2002 ЖИЗНЬ И ВМЕСТЕ







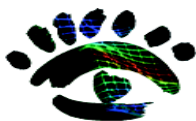
2

Химия и жизнь—XXI век
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

2002

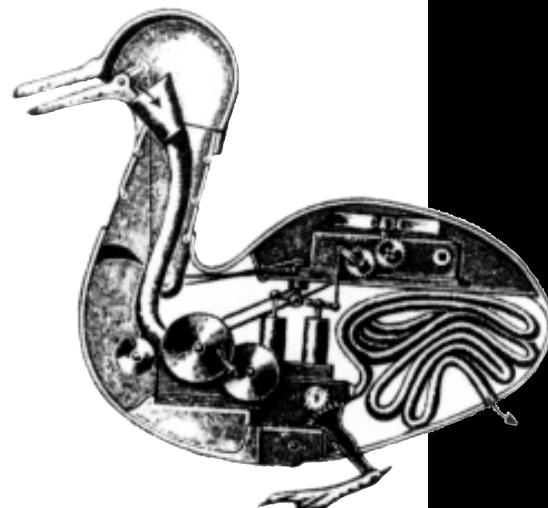
*Чтобы переварить знания,
надо поглощать их с аппетитом.*

Анатоль Франс



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок П.Перевезенцева
к статье «Эфирные масла»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
английского художника Фридриха «Путешественник
над бездной». Чего нам не хватает? Острых ощущений,
которые нередко заканчиваются стрессом,
что само по себе не так уж плохо. Об этом читайте
в статье «Стресс — ускоритель эволюции»*





СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:
Компания «РОСПРОМ»
 М.Ю.Додонов
Московский Комитет образования
 А.Л.Семенов, В.А.Носкин
Институт новых технологий образования
 Е.И.Булин-Соколова
Компания «Химия и жизнь»
 Л.Н.Стрельникова

Зарегистрирован
 в Комитете РФ по печати
 17 мая 1996 г., рег.№ 014823

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н.Стрельникова

Главный художник

А.В.Астрин

Ответственный секретарь

Н.Д.Соколов

Зав. редакцией

Е.А.Горина

Редакторы и обозреватели

Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,

Л.А.Ашкинази, Л.И.Верховский,

В.Е.Жвирблис, Ю.И.Зварич,

Е.В.Клещенко, С.М.Комаров,

М.Б.Литвинов, О.В.Рындина,

В.К.Черникова

Производство

Т.М.Макарова

Служба информации

В.В.Благутина

Агентство ИнформНаука

Т.Б.Пичугина, Н.В.Коханович

textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 06.02.2002

Допечатный процесс ООО «Марк Принт

энд Паблшер», тел.: (095) 136-37-47

Отпечатано в типографии «Финтрекс»

Адрес редакции

107005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:

(095) 267-54-18,

e-mail: chelife@informnauka.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/>

chemlife/welcome.html;

<http://www.aha.ru/~hj/>;

<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка

на «Химию и жизнь — XXI век»

обязательна.

Подписные индексы:

в каталоге «Роспечать» — 72231 и 72232

(рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)

в Объединенном каталоге

«Вся пресса» — 88763 и 88764

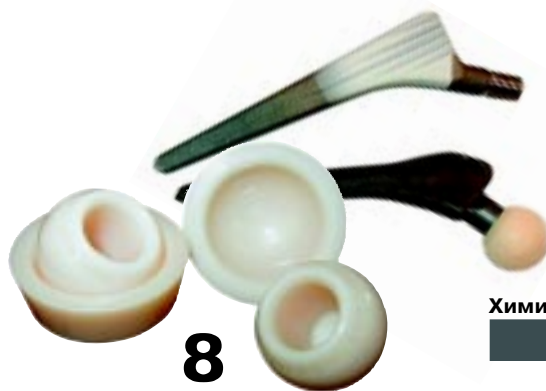
(рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)

© Издательство

научно-популярной литературы

«Химия и жизнь»

При поддержке
 Института «Открытое общество»
 (Фонд Сороса). Россия»

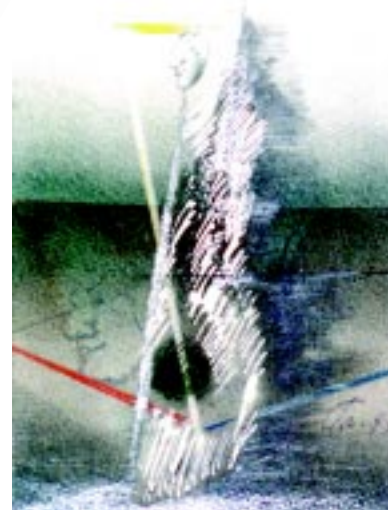


Рынок биоматериалов
 явно переживает бум.
 В начале 80-х годов
 только в США и Западной
 Европе ежегодно
 имплантировали
 около 4–5 миллионов
 костных протезов.

16

Пока что
 главный итог
 исследований
 по клонированию — это
 констатация факта: методики
 несовершенны, выход удачных
 случаев чрезвычайно мал.
 Живыми рождаются лишь
 единицы, не более 1–2 %.

Химия и жизнь — XXI век



ИНФОРМНАУКА

ЖИЗНЬ АВТОМОБИЛЯ БЕЗ ПЛАТИНЫ	4
ЗАЧЕМ ЧЕЛОВЕКУ ТРАХЕЯ	4
ПЛЕВОК И ВСПЫШКА	5
ОТЧЕГО СКОРПИОН ЯДОВИТ	5
ЗАЧЕМ ГОЛУБИМ ЕЛЯМ ЛИШНИЕ ХРОМОСОМЫ?	6
ПОЧЕМУ ЖИРОВЫЕ КЛЕТКИ СТОЛЬ ЖИВУЧИ?	6
ПОЛНЫХ ЛЮДЕЙ НЕ ЛЮБИЛИ В ДЕТСТВЕ	6
ДУШЕВНОБОЛЬНЫЕ БОЛЬНЫ НЕ ТОЛЬКО ДУШЕВНО	7

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

С.В.Дорожкин, С.Агапоулус	
БИОМАТЕРИАЛЫ: ОБЗОР РЫНКА	8
Ю.Д.Третьяков	
СТЕКЛЯННЫЙ, ОЛОВЯННЫЙ, ДЕРЕВЯННЫЙ?	10
Б.И.Белецкий	
РОССИЙСКИЕ КОСТИ	13

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Л.С.Бочарова, Т.А.Чайлахян, Л.М.Чайлахян	
КЛОНИРОВАНИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ	16
В.В.Вельков	
СТРЕСС — УСКОРИТЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ	19

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Н.Г.Замятина	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ АРОМАТА	26

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Л.Я.Кизильштейн	
ИСКОПАЕМЫЕ РАСТЕНИЯ: РАССМАТРИВАЕМ НЕВИДИМОЕ	32

ИНФОРМНАУКА

МАГНИТНЫЕ БУРИ ЕЩЕ И ТРЯСУТ	37
О ПОЛЬЗЕ БЕЛЫХ ГРИБОВ	37



Спонсор
 журнала
 фирма

ChemBridge Corporation



Ароматы многие века популярны на Востоке, где искусство составлять благовония и их употреблять стало составной частью приличного воспитания. В нашей стране интерес к действию запахов появился сравнительно недавно, породив оригинальную отрасль медицины — ароматерапию.

26

44

Кто не слышал о крысах, этих прожорливых, наглых, зубастых и заразных тварях, которые довели до ручки город Гаммельн, едва не испортили праздник хорошим



детям, если бы не Щелкунчик, и отличились еще во многих других историях? Между тем крысы могут быть замечательными товарищами и детям, и взрослым.

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

А.А.Минин

ДЕРЕВЬЯ И ПТИЦЫ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА 38

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Д.А.Жуков

КРЫСА КАК ДОМАШНЕЕ ЖИВОТНОЕ 44

САМОЕ, САМОЕ В ХИМИИ

И.Леенсон

НА ЧТО СПОСОБНЫ ХИМИКИ 50

КОНКУРС

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ 53

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

С.Знаменский

НА ДЕНЕЖКИ ВОДЯНОГО 54

АРХИВ

В.В.Налимов

ЖИЗНЬ И СМЕРТЬ 56

ГИПОТЕЗЫ

В.Е.Жвирблис

АНТИНОМИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ 60

ФАНТАСТИКА

Е.Клещенко

НЕТОЧНАЯ КОПИЯ 62

ИНФОРМНАУКА

ОПАСНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ 69

ТЯГА К НАРКОТИКАМ — В БАЛЛАХ 69

НОВОСТИ НАУКИ 14

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 24

ПИШУТ, ЧТО... 70

ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ 48

ПЕРЕПИСКА 72

В номере

4

ИНФОРМНАУКА

Зачем человеку трахея — взгляд физиков, отчего скорпион ядовит — взгляд химиков, почему люди толстеют — взгляд физиологов.

19

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Об эволюции, которая основывается на случайных роковых и счастливых ошибках.

32

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

О чем могут рассказать ископаемые растения? О климате, рельефе и составе почв в далеком прошлом.

50

САМОЕ, САМОЕ В ХИМИИ

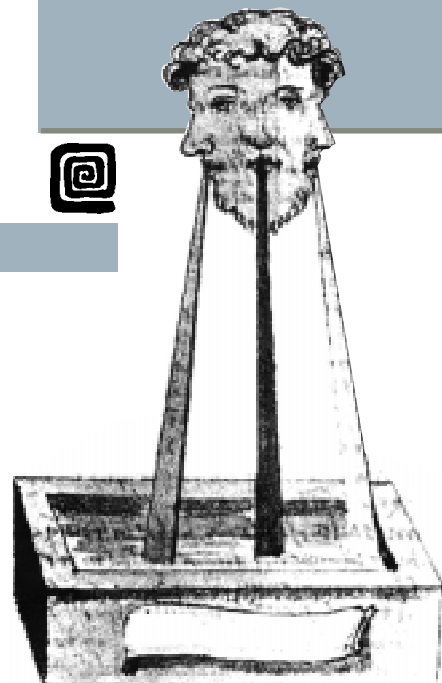
Людам свойственно заблуждаться. Ученые — люди. Следовательно, ошибаться — научно.

56

АРХИВ

«Мы не давали определения того, что есть жизнь и что есть смерть. Не давали потому, что не могли найти безупречного, логически завершеного построения двух аспектов одного и того же явления». В.В.Налимов

ИнформНаука



Жизнь автомобиля без платины

Катализаторы, с помощью которых можно полностью избавиться от угарного газа в выхлопе автомобиля, а большую часть азота превратить в безвредные соединения, разработали ученые Института физической химии РАН.

Глушители всех европейских автомобилей теперь оснащены катализатором из платины и палладия. Эти металлы помогают превратить содержащиеся в выхлопных газах двигателя оксид углерода и углекислоты в обычный углекислый газ, а оксиды азота — в азот. Однако борьба за чистоту воздуха привела к тому, что в придорожной пыли появилась платина. Возникла даже научная проблема: как определять ее содержание в придорожных растениях?

Увы, драгоценные металлы — не лучшее решение проблемы выхлопных газов: они очень дороги и со временем расходуются. Иными словами, деньги превращаются в пыль в прямом смысле этого слова.

Впрочем, определять, сколько палладия и платины рассеяно в придорожной пыли, скоро совсем не придется. Потому что химики из Института физической химии РАН разработали катализаторы, которые по эффективности почти не уступают традиционным, зато сделаны из самых обычных металлов. Главный из них — кобальт, который образует сложное соединение с медью, марганцем, магнием или цинком.

Если взять оксид алюминия и пропитать его нитратами металлов, а потом термически обработать по специальной программе, то соединение приобретет нужную структуру и станет отличным катализатором. С его помощью авторы сумели 64% оксидов азота превратить в безвредные соединения, а от угарного газа в выхлопе избавиться полностью.

Весьма вероятно, что новые катализаторы смогут заменить традиционные пал-

ладиевые и платиновые, и проблема определения платиновых металлов в подорожке отпадет сама собой. А определять в растениях медь и кобальт научились давно.

Ну а если дешевый катализатор не сможет пробиться на рынок, то не исключено, что кому-нибудь придет в голову мысль выращивать на обочине специальные растения, которые будут концентрировать платину и палладий. Они то и послужат источником этих драгоценных металлов.

Зачем человеку трахея

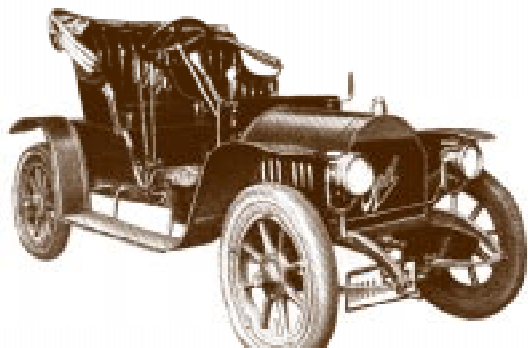
Физикам тесно в рамках их науки, и они осваивают другие дисциплины. Не избежала их внимания и биология. Там, где используют несвойственные данной науке методы, и результат получается неожиданный. Например, у физиков из Института механики МГУ им. М.В.Ломоносова теперь есть свой ответ на вопрос, зачем человеку трахея.

Физики в биологии — не редкость. Явление это удивительное. С одной стороны, они не знают биологии (им это незаметно, но бросается в глаза всем биологам), поэтому берутся за такие вопросы, которые биологу и в голову не придут. С другой стороны, решение этих задач, да еще традиционными физическими и математическими методами, приводит иногда к занятным результатам. Человеческий организм физики представляют в виде механической системы, которую они разывают на части и каждую изучают отдельно. Дойдя до трахеи, физики задались вопросом, а зачем, собственно, она нужна?

Физиологи издавна считали, что по трахее воздух поступает из носоглотки в легкие и обратно. Это мускулистый орган, укрепленный хрящевыми полукольцами. Поэтому трахея прочная, а задняя стенка, прилегающая к пищеводу, у нее эластичная. Благодаря такому устройству в глотку пролезают большие куски. Но физики сочли чревугодие недостаточным основанием для того, чтобы трахея имела такое сложное строение, и решили, что тут скрывается что-то другое. С точки зрения механики трахею можно уподобить армированной трубе, а ее заднюю стенку — упругой мембране. А мембрана должна вибрировать. Но зачем?

Чтобы осуществлять гидравлическую связь между легкими и верхними дыхательными путями, обеспечивающую обмен воздухом между легкими и атмосферой, это не нужно. Кусками давиться необязательно, можно и прожевать хорошенько. Так зачем же? Оказывается, чтобы лучше кашлять.

Физические свойства задней стенки трахеи ученые определили с помощью математического моделирования, взяв за основу результаты экспериментов, проведенных за рубежом лет двадцать назад. Считали они около года, и вот какая получилась картина. Смысл кашля в том, чтобы очистить легкие и дыхательные пути. Вся мелкая грязь выходит со слизью. Слизь при кашле вылетает тем эффективнее, чем толще ее слой на стенках трахеи и чем быстрее движется воздух. Еще лучше, чтобы скорость воздуха в трахее во время кашля («кашлевого акта») менялась. Все это и обеспечивает эластичная задняя стенка. При кашле ее мышцы сокращаются, и просвет трахеи сужается процентов на двадцать. В результате увеличивается и скорость воздушного потока, и толщина слизи на стенках. Но стенка-то эластичная и после сокращения мышц продолжает деформироваться. Расчеты показали, что при трехкратном изменении эффективного диаметра трахеи, на стенках которой в исходном состоянии находился слой слизи толщиной в полмиллиметра, вынос слизи увеличивается более чем в 10 раз по сравнению с выносом слизи в недеформируемой трахее. Если бы трахея не была эластичной, а просто сужалась при кашле, такой эффективности достичь бы не удалось. Поэтому физики считают, что «основная физиологическая функция податливой задней стенки трахеи (и трахеи в целом) состоит в создании условий, обеспечивающих эффективный кашлевой акт».





Плевков и вспышка

Помните начало фильма «Формула любви»? Разъяренная дама плюет... и взрывает. Серьезная наука не одобряет шумных опытов, но небольшую вспышку света плевком вызвать можно. Такого эффекта добились сибирские ученые при поддержке INTAS.

В жизни человека могут быть разные ситуации. Например, летит он в космосе. Долго летит. И кальций начинает из его костей потихоньку выходить. Пока космонавт не вернулся на Землю, он этого не ощущает; определить изменения можно только лабораторными методами. В условиях невесомости все сложно, особенно работа с жидкостями, поэтому чем проще тест-система, тем лучше. Идеальный вариант вообще не требует никаких жидкостей, кроме исследуемой — крови, мочи или слюны. Но куда же плевать? Группа ученых из Красноярского Института биофизики СО РАН разработала специальную пластинку, на которую нанесен белок, способный при взаимодействии с ионами кальция испускать кванты видимого света.

В организме животных кальций регулирует многие физиологические процессы. В крови и межклеточной жидкости кальция примерно столько же, сколько в морской воде, а в клетках — в десять тысяч раз меньше, поэтому клетки бурно реагируют на изменение его концентрации. А меняется она очень часто — в ответ на любое раздражение клеточной поверхности ионы кальция проникают внутрь. Ответ на этот приток ионов зависит от природы клетки; он может привести к движению, синтезу какого-нибудь вещества, разрядку нервных импульсов или свечению. Многие животные светятся, приманивая добычу или партнера. Делают они это с помощью особых фотобелков, чувствительных к концентрации ионов кальция. Один из таких светящихся белков, обелин, ученые использовали в своих разработках.

Ученые заставили кишечную палочку синтезировать этот белок. Но как из вязкой массы выделить обелин? Сделать это можно с помощью наноалмазов, то есть алмазной пыли, которая избирательно адсорбирует нужный белок. Алмазики с

осевшим белком тоже надо на что-то собрать. Для этого использовали подложку из металлического алюминия, покрытую окисной пленкой, а на пленку нанесли специальный адгезивный слой, к которому хорошо прикрепляются наноалмазы, несущие на своей поверхности фотобелок. Получилась тонкая четырехслойная пластинка. Теперь ее нужно особым образом высушить, и тест-система готова.

Пластинку можно использовать в течение длительного времени и хранить при комнатной температуре. Активность белка, высушенного и распластанного на подложке, почти на 60% меньше, чем в клетке или в растворе. Но и этого достаточно, чтобы без проблем регистрировать свечение. А длится оно около двух секунд — в два раза дольше, чем свечение свободного белка.

Исследователи испытали высушенные подложки на человеческой слюне и убедились в том, что их действительно можно использовать для регистрации ионов кальция в реальных физиологических жидкостях. Отсюда лишь несколько шагов до создания плоских люминесцентных датчиков (биочипов), способных работать в необычных условиях. Возможно, скоро такие датчики будут входить в походную аптечку каждого экстремала, а ученые пока усовершенствуют свое изобретение.

Отчего скорпион ядовит

Разложив на составные части яд вьетнамского скорпиона, российские ученые из Института элементоорганических соединений РАН выделили из него белки-токсины и поняли, каким образом он обездвигивает или убивает свою добычу. Следующий шаг — научиться использовать эти токсины в медицине.

Скорпион одним своим видом говорит, что он опасен. И действительно, встреча с ним не сулит ничего хорошего не только мелким тварям, но и человеку: его укус очень болезненный, а у некоторых тропических видов может оказаться смертельным. Именно с таким видом, вьетнамским скорпионом, решили поближе познакомиться ученые из Московского Института элементоорганических соединений. Они исследовали яд чле-

нистоногого, чтобы узнать, какие его компоненты наиболее токсичны и как они действуют.

Яд растворяли в воде, раствор крутили на центрифуге и отделяли белковый осадок (известно, что токсические вещества яда — это белки). Затем разделяли осадок на фракции при помощи хроматографии. Токсичность полученных фракций проверяли на лабораторных мышках — отбирали те, от которых мыши погибали. Эти фракции подвергли повторной хроматографии и, наконец, получили семь чистых белков-токсинов с разной длиной молекулярной массой.

Механизм действия токсинов ученые изучали на препарате изолированного нерва лягушки — это нервное волокно, которое сохраняет способность проводить электрические импульсы. Все токсины снижали так называемый потенциал действия — разность потенциалов на мембране, которая порождает электрический ток в нервном волокне. Больше всего снижали амплитуду этого потенциала токсины с меньшей молекулярной массой. Токсины также замедляли скорость проведения электрического импульса по нерву, хотя это свойство уже не зависело от молекулярной массы.

Сопоставляя эти данные, ученые сделали вывод, что мишенью для токсинов служат «ионные каналы» — микроскопические отверстия в мембране нервной клетки, через которые в нее входят ионы натрия, и внутреннее пространство клетки получает положительный заряд. Такая

перезарядка необходима для возникновения тока в нервном волокне, а если разность потенциалов недостаточна, то электрический импульс блокируется. В результате возникает паралич, иногда смертельный.

Зная состав и действие скорпионьего яда, медики смогут правильно и быстро подобрать противоядие. А кроме того, этот яд, как и большинство остальных, — «жизнь и смерть в одном флаконе»: его издавна используют в народной медицине. Но для целенаправленного и грамотного его применения нужно знать действующие вещества и понимать, какую мишень в организме они поражают. Тогда их, к примеру, можно использовать, чтобы снять боль или двигательное возбуждение.





Зачем голубым елям лишние хромосомы?

Судьба лесной елочки известна всем. А вот если елочка родилась в городе или долго там росла, у нее, скорее всего, будут дополнительные хромосомы. К таким выводам пришли генетики из Воронежского государственного университета.

Все животные и растения имеют своеобразный паспорт — набор хромосом. Их число, размер и форма неизменны для каждого вида. Но иногда ученые обнаруживают экземпляры с дополнительными хромосомами. Как и для чего они возникают, до сих пор остается предметом научных споров, хотя дополнительные хромосомы известны уже давно. Особенно много видов с нестандартным хромосомным набором среди елей. Сотрудники кафедры генетики, селекции и теории эволюции Воронежского государственного университета убеждены, что голубым елям дополнительные хромосомы позволяют жить и размножаться в экстремальных городских условиях.

Колючие голубые ели, растущие в центре Воронежа, родом из Канады. Им уже больше 30 лет. Лесоводы ценят этот вид не только за красоту, но и за такие особо важные в городских условиях качества, как устойчивость к морозу и ветру, а также способность выдерживать пыль, дым и сухой воздух. Воронежские генетики исследовали хромосомный набор своих городских елей, чтобы посмотреть, как на него влияет городской стресс. Хромосомы разглядывали в елочных почках.

Из 10 исследованных деревьев восемь имели по одной дополнительной хромосоме. Все они (деревья, а не хромосомы) были покрыты гроздьями шишек, а у елей с обычным набором шишек почти не было. Однако одних шишек елке недостаточно, в них еще семена должны быть. А семян у голубых елей очень мало — с трудом наскребли 150 штук. Из них проросли только четыре, причем один проросток вскоре погиб, другой перестал расти, а у двух других ученые обнаружили допол-

нительные хромосомы. Проанализировав эти результаты и сопоставив их с данными, полученными другими учеными, генетики пришли к выводу, что присутствие дополнительных хромосом обеспечивает выживание и размножение деревьев в стрессовых для данного вида условиях — голубые ели обычно растут все-таки в горах, а не на загазованной центральной площади города. Скорее всего, дополнительные хромосомы образуются в результате мутации — перестройки хромосом основного набора, и позволяют елям регулировать работу генов таким образом, чтобы обеспечить большую пластичность популяции. Воронежские ели, во всяком случае внешне, в хорошем состоянии.

Эти данные представляют безусловный практический интерес. Теперь озеленители могут поинтересоваться хромосомным «паспортом» юного дерева и выбрать сеянцы с дополнительными хромосомами как наиболее перспективные для выращивания на загрязненных территориях. Еще лучше отобрать такие формы, которые способны передавать дополнительные хромосомы по наследству.

Почему жировые клетки столь живучи?

В жуткий и малоизвестный мир жира заглянули в Научно-исследовательском центре Московского государственного медико-стоматологического университета. Задача состояла в том, чтобы перевести жировые клетки организма в культуру и понаблюдать за ними «в вольере».

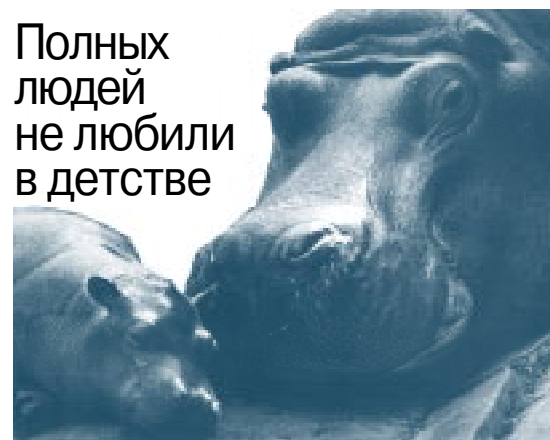
В нашем организме все находится в строгом порядке и заключено в специальные клетки, даже жир. Жир — не лишняя деталь, как думают многие. Он служит для организма источником энергии и воды. Не будь жира, мы бы отошдали, замерзли и иссохли. Именно для хранения запаса этого важнейшего ресурса, а не для того, чтобы портить нам здоровье и фигуру, существуют жировые клетки (липоциты). В организме здорового человека жира примерно столько же, сколько и мышц. Мелкие капельки жира накапливаются в молодой жировой клетке по мере созревания. Постепенно они сливаются, и в зрелой клетке крупная жировая капля занимает всю центральную часть, а цитоплазма с ядром размазаны по мембране. Если жира оказывается слишком много, капли, а с ними и клетки, раздуваются и раздуваются. Липоциты располагаются в основном вдоль кровеносных сосудов, но под кожей, между лопатками и в сальнике их скапливается доста-

точно много. Отсюда и можно выделить специальную жировую ткань.

Ученые взяли крошечные кусочки жировой ткани подкожной клетчатки у 9 людей нормального сложения и у 12 больных алиментарно-конституционным ожирением и наблюдали, как жировые клетки ведут себя в культуре. Эти клетки оказались очень живучими. Все запасенное они хранили с честью: не получая в культуре ни мучного, ни сладкого, ни жирного, они с жиром не расстались, хотя их и культивировали почти два месяца (не верьте тем, кто обещает похудение на 1 кг в день). Липоциты хорошо перенесли переход из организма в культуру, продолжали жить и потихонечку делиться: на смену отжившим клеткам приходили новые.

Липоциты большим ожирением ведут себя более агрессивно: они сливаются в многоядерные клетки, которые довольно быстро размножаются, сохраняя контакт между собой. Такая активность, по мнению исследователей, свидетельствует о том, что возрастание массы жировой ткани у больных ожирением происходит не только в результате накопления жира внутри клетки, но и потому, что увеличивается число жировых клеток. Это обстоятельство необходимо учитывать при профилактике и лечении ожирения. Перед желающими похудеть, оказывается, стоит задача не только избавиться от лишнего жира, но и деть куда-то лишние клетки. Собственно говоря, решать эту проблему предстоит не им, а специалистам, и есть надежда, что культура жировой ткани человека им в этом поможет: ее можно использовать для изучения влияния различных факторов на липоциты.

Полных людей не любили в детстве



Около трети населения планеты страдает ожирением, основная причина которого — переедание. По мнению ученых из Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова, эффективно избавиться от лишнего веса можно только в том случае, если врач учитывает психологические особенности больного.



Многие пытаются избавиться от ожирения, но редко кому это удается. Лишь 5–10% пациентов удерживают достигнутые показатели в течение двух лет. Основной рецепт похудения известен: меньше есть. Но диета или голодание вызывают у тучных людей сильный стресс, в результате которого они или отказываются от лечения, или перестают соблюдать диету, как только кончают курс, и все сброшенные килограммы немедленно к ним возвращаются. Психотерапия тоже недостаточно эффективна — пациенты худеют медленно, а им хочется быстро. Исследования, проведенные на кафедре нервных болезней факультета послевузовского профессионального образования Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова, показали, что лучше всего сочетать голодание, физические упражнения и психотерапию. Но чтобы лечение было эффективным, необходимо установить причины, заставляющие людей переедать.

Наблюдения за больными показали, что у всех тучных людей много общего: нейроэндокринные нарушения и плохая наследственность (у большинства пациентов хотя бы один из родителей был очень полным). Они слишком много едят, но мотивы, призывающие их к тарелке, различны. Некоторые просто любят поесть, причем калорийную пищу и во второй половине дня. Таких людей довольно сложно заставить соблюдать диету и режим. Они уверены, что диета им не нужна, а полнота вызвана какой-то болезнью, обижаются на врачей и требуют лечения. Другой группе больных ожирением свойственно так называемое эмоциональное пищевое поведение (ЭПП); иными словами, они начинают усиленно есть в ответ на стресс.

Эмоциональное пищевое поведение проявляется по-разному. Одни просто привыкли часто перекусывать, чтобы поднять настроение. У других не реже двух раз в неделю случаются приступы обжорства, при которых человек быстро заталкивает в себя огромное количество еды, не испытывая при этом голода, а потом сожалеет о содеянном. Третьи плохо спят и объедаются по ночам. Все эти люди понимают, что с ними не все в порядке, время от времени пытаются ограничить себя в еде, но испытывают сильную «диетическую депрессию» и продолжают поедать.

Истории болезни пациентов с ЭПП печальны. В младенчестве они были лишены полноценного грудного вскармливания, кормили их по режиму, не учитывая чувства голода. И в дальнейшем еда нередко служила средством поощрения, наказания или утешения. Порой лакомый кусочек был единственным проявлением добрых чувств со стороны родителей. В результате люди привыкли есть, чтобы получать положительные эмоции, и пси-

хическое напряжение снимают едой. Такое пищевое поведение — свидетельство незрелой психики. Пациенты с ЭПП импульсивны, по большей части пессимисты, в сложных ситуациях переключаются ответственность на других. Младенческие реакции особенно выражены у тех, кто ест по ночам. Как у грудничков, у этих людей сытость вызывает сон, а голод — бодрствование.

Пациентов, которые заедают стрессы, бесполезно просто ограничивать в еде — они затоскуют и прервут лечение. Им необходима психотерапия. Врачу следует заинтересовать больных чем-то кроме еды, научить их регулировать свои эмоции, не набивая желудок, повысить их устойчивость к стрессу. Пациент должен научиться отличать чувство голода от эмоционального дискомфорта. По мнению московских медиков, групповая терапия в данном случае не подходит — с каждым человеком надо работать индивидуально, учитывая его психологические особенности.

Эту идею врачи претворили в жизнь, пролечив в стационаре 40 человек. Сочетание индивидуальной психотерапии с длительным дозированным голоданием (в среднем 18 дней) и лечебной физкультурой помогло большинству больных не только потерять вес и избавиться от некоторых недугов, сопутствующих ожирению, но и выработать правильный стиль пищевого поведения. В результате они удерживают достигнутые результаты уже больше года. К начальному весу не вернулся никто.

Медики считают, что психотерапия помогает избежать диетического стресса, а долгое воздержание от пищи формирует особое функциональное состояние мозга, которое облегчает психотерапию. Однако после завершения курса больным надо регулярно навещать психотерапевта, чтобы не располнеть в будущем.

А корень всех бед — в нехватке родительской заботы. Родители, любите своих детей, будьте внимательны к ним, пока не поздно.

Душевнобольные больны не только душевно

В здоровом теле, как известно, здоровый дух. А если дух заболевает, может ли тело оставаться здоровым? Насколько связаны душевное и физическое здоровье? На это отвечают ученые из Сибирского государственного медицинского университета, которые исследовали, какие изменения происходят в крови человека при психических заболеваниях.

Под их наблюдением находились 53 пациента в возрасте от 17 до 52 лет с диагнозом шизофрения, с умственной отсталостью и с невротическими расстройствами. Все испытуемые чувствовали себя удовлетворительно и перед экспериментом в течение полугода не принимали никаких психотропных лекарств. Ученых интересовали эритроциты — красные кровяные клетки. Из образцов крови они изготавливали препараты для трансмиссионной электронной микроскопии, которая позволяет увидеть ультраструктуру клетки.

Сначала под объектив электронного микроскопа попали эритроциты здоровых добровольцев, которые составляли контрольную группу. Подавляющее большинство их красных кровяных клеток были дисковидной формы, с четко выраженной мембраной и зернистым содержимым (гранулы гемоглобина), которое равномерно заполняло все внутреннее пространство. Хотя иногда встречались эритроциты с поврежденной мембраной или деформированные. Это просто старые клетки, которые есть в крови всегда — естественное старение и смена клеток происходят постоянно.

Но вот под микроскопом кровь шизофреников. Сразу бросается в глаза, что «неправильных» эритроцитов здесь гораздо больше. У многих клеток повреждена мембрана — она разорвана в нескольких местах, или неравномерно утолщена, или отслаивается от внутреннего содержимого. Отделившиеся фрагменты мембраны иногда образуют собственные пузырьки-вакуоли внутри клетки или снаружи. Такие же повреждения ученые обнаружили и в эритроцитах умственно отсталых пациентов. Кроме того, у них во многих клетках гранулы гемоглобина распределены не равномерно, а образуют отдельные скопления. Даже невротические расстройства «портят кровь» (оказывается, это выражение вовсе не лишено смысла!). В крови невротиков довольно много клеток со сходными изменениями: их было меньше, чем у шизофреников и умственно отсталых, но больше, чем у здоровых добровольцев.

Очевидно, что, если в крови много поврежденных эритроцитов, она хуже снабжает кислородом ткани и органы. Выходит, что болезнь психики вызывает сбой в работе всего организма. А может быть, наоборот?



Биоматериалы: обзор рынка

Кандидат химических наук

С.В. Дорожкин, Россия,

Ph.D. **Симеон Агатопоулус**, Греция

Рынок биоматериалов явно переживает бум. В начале 1980-х годов только в США и Западной Европе ежегодно имплантировали около 4–5 миллионов костных протезов. Откуда берутся такие огромные цифры — понятно, ведь теперь можно заменить не только кость, но и суставы: бедренный, коленный, плечевой, локтевой и даже кисть. Кроме того, есть еще различные винты, крепления, фиксаторы и удлинители костей. Основные потребители биоматериалов — люди в возрасте 15–25 лет и пенсионеры. Почему так — нетрудно догадаться: молодые любят рисковать, а старых подстерегают болезни и гололед. Чем же родная химия может им помочь? Современная медицина в качестве заменителей костей использует металлы и их сплавы (Ti, Ti-Al-V, Co-Cr, Co-Cr-Mo-Ni, нержавеющую сталь), керамику (фосфаты кальция, оксид алюминия, углерод), специальные виды стекла, полимеры и различные композиты, сочетающие в себе все материалы, названные выше. Рассмотрим их по порядку.



1
Керамические части для искусственных суставов — см. также рис.3

Полимеры

Полимер — материал удобный: легкий, технологичный, гибкий, упругий, и даже с химической точки зрения немного похож на ткани живого организма (химические связи в полимерах и белках). Для замены живых тканей используют полиэтилен, полипропилен, силикон, тефлон, дакрон (ткань), полиметилметакрилат, полиуретан, некоторые виды смол и т.д. Главный недостаток этой группы материалов — деградация полимерных молекул. Она неизбежно начинается со временем даже в самых благоприятных условиях, а внутренняя среда организма весьма агрессивна: полимер атакуют фагоциты, ферменты, стремящиеся его окислить или гидролизовать, а также свободные радикалы: пероксиды, липиды, липопротеины и т.п. В результате постепенно снижается механическая прочность протеза, и имплантат требует замены. Более того, в процессе деградации от длинной цепи постоянно отщепляются ее составные части-мономеры и растворяются в крови, лимфе и других жидкостях человеческого организма. Теоретически они могут вызывать отравление.

Металлические имплантаты

Металлические протезы просты в изготовлении, очень прочны и химически инертны. Они относительно дешевы, поэтому на них чаще всего падает выбор. Главный недостаток металлов — они подвержены коррозии, из-за кото-

2
Металлические имплантаты для замены поврежденных тазобедренных суставов. Материалы: металл (титан), покрытый слоем фосфатов кальция, и керамический (окись алюминия) шарообразный «набалдашник», который вставляют в керамическую полусферу (в левом верхнем углу)



рой снижается механическая прочность и организм отравляют перешедшие в раствор ионы металлов. Кроме того, все металлы — хорошие проводники электричества, поэтому контакт двух разных имплантированных металлов может образовать внутри тела человека гальваническую пару. Даже слабый электрический ток будет раздражать нервные окончания и вызывать сильную боль. Нельзя забывать, что металлы плотнее костей человека, а значит, тяжелее.

В качестве биоимплантатов используют нержавеющую сталь: сплавы типа Co-Cr-Mo (появились в 1936 году), Co-Cr-Ni (изобретены в 1952 году), стали марок 302 и 304. Весьма перспективны сплавы титана (например, Ti-Al-V) — они прочные, относительно легкие и устойчивые к коррозии. Кроме того, прочность на растяжение и сжатие (модуль Юнга) титана близка к прочности кости.

В изготовлении протезов тоже есть свои тонкости. Если расплавленный металл просто залить в матрицу, то получится продукт довольно низкого

качества: зернистый, с большим количеством пор. Другой метод — порошковая металлургия. Мелкодисперсный металлический порошок засыпают в форму, плотно утрамбовывают и нагревают при повышенном давлении до температуры, составляющей 70–80% от температуры плавления металла. При такой технологии протез получается прочнее, так как имеет тонкую однородную микроструктуру, а главное, в нем нет пор.

Керамические имплантаты

Это направление начало развиваться с 1960-х годов, после того как выяснилось, что металлические и полимерные биоимплантаты имеют существенные недостатки. По современной классификации керамика — это оксиды кремния и некоторых металлов (алюминия, титана, циркония, иттрия и ряда других), карбиды (SiC), нитриды (Si₃N₄), а также бориды. Керамика — хороший кандидат в биоматериалы: она прочная, не поддается коррозии, не вступает в химические реакции.

Кость – это сложный органоминеральный композит, состоящий на 70% из фосфатов кальция, на 20% из коллагена и на 9% из воды.

3
Пористая керамика (гидроксилапатит).
С химико-биологической точки зрения это – идеальный костный биоимплантат, но механическая прочность его очень низка



4
Суспензия ультрамелкодисперсного фосфата кальция (гидроксилапатита) в вязкой жидкости (иначе суспензия моментально расслоится), пригодная для введения в места костных дефектов



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



Кроме того, керамика не истирается, что важно для искусственных суставов и сочленений (рис. 1, 2), имеет относительно низкую плотность — 2–4 г/см³ (плотность железа, например, — 7,5 г/см³), а также обладает биосовместимостью и даже некоторой биоактивностью (поверхность керамических имплантатов может адсорбировать биологические молекулы). Но есть и минусы: все керамические материалы хрупкие и легко ломаются, особенно при изгибе, к тому же трудно сделать керамическое изделие сложной формы.

Керамические имплантаты делают так же, как и металлические, то есть с помощью порошковой металлургии. Чтобы получить хороший биоматериал, надо иметь высококачественный (тонкодисперсный и не содержащий примесей) исходный порошок с частицами одинакового размера. Технология приготовления такого порошка — секрет фирмы, разработавшей биоматериал.

В соответствии с реакцией организма все виды биосовместимой керамики можно разделить на четыре основные группы:

1. Инертная биокерамика. Не вступает в химическое взаимодействие даже спустя несколько тысяч часов, проведенных в экстремальных условиях (кислые или щелочные среды, присутствие неорганических, органических и биологических молекул). Пример: Al₂O₃ (рис. 1), ZrO₂, углерод. Биоматериалы этой группы не образуют каких-либо химических связей с тканями живого организма.

2. Биокерамика с малой реакционной способностью. Пример — стекло на основе Na₂O–CaF₂–P₂O₅–SiO₂. Оно образует связи с белками, то есть происходит хемосорбция.

3. Биокерамика со средней реакционной способностью, например стекло на основе Na₂O–CaO–P₂O₅–SiO₂ (см. статью Ю.Д.Третьякова в этом номере). В отличие от предыдущего, стек-

ло на основе оксида кальция не только образует связи с белками, но и является источником ионов кальция (происходит выщелачивание этого элемента из стекла), что стимулирует образование новой костной ткани.

4. Биокерамика, полностью усваиваемая живым организмом. Например, гидроксилапатит (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) и ортофосфат кальция (Ca₃(PO₄)₂) (рис.3). Такая биокерамика очень реакционно-способна, и спустя несколько лет после имплантации место протеза занимает вновь образовавшаяся костная ткань.

Самый интересный материал — это керамика, образующая химические связи с тканями организма. По нашей классификации это вторая и третья группы. Основной компонент в ней — оксид кремния, но, кроме него, обязательно должны присутствовать оксиды натрия, кальция и фосфора. Преимущество подобной керамики не только в высокой механической прочности (нет пор, и все химические реакции происходят только на поверхности), но и в возможности нанести ее на поверхность других биоматериалов. В результате получается двухслойный продукт (например, металл-стекло), обладающий высокой прочностью и биоактивной поверхностью. Кроме того, можно приготовить стекла с различной степенью биоактивности. Например, добавка фтора (в виде фторида кальция) уменьшает биоактивность, в то время как добавка оксида бора — увеличивает.

Полностью усваиваемая биокерамика (четвертая группа) состоит из фосфатов кальция (рис. 4). Со временем она должна полностью рассосаться и замениться новой костной тканью. В принципе это и есть идеальный тип искусственного имплантата, поскольку в этом случае проблемы прочности и биосовместимости не возникают вообще. Трудность состоит в том, что пока имплантат не «рассосался» и не выросла новая кость, любые нагрузки противопоказаны. А значит, пациент должен провести в постели многие месяцы и даже годы, поскольку кости (особенно большие) растут медленно. Кроме того, при «рассасывании» в кровь, лимфу и тканевые жидкости переходят большие количества ионов кальция, фосфата и гидроксида. Неизвестно, каким образом это может повлиять на организм в целом.

Композитные биоматериалы

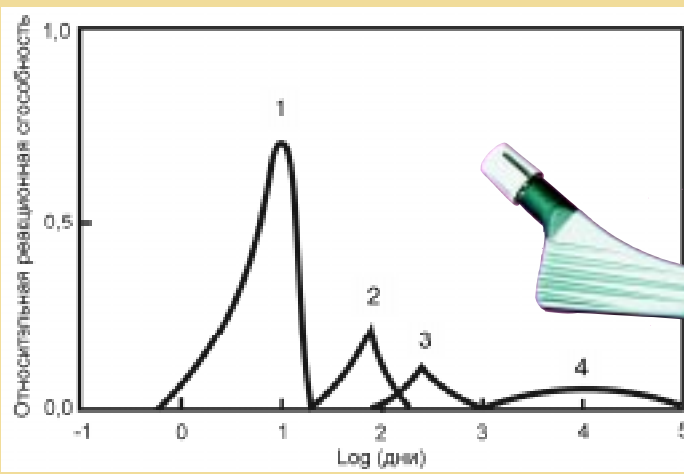
Ни один из материалов, используемых для изготовления биоимплантатов (металлы, полимеры, керамика), не обладает всеми свойствами костной ткани (рис.5). Композиты, состоящие из двух или нескольких материалов, которые принадлежат к разным группам, объединяют их достоинства и дают возможность сделать имплантат, наиболее близкий к кости по основным механическим и химическим свойствам. Последнее очень важно, поскольку разница в упругих свойствах имплантатов и окружающих тканей организма приводит к разрывам химических связей между ними во время механических нагрузок. А это, в свою очередь, приводит к плохой приживаемости и даже



5
Диаграмма «напряжение — деформация» для различных материалов. Легко заметить, что ни одна из групп материалов, используемых для изготовления биоимплантатов (металлы, полимеры, керамика), не обладает механическими свойствами костной ткани. Возможное решение этой проблемы — композитные биоматериалы

Сравнительная химическая и биологическая активность (то есть способность быть переработанной организмом) различных видов биокерамики в зависимости от времени, прошедшего после имплантации:

- 1) полностью усваиваемая биокерамика, например фосфаты кальция;
- 2) биокерамика со средней реакционной способностью, например стекло на основе $Na_2O-CaO-P_2O_5-SiO_2$;
- 3) биокерамика с малой реакционной способностью, например стекло на основе $Na_2O-CaF_2-P_2O_5-SiO_2$;
- 4) инертная непористая биокерамика, например Al_2O_3 (Пористая инертная биокерамика находится посередине, между 3 и 4.)



6
Металлический имплантат для замены тазобедренных поврежденных суставов. Материалы: металл (титан), покрытый слоем фосфатов кальция

к отторжению. Композитные биоимплантаты бывают:

1. Полимерно-керамические. В таких материалах неорганическая фаза (стекло или фосфаты кальция) равномерно распределена в матрице органического вещества (например, в полиэтилене высокого давления или в эпоксидной смоле). Самый простой способ приготовить такой композит — это смешать составляющие, а потом инициировать полимеризацию. Подобные биокомпозиты обладают высокой прочностью, упругостью, легкостью, биосовместимостью, а также анизотропными (зависимость физических свойств от направления) свойствами, близкими к кости.

2. Металло-керамические. Эти материалы, главным образом, состоят из металла, который обеспечивает высокую механическую прочность. Основой протеза могут быть титан и его сплавы, никель, хром, благородные металлы. Керамику (фосфаты кальция или биоактивные стекла) наносят на поверхность металла (рис.2, б), и именно она отвечает за биосовместимость имплантата. В таком композите важно, чтобы керамика прочно прилипла к поверхности металла. Основным методом нанесения керамики — плазменное напыление: керамический порошок расплавляют в пламени высокотемпературной горелки и из форсунки напыляют на охлаждаемую металлическую заготовку. Иногда используют порошковую металлургию (спекание), сварку, вакуумно-ионное напыление металла на керамику, электрохимическое нанесение металла на керамику, взаимную диффузию (нагретые металл и керамика диффундируют друг в друга).

По разнообразию заменителей костей и суставов понятно, что идеальный вариант еще не найден. Хотя достигнутые результаты и впечатляют, все нынешние имплантаты имеют недостатки, что побуждает ученых продолжать поиски.

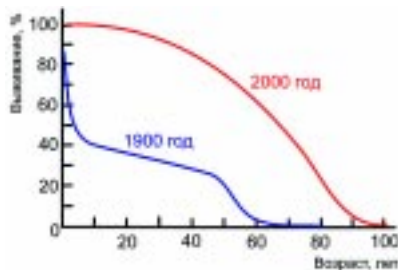
Стекланный, оловянный, деревянный?

Доктор химических наук
Ю.Д.Третьяков

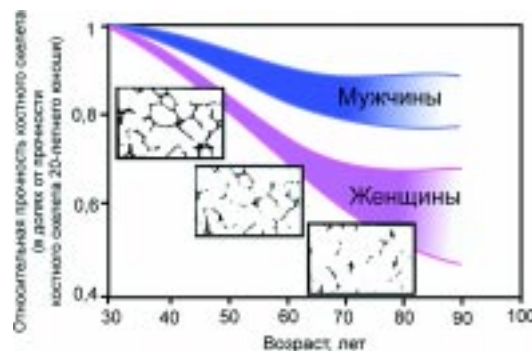


Одно из важнейших достижений человеческой цивилизации — увеличение продолжительности жизни. Сто лет назад до 20 лет доживал только каждый второй человек (рис. 1), сейчас благодаря антисептикам, антибиотикам и вакцинации наш шанс достигнуть

1
Средняя выживаемость человека в 2000 г. по сравнению с 1900 г.



этого возраста вырос почти до 100%. Но есть и обратная сторона медали. Средняя продолжительность жизни во многих странах больше 70 лет (в России достижения в этой области скромнее), а значит, население стремительно стареет. Например, в Великобритании на рубеже нового тысячелетия больше половины англичан уже старше 50 лет. А в таком возрасте и сердце не то, и сосуды... После 30 лет начинают стареть и кости. Объем костной ткани постепенно уменьшается, возрастает ее пористость, костная ткань деградирует, становится более хрупкой. Но что поразительно, так это огромная разница в скорости старения костей мужчин и женщин (рис. 2). Несмотря на то что средняя продолжительность жизни женщин на 10 лет больше, чем у мужчин, после 60-ти их подстерегает гораздо больше опасностей — например, смещение шейки бедра, перелом позвоночника и прочие последствия остеопороза (статистика утверждает, что почти половина женщин в этом возрасте что-нибудь себе ломает). Во многих случаях единственное

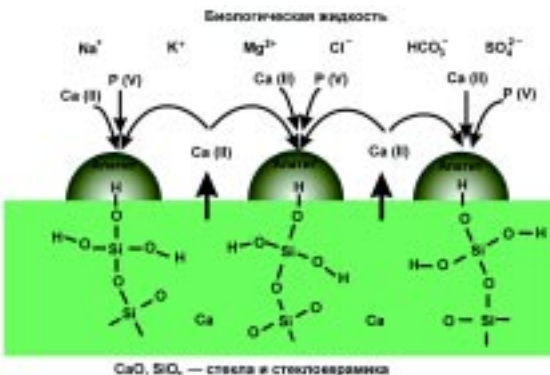


2
Относительная прочность костного скелета в зависимости от возраста. Структура костной ткани 30-летней, 50-летней и 70-летней женщины

спасение после травм — это протезы-имплантаты.

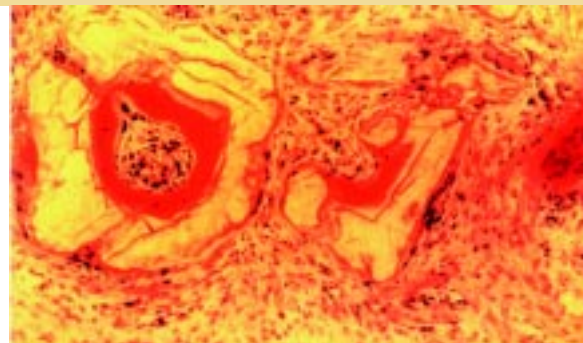
Остеопороз — это то, что неизбежно грозит всем людям. Однако профессора Ларри Хенча, в 1998 году получившего самую престижную среди материаловедов премию Хиппеля «за пионерские достижения в области стекла и керамики», побудили заняться биоактивными имплантатами несчастья, которых могло бы и не быть. Толчком к исследованиям стала его случайная встреча в 1967 году с полковни-

Остеопороз — избыточная потеря костной ткани по отношению к нормальному показателю возрастной группы. Это самое распространенное обменное заболевание костной системы, поражающее преимущественно пожилых людей, в особенности женщин. По разным данным, им страдают 30–80% людей в возрасте 70–80 лет. В мире им поражено более 100 млн. человек, только в США — около 20 млн. женщин.



3
Прорастание имплантата

4
Две биоактивные гранулы после трех месяцев ежизвления вблизи поврежденной кости. Видно, что они образуют новую костную ткань



ком американской армии, воевавшим во Вьетнаме. Этот человек — свидетель того, как искалеченные войной молодые солдаты с раздробленными конечностями навсегда выбывали из активной жизни. В то время врачи уже широко использовали металлические имплантаты для замены больших участков костной ткани и частей суставов. Металлические протезы, как правило, делают из титана, хрома или кобальта, и они имеют серьезные недостатки. Во-первых, металл корродирует из-за контакта с межклеточной жидкостью организма. Во-вторых, протезы и цементы, прикрепляющие их к кости (чаще всего это полиметилметакрилат), вызывают местные воспалительные реакции. Еще более существенный недостаток — то, что у металлических протезов и тканей организма очень разные механические свойства. Из-за того что металлы жестче кости, они и принимают основную внешнюю нагрузку. Напряжение кости — стимул для ее роста, а когда оно «гаснет» в протезе, то костная ткань начинает «разлагаться», и протез расшатывается. Металлические костные протезы редко служат более 20 лет, поэтому они мало пригодны для молодых людей.

Тогда, в 1967 году, после беседы с участником вьетнамской войны, Хенч полностью забросил исследования по разработке радиационно-стойких аморфных полупроводников и вместе с группой энтузиастов полностью переключился на стеклокерамику, образующуюся в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$. (Напомним, что стеклокерамика — это стекло, в котором

после термической обработки появляются кристаллические зародыши, прорастающие в матрице стекла. При этом существенно возрастает прочность материала.)

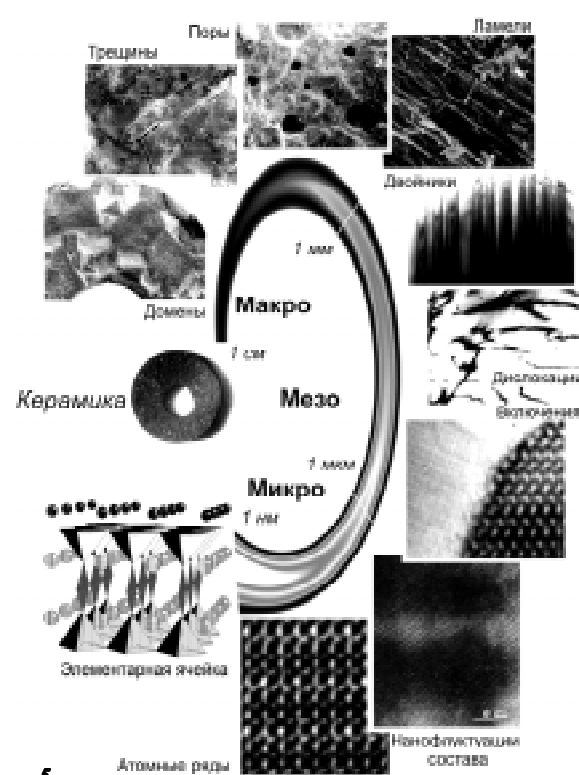
Общий подход к созданию биоактивных стекол понятен. С технологической точки зрения эти составы должны легко плавиться, чтобы из них можно было сделать изделие любой формы. С медицинской же они должны быть совместимы с тканями организма. Учитывая все это, исследователи решили использовать композиции стекла, в которых соотношение кальция к фосфору близко к костному. (В гидроксилapatите $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, составляющем 69% веса костной ткани, соотношение $\text{Ca}/\text{P} = 1,67$.) Через четыре года ученые получили первый искусственный материал, способный срастаться с костной тканью, это были стекла, состоящие из: SiO_2 (45% вес.), CaO (24,5% вес.), Na_2O (24,5% вес.) и P_2O_5 (6% вес.). Образец имплантировали белым мышам, по соседству с берцовой костью, и через шесть недель оказалось, что стекло полностью срослось с костью. Имплантат, сросшийся с костной тканью, был не менее прочным, чем монолитная кость. С помощью биокинетических исследований системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ ученые выделили области, в которых стекла были биоинертны, резорбировались (перерабатывались организмом) или проявляли биоактивность (срачивались с костной тканью). А в 1998 году, как мы уже знаем, Л.Хенч получил за биоактивный имплантат «Bioglass[®]» премию Хиппеля.

Эксперименты, проведенные Л. Хенчем и его сотрудниками в Университете штата Флорида, помогли понять, каким образом происходит срастание стекла с костью. Дело в том, что на поверхности стеклокерамики образуются гидраты (силанольные группы $-\text{SiOH}$), которые «связывают» кальций и фосфор из окружающей биожидкости (рис. 3). В результате на поверхности стекла быстро кристаллизуется гидроксикарбонатapatит $\text{Ca}_{10-x}(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{OH})_{2+y}(\text{CO}_3)_{x/2+y/2}$, мелкокристаллические агрегаты которого четко видны с помощью рентгеновской дифракции и электронной микроскопии. Образование слоя биоактивного апатита на поверхности имплантата — необходимое условие срастания имплантата и кости. Однако нужно помнить, что костная ткань — это не чистый апатит, а керамико-органический композит (апатит + белок коллаген) со сложной структурной организацией. Коллагеновые волокна, как вязко-эластичный компонент костной ткани, отвечают за ее прочность и упругость. Быстрый рост кристаллов апатита на поверхности биостекла создает неорганическую составляющую костной ткани, после чего в нее начинают встраиваться коллагеновые волокна.

На поверхности имплантата в живом организме протекают также биохимические процессы с участием белков, макрофагов. Ключевое условие — быстрый рост новой кости: она должна формироваться достаточно активно, чтобы не образовывались рубцы. Важно, что биоактивный имплантат «Bioglass[®]» по составу отличается от гидроксилapatита, основного составляющего кости. Именно разли-

Стеклокерамические биоматериалы

Свойства	Bioglass 45S5 (1971)	Стекло-керамика Ceravital (1982)	Стекло-керамика Cerabone	Стекло-керамика Imaplant L1 (1989)	Стекло-керамика Bioverit (1983)
Состав					
Na ₂ O	24,5	5–10	0	4,6	3–8
K ₂ O	0	0,5–3	0	0,2	3–8
MgO	0	2,5–5	4,6	2,8	2–21
CaO	24,5	30–35	44,7	31,9	10–34
Al ₂ O ₃	0	0	0	0	8–15
SiO ₂	45,0	40–50	34	44,3	19–54
P ₂ O ₅	6,0	10–50	16,2	11,2	2–10
CaF ₂	0	0	0,5	5	3–23
B ₂ O ₃	0	0	0	0	0
Фазы	Стекло	Апатит Стекло	Апатит Волластонит Стекло	Апатит Волластонит Стекло	Апатит Стекло Силикат
Плотность, г/см ³	—	—	3,07	—	2,8
Прочность, МПа на сжатие:	42	500	1080	—	500
на изгиб:	35	100–150	215	160	100–160
Модуль Юнга, ГПа	—	—	118	—	70–80



5 Иерархия дефектов в керамических материалах

ца химического потенциала на границе имплантат—кость способствует формированию новых микрокристаллов апатита (иногда она стимулирует и рассасывание имплантата, рис.4).

Было бы несправедливым утверждать, что все успехи в создании биоактивной стеклокерамики принадлежат группе Хенча (табл.). Очень большой вклад внесли японские исследователи из Университета Киото. Группа ученых под руководством профессора Т.Кокубо создала самые разнообразные биоактивные материалы, среди которых и стеклокерамика «Cerabone[®] A-W» (1982 г.). Это композит апатита и β -волластонита в стекломатрице CaO–SiO₂–MgO. Он немного уступает в биоактивности (в скорости срастания с костью) имплантатам Хенча, зато прочнее. Японские ученые сделали свою биокерамику еще крепче, добавив в нее частично стабилизированный диоксид циркония. Этот имплантат успешно применяют при операциях на позвоночнике.

Безусловно, особого внимания заслуживает магнитная биокерамика, которую эффективно применяют для борьбы с раком костной ткани. Ее делают из стекломатрицы Al₂O₃–SiO₂–P₂O₅, наполненной магнитными микрочастицами феррита лития (LiFe₅O₈) или гематита (α -Fe₂O₃). Порошок этой стеклокерамики вводят в пораженную раком костную ткань, а затем воздействуют переменным магнитным полем (10 кгц, 500 эрстед). В результате происходит ло-

кальный нагрев ткани примерно до температуры 43°C (гипертермия), и раковые клетки погибают.

Российские исследователи также занимаются биоактивной керамикой. На Химическом факультете МГУ, в Институте общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова, в Институте физико-химических проблем керамических материалов РАН и Российском химико-технологическом университете им. Д.И.Менделеева сформировалось несколько научных групп, которые работают над созданием порошкообразных и керамических материалов на основе гидроксилатапатита. К сожалению, у нас теоретические исследования сильно опережают практику. Российские химики и материаловеды, в частности, занимаются созданием очень сложной биоактивной керамики на основе фосфатов кальция, имеющей разное сочетание и наложение разнородных дефектов (рис. 5). Глобальная задача — создание керамики с оптимальным соотношением дефектов на микро-, мезо- и макроуровнях, наподобие той, которую уже научились делать, да и то в очень ограниченных случаях, для высокотемпературных сверхпроводников.

На кафедре неорганической химии МГУ в основу создания новых биоматериалов решили положить идею «биомиметики». Ученые стремятся максимально приблизить к природным прототипам и синтез, и выбор компонентов, и структуру создаваемого материала. Для этого надо разработать оптимальные условия синтеза апатита, частицы которого будут похожи на кость

не только химически, но и морфологически, то есть это должны быть плоские кристаллы размером менее 100 мкм. Материал из такого апатита будет лучше совместим с тканями организма. Наши ученые также пытаются создать композиционный материал на основе апатита и биополимеров (например, желатина). Для этого получение фосфатов кальция ведут уже в растворе биополимера, в результате чего химические группы полимера (–COOH) становятся центрами кристаллизации апатита. Ведь при создании новых имплантатов важно не просто получить механическую смесь органического и неорганического компонентов (как поступают сейчас в большинстве случаев), а можно попробовать усилить взаимодействие компонентов уже на начальной стадии изготовления материала.

К сожалению, следующую стадию работы — медицинские испытания — организовать сложно. Для таких исследований нужны дорогостоящие подопытные животные (белые мыши, крысы, кролики, собаки), а главное — долговременные инвестиции. Некоторую надежду внушает лишь то, что многих студентов сейчас привлекает проблема создания материалов, необходимых для здоровья и долголетия. Тридцать лет прошло с рождения первого поколения биоактивной керамики. И по-видимому, столько же потребует, чтобы создать такие керамические имплантаты, которые позволят замедлить, а может быть, и полностью остановить процесс старения костной ткани, кажающийся сейчас неизбежным.

Российские КОСТИ

Б.И.Белецкий



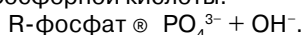
ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Кость состоит из трех основных компонентов: органической основы, волокон коллагена и минеральных солей, в основном гидроксилатапата. Остальную ее часть занимают органические вещества и вода.

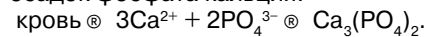
Чтобы понять, как действуют биоактивные имплантаты, нужно знать механизм восстановления самой кости. Постоянно обновляющуюся костную ткань пронизывают кровеносные и лимфатические сосуды и нервы. Клетки кости — остециты — обеспечивают обмен веществ. При травме кровеносные сосуды разрываются, что приводит к омертвлению костной ткани. В ней появляются полости, заполненные тканевой жидкостью. Кровь, излившаяся из поврежденных сосудов, свертывается и образует кровяной сгусток — гематому, которая закрепляет костные обломки и со временем преобразуется в костную мозоль вокруг перелома или трещины. Потом часть клеток, хондроциты, образует хрящики на поверхности костной мозоли, и в них размножаются клетки другого типа — остеобласты. Главная задача остеобластов — синтез коллагена. По мере роста хрящевой мозоли остеобласты преобразуются в остециты, которые формируют остеоидные балочки — трабекулы. Разрозненные балочки соединяются между собой, образуя органическую основу новой кости. Постепенно хрящевую мозоль сменяет сеть переплетающихся трабекул, и возникает органический предшественник будущей кости. Восстанавливаются и кровеносные сосуды, но гораздо медленнее. Чтобы облегчить и ускорить работу остеобластов и хондроцитов в месте повреждения, организм направляет туда гигантские многоядерные костные клетки, которые разрушают мертвые остециты и мертвую кость.

Одновременно с формированием трабекул идет кальцинация белковой молекулы за счет кристаллизации на ней костного минерала гидроксилатапата. Считают, что происходит это так. От клеточной мембраны остеобластов и хондроцитов отделяются пузырьки размером от 30 нанометров до 1 микронметра, которые накапливают каль-

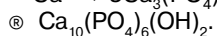
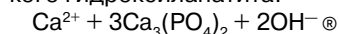
ций. Пузырьки содержат фермент фосфатазу, который гидролизует эфир фосфорной кислоты:



Ионы кальция, необходимые для минерализации, организм берет из пузырьков и из плазмы крови. Когда концентрация кальция и фосфора становится достаточной, в пузырьках начинает откладываться аморфный осадок фосфата кальция:



Отложение аморфного $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ предшествует образованию основного костного минерала — кристаллического гидроксилатапата:



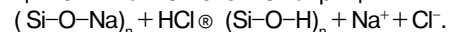
Так хрящевая мозоль постепенно заменяется минерализованной костной мозолью, и спустя примерно год кость восстанавливает свою биологическую целостность.

В лаборатории биотехнологии кафедры стекла и силикатов Российского химико-технологического университета им. Д.И.Менделеева ученые поставили перед собой задачу — сделать искусственную кость, которая создает благоприятные условия для остеогенеза — образования и развития в ней костных клеток и структур. Сотрудники лаборатории разработали новый биокомпозиционный материал «БАК», который по своей структуре и минеральному составу — искусственный аналог кости. Этот имплантат, прикрепленный к кости, не только восстанавливает ее целостность, но и становится каркасом вновь формируемой кости, поскольку служит источником ионов кальция и фосфора, необходимых для образования новой костной структуры. В процессе остеогенеза имплантат заполняется живыми костными клетками и полностью срастается с костью.

«БАК» приготовили, спекая порошковую смесь апатита с нейтральным алюмоборосиликатным стеклом. В результате получился жесткий минеральный каркас из гидроксилатапата, который тонким слоем обволакивает вспененная стекловидная матрица. Минеральный состав, свойства и поровая структура спеченного материала отличаются чрезвычайным сход-

ством с губчатой костью. Для того чтобы увеличить пористость материала, в него ввели газообразующее вещество. Такая структура материала (размер пор до 500 микронметров) оказалась весьма благоприятной для восстановления кости.

Материал «БАК» относят к резорбируемому, то есть тем, которые постепенно поглощаются в организме. Когда гидроксилатапатовый протез попадает в организм, происходит рассасывание гидроксилатапата и гидратация силикатной стекломатрицы:



В экспериментах на кроликах ученые определили, каким образом происходит «врастание» кости в имплантат. Оказалось, что открытые ячейки и каналы в материале целиком заполняют сначала молодые, а затем зрелые костные клетки. Как и при обычной регенерации, клетки-остеобласты образуют волокна коллагена, которые осаждаются на гидратированной поверхности стекловидной матрицы. Коллаген и кремнеземистый поверхностный слой матрицы полимеризуются. Гидроксилатапит, входящий в состав материала, переходит в физиологическую среду организма, а потом кристаллизуется на волокнах коллагена и между ними.

После многочисленных испытаний материала химики сделали имплантаты для замены лицевых костей и костей черепа, а также искусственные позвонки для нужд нейрохирургии. Химический состав и структура искусственных позвонков отражают состав и неоднородность натуральной костной ткани: по краям материал более плотный, в центре — губчатый.

Искусственную кость уже испытывали в отделениях челюстно-лицевой хирургии и нейрохирургии МОНКИ им. М.Ф.Владимирского под руководством профессора А.А.Никитина. Было сделано свыше 200 операций по замене костей челюсти и лицевого черепа и свыше 30 операций по замещению тел позвонков. По мнению А.А.Никитина, новые биоактивные материалы уникальны: они не дают развиваться воспалению, ускоряют заживление ран и способствуют быстрому восстановлению кости.

Вызов фуллеренов

*J.H.Schon et al., «Science»,
2001, v.293, p.2432*

В середине 80-х годов были сделаны два сенсационных открытия, уже отмеченные Нобелевскими премиями, — оксидных керамик, которые теряли электрическое сопротивление при более высокой температуре, чем точка кипения жидкого азота (78 К), и фуллеренов. Теперь эти направления исследований неожиданно пересеклись, что обещает новый прорыв в высокотемпературной сверхпроводимости.

В начале 90-х годов выяснили, что молекулярный кристалл из бакиболов C_{60} с введенными в него атомами щелочных металлов, играющими роль доноров электронов, становится сверхпроводником при $T_c = 18$ К. Теория говорила, что эту температуру можно поднять, если в качестве носителей тока использовать не электроны, а дырки (они тоже способны образовывать куперовские пары). Значит, нужно ввести в кристалл атомы, служащие акцепторами электронов, но это обычно приводило к развалу кристалла; поэтому породить нужное количество дырок в нем не удавалось.

Однако немец Х.Шон, американец К.Клок и швейцарец Б.Батлог из Белловских лабораторий фирмы «Lucent Technologies» в Мюррей-Хилле (Нью-Джерси) нашли оригинальное решение этой проблемы — они стали встраивать свой молекулярный кристалл в полевой транзистор, где его обогащение дырками или электронами можно делать, просто меняя напряжение на управляющем электроде. Таким методом они на фуллеренах в 2000 году достигли $T_c = 52$ К, что стало рекордом для органики.

Как показали расчеты, для дальнейшего роста температуры перехода надо добиться большего удаления углеродных сфер в кристалле друг от друга (в норме оно равно 1,415 нм). С этой целью в кристалл ввели инертные молекулы $CHCl_3$, которые располагались между бакиболами, из-за чего параметр решетки стал равен 1,429 нм, а T_c выросла до 80 К. А когда трихлорметан заменили на трибромметан, расстояние между фуллеренами увеличилось до 1,445 нм, а T_c достигла 117 К, то есть превысила ту, что была получена на медных оксидах в 1986 году.

Исследователи говорят, что если им удастся расширить кристаллическую решетку еще на 1%, то они надеются выйти в район 150 К, что уже близко к высшему на сегодняшний день достижению на керамиках, равному 164 К (но оно зафиксировано при экстремальных условиях — приложенном высоком давлении; фуллеренам же оно не требуется). А нельзя ли этим путем дойти до комнатной температуры? Такую возможность теория не исключает, но параметр решетки потребует довести до 1,47 нм. Пока неясно, как это сделать, и тут вся надежда на химиков, которые должны что-то придумать.

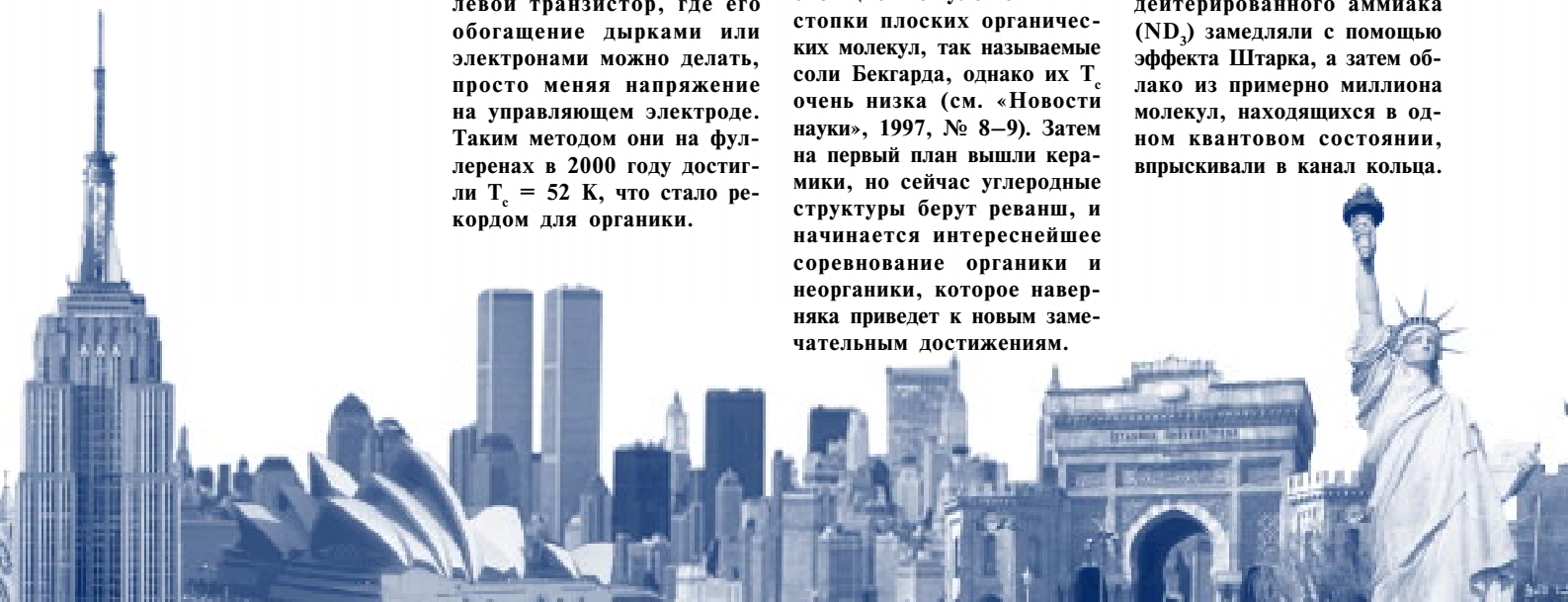
Физические основы органических сверхпроводников (экситонный механизм) заложили в 60-е годы американец У.Литтл и В.Л.Гинзбург, так что фуллереновый рекорд стал подарком академику Гинзбургу к его 85-летию. С этой точки зрения уже давно изучают кристаллы, состоящие из уложенных в стопки плоских органических молекул, так называемые соли Бекгарда, однако их T_c очень низка (см. «Новости науки», 1997, № 8—9). Затем на первый план вышли керамики, но сейчас углеродные структуры берут реванш, и начинается интереснейшее соревнование органики и неорганики, которое наверняка приведет к новым замечательным достижениям.

Ускоритель для молекул

*F.Crompvoets et al.,
«Nature», 2001, v.411, p.174*

Заряженными частицами — электронами, протонами, ионами легко управлять с помощью электрического и магнитного полей, что позволяет строить накопительные кольца, ускорители таких частиц (еще 70 лет назад Э.Лоуренс сконструировал первый циклотрон). А вот с нейтральными частицами — нейтронами, молекулами — это делать много труднее. Все же и они не безнадежны, поскольку обладают внутренним дипольным моментом, то есть представляют собой микроскопические магниты. Значит, на них тоже может воздействовать внешнее поле, но возникающие силы в этом случае очень слабы и потому могут управлять частицами только при очень низких температурах. В конце 70-х годов на этом принципе начали разрабатывать магнитные ловушки для сильно охлажденных атомов, и они сыграли важную роль в получении конденсата Бозе—Эйнштейна (см. «Новости науки» предыдущего номера).

Теперь, основываясь на том же принципе, голландские специалисты создали прототип кольцевого ускорителя молекул — кольцо радиусом 12,5 см, в котором шесть металлических проводов (в сечении они расположены по вершинам правильного шестиугольника) образуют канал шириной в несколько миллиметров. Пучок молекул дейтерированного аммиака (ND_3) замедляли с помощью эффекта Штарка, а затем облако из примерно миллиона молекул, находящихся в одном квантовом состоянии, впрыскивали в канал кольца.



В нем молекулы совершали до шести оборотов. Конечно, это только начало, а в будущем подобные системы откроют новые возможности для изучения столкновения молекул при низких энергиях, а также в спектроскопии.

Четверть века назад «Химия и жизнь» (1976, № 10) напечатала гипотезу В.Д.Судейченко, который предлагал, по аналогии с накопительными кольцами для элементарных частиц и ионов, делать их для молекул. Как видим, идея нашего автора о «химическом ускорителе» начала воплощаться в жизнь.

Продырявленные микробы

S.Fernandez-Lopez et al., «Nature», 2001, v.412, p.452

Для защиты от микробов и грибов животные и растения вырабатывают специальные пептиды, например грамицидин А, которые формируют в мембранах этих патогенов сквозные каналы, — получив пробоины в своем корпусе, те погибают. В разных организмах уже идентифицировали более 200 таких пептидных антибиотиков.

Эти аминокислотные цепочки сворачиваются в спираль так, что образуют полый цилиндр, то есть трубу, внешняя сторона которой гидрофобна (поэтому ей выгодно контактировать с липидами), а внутренняя гидрофильна и положительно заряжена. Притягиваясь к несущим отрицательный заряд компонентам бактериальной мембраны, они встраиваются в нее; важно, что они не поражают клетки человека и животных из-за отсутствия на них такого заряда.

В организме эти пептиды доставляют к очагу инфекции лимфоциты (или их вырабатывают находящиеся вблизи него эпителиальные

клетки). Если же антибиотик вводить извне внутривенно, то пептидам, чтобы достичь цели, нужно будет проходить через здоровые ткани, а это им делать трудно из-за их относительно большого размера и наличия заряда. Поэтому использование в медицине подобных пептидов затруднено, и их пока применяют только локально — добавляют в мази, кремы, полоскания.

Ученые из Института Скриппса (Калифорния) сумели обойти это препятствие. Они уже много лет работают над синтезом маленьких кольцевых пептидов, которые тоже способны встраиваться в мембрану бактерий, а там 8—10 таких колечек укладываются в стопку (самосборка), образуя сквозной канал (см. «Новости науки», 1994, № 2, 9). Понятно, что таким колечкам легче проходить через ткани — сначала они по отдельности просачиваются через них, а затем в мембране микроба все вместе образуют трубу.

Исследователи вводили пептиды под кожу мышам и убедились, что они способны достигать очага заражения. Главный недостаток этих колечек в том, что они содержат левые и правые энантиомеры аминокислот, а потому дороги, но, возможно, им удастся найти более простые заменители.

Рак: «свое» или «чужое»?

A.Ochsenbein et al., «Nature», 2001, v.411, p.1058

Согласно гипотезе иммунного надзора, сформулированной еще в 50-е годы, иммунная система распознает клетки, несущие чужие антигены, и уничтожает их. Поскольку у малигнизированных клеток должны появляться та-

кие антигены, большинство их погибает, но иногда система дает сбой — из-за того, что раковые клетки умеют маскироваться или по каким-то другим причинам. Иначе говоря, рак — это трагедия ошибок.

Однако постепенно стали накапливаться факты, противоречащие такому взгляду. Оказалось, что некоторые виды не связанных с вирусами злокачественных опухолей, например молочной железы или легких, возникают у людей с ослабленным иммунитетом не намного чаще, чем у тех, у кого он в норме; часто Т-лимфоциты не проявляют враждебности по отношению к раковым клеткам, то есть возникает толерантность. Так рассматривает ли иммунная система раковые клетки как собственные клетки организма или как чужеродные элементы, с которыми надо бороться? Результаты последних исследований говорят о том, что истина лежит где-то посередине, — иммунная реакция зависит прежде всего от того, как проходят начальные этапы развития опухоли (а также от многих других факторов, в которых еще предстоит разобраться).

Швейцарские иммунологи и онкологи изучали процессы, происходящие в лимфатических узлах и селезенке, когда в них проникают раковые клетки. Это органы вторичной иммунной системы, в которых происходит активизация Т-клеток. (Медики знают, что наличие опухолей в этих органах — плохой признак, говорящий о том, что своевременного иммунного ответа не было и потому метастазы, скорее всего, уже образовались во многих местах.)

Оказалось, что если растущая опухоль ведет себя «нагло» — повреждает близлежащие ткани, вызывая в них воспалительный процесс, начинает создавать свою кровеносную сеть, то их активно атакуют иммунные дендритные клетки, которые переваривают опухолевые

клетки и выставляют на своей мембране их антигены (поэтому такие клетки называют «антигенпрезентирующими»). Затем дендритные клетки мигрируют в лимфатические узлы, где стимулируют лимфоциты — настраивают их на борьбу с клетками, несущими такие антигены. И тогда при появлении там незваных гостей возникает сильный иммунный ответ. Если же раковые клетки размножаются и распространяются по организму тихой сапой, то даже при их проникновении в лимфатические узлы и селезенку Т-клетки, не получив поддержки от дендритных клеток, принимают коварных пришельцев за своих.

Разумеется, это крайние случаи — в реальности могут быть различные промежуточные варианты, когда лимфоциты в той или иной степени активируются. Ясно, что нужно научиться помогать иммунитету выполнять свою защитную функцию, но проблема борьбы с клеточным терроризмом очень сложна.

Кстати, ранее считали, что белки иммуноглобулины (антитела) только обнаруживают и связывают чужеродные антигены, а уничтожают их носителей специализированные клетки иммунной системы, например макрофаги. Но исследователи из Института Скриппса, возглавляемые известным специалистом Р.Лернером, доказали, что эти белки могут сами сражаться с микробами, используя в качестве химического оружия высокореактивный пероксид водорода (H_2O_2).

Как выяснили, иммуноглобулины катализируют его образование, и уже определили места в белке, где происходит связывание соответствующих реагентов. Сначала две молекулы H_2O распадаются на части, и из них образуется возбужденная молекула кислорода ($^1O_2^*$), которая взаимодействует с другими молекулами воды. В результате возникает пероксид водорода («Science», 2001, v.293, p.1806).

Подготовил
Л.Верховский

Клонирование млекопитающих

Л.С.Бочарова,

кандидат биологических наук

Т.А.Чайлахян,

доктор биологических наук,

член-корреспондент РАН

Л.М.Чайлахян,

Институт теоретической

и экспериментальной

биофизики РАН,

г. Пущино

Художник Г. Гончаров



роблема клонирования млекопитающих — одна из самых горячих точек современной биологии и биотехнологии. После того как в эксперименте Вилмута и сотрудников появилась на свет овечка Долли, стало очевидно, что ядра клеток взрослых животных (а не только эмбрионов) могут быть репрограммированы при пересадке их в яйцеклетку, лишенную собственного ядра, и что полученные таким образом эмбрионы способны развиваться, превращаясь во взрослую особь. Принципиальная возможность применения этих сенсационных достиже-

Таблица 1

Клонирование сельскохозяйственных животных

Животное	Клетки — доноры ядер	Количество реконструированных зигот	Число зародышей, достигших стадии морулы и бластоцисты	Число новорожденных
Овца	Клетки молочной железы	277	29 (10,4%)	1(0,36%) Долли
	Эпителиальные клетки	1000	235 (23,5%)	18 (1,8%)
	Фибробласты из ткани плода	676	116 (17,2%)	9 (1,3%)
Корова	Фолликулярный эпителий	562	358 (63,7%)	10(1,8%)
	Фибробласты	512	138 (27%)	8 (1,5%)
	Миоциты	346	73 (21%)	4 (1,15%)
Коза	Ткани трансгенного плода	127	70 (55%)	3(2,3%) в молоке антитромбин человека



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

имплантации в стенку матки. Многие эмбрионы погибают и на более поздних стадиях, в постимплантационный период. Живыми рождаются лишь единицы, не более 1–2%. Если сравнить это с исследованиями на лабораторных животных, то, к примеру, у мышей ситуация еще хуже (таблица 2). Процент зародышей, развивающихся до морулы и бластоцисты у мышей примерно такой же, как у сельскохозяйственных животных (от 18 до 56%), однако рождаемость живых мышат составляет малые доли процента. И только в экспериментах, где донорами ядер были эмбриональные стволовые клетки (то есть недифференцированные клетки, родоначальники обновляющихся тканей), рождаемость достигала 1,2%.

Таким образом, пока что главный итог исследований — это констатация факта: методики клонирования несовершенны, выход удачных случаев чрезвычайно мал. Совершенно очевидно, что с таким выходом не может быть и речи о реальном использовании клонирования для достижения практических целей. Поэтому главная дальнейшая задача — разработать более эффективные технологии.

К настоящему времени накоплен большой опыт по оптимизации условий пересадки ядер соматических клеток в яйцеклетки (ооциты). Чтобы получился жизнеспособный зародыш, донорское ядро, взятое из специализированной клетки взрослого животного, должно перейти из дифференцированного состояния в тотипотентное (как, например, в случае овечки Долли — ядро клетки, взятой из молочной железы взрослой овцы, потеряло свою «узкую специализацию» и поэтому смогло дать начало всем клеткам и тканям клонированного ягненка). Этот процесс и сопряженные с ним структурные и функциональные изменения называют, как правило, «репрограммирование» ядра. После репрограммирования ядро соматической клетки способно заместить ядро зиготы, с дробления которой начинается развитие зародыша.

Что же происходит при репрограммировании, как начинается взаимодействие яйцеклетки с «чужим» ядром? Сначала разрушается оболочка ядра

ний к человеку вызвала ажиотаж у мировой общественности. Восторги, протесты, зловещие предсказания зазвучали по радио и телевидению, заполнили бумажные и электронные носители информации.

Действительно, основания для бурных эмоций есть: нетрудно догадаться, какие фантастические перспективы может открыть клонирование для животноводства, медицины и для человечества в целом. Однако в этой статье мы не будем говорить ни о клонах элитных пород животных, ни о сохранении клонов исчезающих видов, ни об использовании клонированных клеток в терапевтических целях, ни о самом волнующем — о репродуктивном клонировании человека. Обо всем этом уже много написано и сказано.

Мы рассмотрим подробнее те практические трудности, с которыми встречаются специалисты при клонировании взрослых млекопитающих. Ведь пока эти проблемы не решены, фантастические перспективы так и останутся фантастикой.

Сегодня, когда прошло четыре года с момента публикации Вилмута и соавторов, интенсивные исследования по клонированию сельскохозяйственных и лабораторных животных уже позволяют сделать некоторые выводы. Наибольшие успехи достигнуты в экспериментах на сельскохозяйственных животных (таблица 1). Из таблицы видно, что до стадии морулы и бластулы развивается всего от 10 до 60% зародышей — другими словами, имеет место массовая гибель эмбрионов еще до

Таблица 2

Клонирование мыши

Клетки — доноры ядра	Количество реконструированных зигот	Число зародышей, достигших стадии морулы и бластоцисты	Количество плодов	Количество живых новорожденных	
Кумулюсные клетки	2468	1385 (56%)	16	7(0,28%)	
Фолликулярный эпителий	468	183 (39%)	4	0 (0%)	
Фибробласты	717	274 (38%)	3	1 (0,14%)	
Линии эмбриональных стволовых клеток	E-14 129/о/a	1767	323 (18,2%)	5	1 (0,05%)
	R-1 129/ср(F1)	1087	312 (28,7%)	26	13 (1,2%)
	T-2	1014	268 (26,4%)	0	0 (0%)
	C 57 BU/CBA F1				

Чтобы клетка-предшественник — оогоний дала начало ооциту — яйцеклетке, она претерпевает особое деление, мейоз. Деление останавливается на метафазе II до встречи яйцеклетки со сперматозоидом, а после оплодотворения (но ДО слияния ядер) мейоз завершается



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

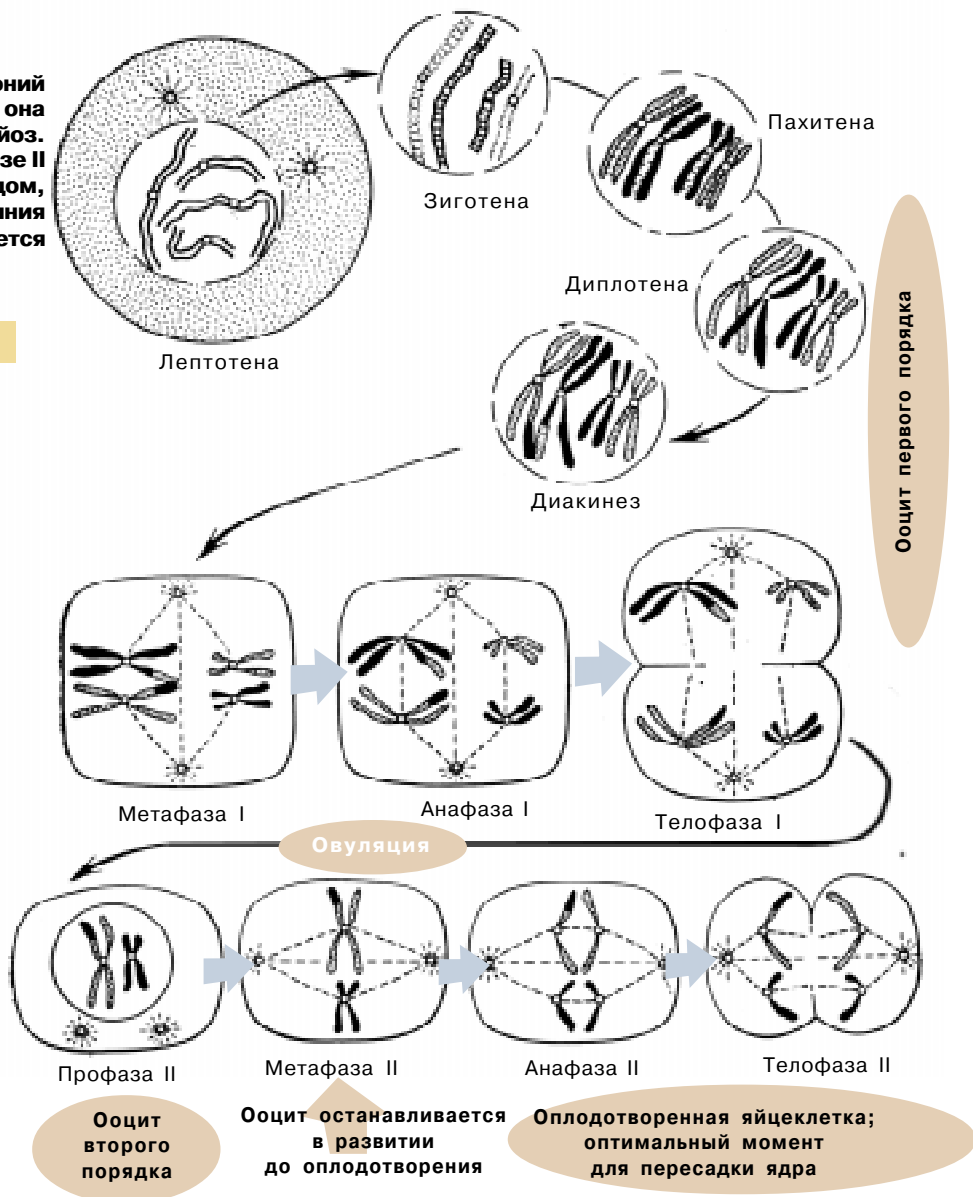
(так же, как это происходит перед делением обычной клетки), конденсируется хроматин — нити ДНК и связанные с ними белки укладываются в компактную структуру. После активации яйцеклетки хроматин вновь деконденсируется, формируется новая ядерная оболочка, ядро увеличивается в размере.

Установлено, что активность процесса репрограммирования ядра зависит от того, на какой стадии клеточного цикла находится ооцит — реципиент: оптимальный период — между метафазой II и телофазой II. (Напомним, что половые клетки млекопитающих формируются в результате мейоза — двух последовательных делений, причем в будущей половой клетке становится вдвое меньше хромосом, нормальное для данного вида число хромосом восстанавливается при слиянии мужской и женской половых клеток.) Кроме того, уже ясно, что ядро лучше пересаживать в ооцит не слишком поздно, за несколько часов до его активации. Таким образом, время, когда ооцит пригоден для пересадки ядра, жестко ограничено.

Существенной оказалась и фаза клеточного цикла донорского ядра. Установлено, в том числе и в работах, выполненных в нашей лаборатории, что лучше всего использовать ядра покоящихся клеток, на фазе G_0/G_1 (то есть таких клеток, которые не делятся и не собираются делиться). Эти условия были соблюдены и в знаменитой работе Вилмута с соавторами: яйцеклетки находились на стадии метафазы II, а клетки молочной железы, росшие в культуре, — на стадии G_0 .

Однако, как видно из таблиц, даже опыты, проведенные с соблюдением условий, благоприятствующих процессу репрограммирования, все равно дают очень низкий выход.

В чем же причины столь массовой гибели реконструированных зародышей? Пока это неизвестно, можно лишь делать предположения. Не исключено, что в геноме соматической клетки происходят какие-то необратимые изменения. Возможно, репрограммирование ядра соматической клетки в цитоплазме яйцеклетки в большинстве случаев осуществляется не полностью. Гибель зародышей на разных сроках их



жизни, очевидно, связана с нарушениями развития: при имплантации, формировании плаценты, при закладке органов (известно, что у всех клонированных зародышей наблюдается диспропорция между размерами тела и размерами плаценты). Может быть, до и после имплантации реконструированного эмбриона остается выключенной та или иная группа генов, которая в норме включается. Кроме того, нужно учесть и фактор гетероплазии: митохондрии клонированного организма принадлежат яйцеклетке, а в клетках организма, у которого взято ядро, митохондрии были другими, так что в принципе здесь возможно губительное несоответствие. (О митохондриях — клеточных «энергетических станциях», которые обладают собственной ДНК и размножаются делением внутри одной клетки, «Химия и жизнь» писала не раз.) Наконец, свою роль может играть и возраст клонированного животного: укорочение теломерной ДНК соматических клеток, которое происходит в те-

чение жизни любого организма, теоретически вполне способно снизить выживаемость зародышей.

В нашей лаборатории впервые было показано, что на самых первых стадиях развития эмбриона может включаться программа апоптоза — гибели клеток. И мы в своей дальнейшей работе намерены специально обратить внимание на то, как это происходит и происходит ли в реконструированных зародышах. По результатам этой работы можно будет ответить на вопрос: не заключается ли причина сверхвысокой летальности клонированных эмбрионов в очень высокой вероятности переключения их генома на реализацию программы апоптоза. Это может происходить в результате действия многих неблагоприятных факторов или же по причине неполного репрограммирования ядер соматических клеток. Понятно одно: только после детального анализа причин и механизмов гибели эмбрионов можно будет проводить целенаправленную работу по повышению эффективности клонирования.



Стресс — ускоритель ЭВОЛЮЦИИ

Кандидат биологических наук
В.В.Вельков

Памяти Н.В.Тимофеева-Ресовского

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

1

Две силы есть, две роковые силы...
Ф.И.Тютчев

Роковые силы существуют не только в нашей повседневной, человеческой жизни, но и в природе. Собственно, первое — это отражение и следствие второго.

В своей последней статье, опубликованной в журнале «Природа» (1980, № 9), наш выдающийся биолог Н.В.Тимофеев-Ресовский (1900–1981) две эти силы определил четко и прямо: естественный отбор и конвариантная редупликация. Сложно? Да нет, сейчас мы во всем разберемся.

Под естественным отбором подразумевают следующее: преимущество в размножении (так называемое селективное преимущество) имеют те особи, которые наиболее приспособлены к конкретным (в полном смысле слова — сегодняшним) условиям внешней среды; это, согласно Тимофееву-Ресовскому, первый общебиологический принцип. А конвариантная редупликация есть процесс наследственной изменчивости: при размножении (точнее, при копировании генетической информации) возникают мутации — изменения структуры ДНК, или, попросту говоря, ошибки. И возникают они из-за того, что системы репликации ДНК не могут работать с абсолютной точностью. Это по Тимофееву-Ресовскому — второй общебиологический принцип. Что в итоге? Популяция вида всегда состоит из организмов, генетически не идентичных. Из этого разнообразия, благодаря слепой и равнодушной силе естественного отбора, и получают наибольшие шансы те особи, которым дана возможность передать свои, сегодня «хорошие», гены следующему поколению. «Плохие» гены в данный исторический момент уходят в небытие. В общем, получается так, что эволюция основывается на случайных роковых или счастливых ошибках. И еще: чем больше разнообразие внутри вида, тем больше шансов для его эволюции. И значит, для эволюции вообще. Для макроэволюции.

2

*О сколько их на полях!
Но каждый цветет по-своему.
В этом высший подвиг цветка.*
Басё

Да, есть сугубо общее, но и несомненно индивидуальное. И если о последнем, то выходит, каждый ли из нас «цветет» по-своему. Но в какой степени? Ну уж не в такой, наверное, чтобы родиться уродом, хотя таковые, что ж делать, изредка встречаются.

Если перевести эти вопросы на язык генетики, то они будут звучать так: какова нормальная, то есть обычная, степень генетического полиморфизма (многообразия) и каков ее диапазон; какова скорость возникновения мутаций, приводящих к этому разнообразию? Интуитивно можно предположить, что чем больше происходит мутаций, тем выше разнообразие — значит, тем больше шансов на выигрыш для вида. И, выходит, что чаще ошибается, тот и выигрывает.

Это действительно так. Но только на первых порах.

Но сначала о том, какими бывают мутации. По эффекту влияния на организм их подразделяют на три типа: полезные мутации, нейтральные и вредные; последние или заметно ухудшают здоровье особи, медленно сжигая ее со света, или приканчивают сразу (это так называемые летальные мутации). И в общем виде можно сказать, что такая особь — обладатель вредной мутации — элиминируется отбором из популяции в череде поколений; если эта особь не успела размножиться, то она сразу уносит с собой в небытие и мутантный ген.

Но, несмотря на это последнее, сей зловерный ген появляется в природе снова, потому что процесс мутирования идет постоянно. Сколько убыло, столько и прибывает в обозримом будущем (данный принцип равновесия между мутационным давлением и отбором сформулировал в 30-х годах XX столетия еще один наш выдающийся генетик В.П.Эфроимсон).

Очень важный вопрос: какой должна быть скорость возникновения мутаций? Оказалось, что если популяцию бактерий, у которой скорость мутирования по каким-то генам повышена в 10 раз, непрерывно растить в хемостате в течение 2000 поколений вместе с популяцией нормальных клеток, то сначала (в течение 200 генераций) вариант с высокой скоростью мутаций доминирует. Именно он оказывается лучше приспособленным к данной среде. Но затем вариант с нормальной скоростью мутирования постепенно берет верх, а быстро мутирующий вариант начинает расти все медленней, и доля его клеток уменьшается. Как говорит украинская пословица: «Що занадто — то не добре» («что чересчур — то не хорошо»; по понятным этнопсихологическим причинам, у русских аналогичной пословицы нет, зато есть другая, время цитирования которой еще придет).

Почему же чересчур высокая скорость возникновения мутаций — «то не добре»? На первых порах в некоторых клетках быстро мутирующей популяции образуются полезные мутации, благодаря чему такие клетки размножаются быстрее. Конечно, тут возникают и вредные мутации, но гибель клеток-неудачников сначала незаметна на фоне быстро растущей популяции. Однако проходит время, и из-за высокой скорости мутирования во всех клетках эти «неудачники» накапливаются в таком количе-

стве, что популяция клеток начинает расти медленнее. Таким образом, скорость возникновения мутаций должна быть оптимальной: не слишком низкой, чтобы клетки могли эволюционировать, но и не слишком высокой, чтобы не накапливались вредные мутации. Эта оптимальная частота возникновения мутации составляет примерно от 1 до 10 на 10 млн. клеток (то есть если популяция клеток будет расти из одной клетки, то, когда число клеток достигнет 1–10 млн., среди них будет от 1 до 10 мутантных по какому-то гену клеток).

Но будет ли такая скорость мутагенеза действительно оптимальной для эволюции? Представим, например, ситуацию, когда требуется возникновение сразу двух мутаций в одной клетке (вероятность $1 \cdot 10^{-12}$) или трех мутаций (вероятность $1 \cdot 10^{-18}$)? Понятно, что для этого число клеток в популяции должно быть 10^{18} . А такой размер популяции даже для микробов — «це занадто».

Так как же быть со случайной наследственной изменчивостью, скорости которой для эволюции может быть не достаточно? Как быть со вторым общебиологическим принципом (который для биологов то же, что для физиков второй закон термодинамики)? Опять ссылаемся на последнюю статью Тимофеева-Ресовского: «Мне кажется, что формулировка второго общебиологического принципа еще недостаточно строга и совершенна». И затем вопрос: «Какие условия, какие *дополнительные воздействия* будут направлять характер той прогрессивной эволюции, которая будет создаваться естественным отбором?»

Ответ пришел через двадцать лет. Это воздействие — стресс.

И теперь уточним: не просто стресс, а стресс, который замедляет жизнедеятельность организма. Именно такой, обрушившийся на популяцию стресс в критических ситуациях и приводит к резкому повышению ее генетического разнообразия — следовательно, и к увеличению вероятности, что из-за множественных мутаций какой-то из организмов сможет преодолеть кризис и выйти из него «обновленным». При этом резкое повышение частоты возникновения мутаций происходит не потому, что механизмы, обеспечивающие точность репликации ДНК, при стрессе просто ослабевают, а потому, что включается специальный механизм мутагенеза, работающий только тогда, когда происходит остановка деления клеток.

В эти мгновенья все и происходит. Хотя клетка не растет, она тем не менее пребывает в жизнеспособном состоянии. То есть когда стрессовая ситуация (например, голодание) закончится, клетка возобновит свой рост. А если стрессу конца не видно? И неизвестно, что впереди? Что делать: ждать, медленно и необратимо теряя жизнеспособность? Можно и так. Назовем эту стратегию «рискованное ожидание».

Но есть и другой вариант: не ждать в оцепенении, а попробовать измениться. И закрыть руплетку мутагеназа. Авось повезет! Повезет — если в клетке случайно возникнет мутация, одна или несколько, благодаря которым появится возможность преодолеть стрессовую ситуацию и начать деление. Впрочем, тут есть и своя заковка. А если такая, именно полезная, мутация не возникнет? Вполне может быть. Тогда длительный мутагенез, да еще идущий в неделящихся клетках и приводящий к резкому накоплению вредных мутаций, настолько повредит нормальные гены, что даже если условия среды вдруг и улучшатся, клетка рост не начнет. В общем, риск. Поэтому такая стратегия — с руплеткой мутагеназа — и называется «рискованная изменчивость».

Отсюда законный вопрос: что же для клетки в ситуации стресса лучше — ждать или рисковать? Как известно, на вопрос студентов Института красной профессуры, какой уклон хуже, правый или левый, тов. Сталин ответил: «Оба они — хуже». И верно: обе рассмотренные выше стратегии поведения популяции клеток при стрессе действительно «хуже». А если так, то поставьте себя на место эволюции и предложите нам третью стратегию, которая «лучше». Получилось?

А вот что получилось у природы.

Если популяция микроорганизмов попадает в неблагоприятные условия среды (скажем, в среде нет ни одного из привычных субстратов — компонентов пищи), то клетки, естественно, прекращают рост и преобразуют свой обмен веществ так, чтобы, во-первых, наиболее безопасно пережить голод и, во-вторых, включить особый механизм, чтобы создать мутации, которые смогли бы адаптировать клетку к непривычному для нее субстрату, находящемуся в среде.

Этот особый механизм был назван *адаптивным мутагенезом*.

Вот его суть. Как полагается, в таких неделящихся клетках идет синтез ДНК. Но необычный: случайно, то в одном, то в другом месте генома, удаляется участок одной нити ДНК (для особо интересующихся: у бактерий кишечной палочки это происходит за счет систем RecBCD, RecA и SOS-ответа), и на оставшейся нити, как на матрице, происходит синтез второй нити, но с мутациями! (Опять же для особо интересующихся: за счет снижения активности системы репарации неправильно спаренных оснований, которая сокращенно называется MMR — от английского Mis Match Repair.) В итоге в одной из нитей какого-то участка ДНК накапливаются мутации. Такие мутации, с большой частотой возникающие в неделящихся клетках, были названы *гипермутациями*.

Что потом? Хотя поначалу клетка и не растет, насыщенная мутациями одна нить гена начинает работать — происходят транскрипция и трансляция. И если в результате этого клетка начинает рост (становится способной поедать ранее несъедобный субстрат), то адаптивный мутагенез прекращается. Теперь в нем уже нет нужды. Система репарации неправильно спаренных оснований MMR восстанавливает свою активность, клетка растет, и частота возникновения мутаций в ней становится опять нормальной, то есть низкой.

Ну а если мутаций, запускающих рост клетки, в данном гене не возникло? Может так быть? Запросто! И что тогда? Тогда адаптивный мутагенез начинается в другом случайном месте ДНК, и с помощью того же, предосторожного выше, механизма. Там возникает мутантный ген, и теперь уже он попытается запустить клеточный рост. Не получится — история повторится с третьим геном; если и тут не повезло, то с четвертым. Методом проб и ошибок. Где-то, да повезет.

Ну, повезло. Однако и тут не все просто: ведь в предыдущих трех ге-

нах остались мутации, оказавшиеся бесполезными. А если они — вредные, а тем паче смертельные? То есть опять же риск. В общем, по обещанной выше русской поговорке: «Или грудь в крестах, или голова в кустах».

Короче говоря, очевидно, что нерастущая популяция, в которой происходят гипермутации, подвергает себя смертельному риску, ибо вероятность возникновения полезной мутации совершенно непредсказуема. А вот то, что все клетки погибнут от длительного накопления вредных мутаций, если адаптивный мутагенез не остановится, предсказуемо однозначно. Как быть?

4

...В прорыв идут штрафные батальоны.
В.Высоцкий

Оказывается, у нерастущей, но гипермутирующей популяции клеток могут быть еще две стратегии выживания, или, если угодно, два сценария, по которым эволюция пытается ставить свои потрясающие детективы.

Первое. Прекратить адаптивный мутагенез, если за какое-то критическое время он не привел к возобновлению клеточного роста. При этом многие клетки популяции сохраняют жизнеспособность. И если условия среды вдруг изменятся к лучшему, то рост возобновится. Этот сценарий — «предусмотрительная осторожность».

Сценарий номер два. При стрессе включить адаптивный мутагенез только у малой части клеток популяции; основная же ее масса, покуда сохраняя жизнеспособность, должна неопределенно долго ждать, когда (а может, никогда?) внешние условия изменятся к лучшему. Сценарий — «смертельный риск героев».

Так вот, удивительно или нет (да конечно же неудивительно!), но природа выбрала второй путь, второй сценарий: при стрессе гипермутации происходят только в субпопуляции, то есть в малой части нерастущих клеток. Поэтому полное название этого удивительного явления — «гиперму-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

тации в субпопуляции» (и еще раз для особо любопытных: см. «Genetics», 1998, v.148, p.1559). И число этих «рисковых парней», этих гипермутировавших героев, по одним оценкам, один на 10 000 клеток, по другим — один на миллион. Чем на молекулярном уровне они отличаются от молчаливого клеточного большинства благоразумных обывателей, пока не известно. Может, они самые сильные (еще достаточно энергии и внутренних ресурсов, чтобы рискнуть), а может, напротив, наиболее ослабевшие, которым нечего терять. Но какими бы они ни были, будем помнить: именно эти герои, рискуя жизнью, идут в разведку новых путей эволюции, и если судьба не повернется к ним спиной, то они смогут стать родоначальниками нового вида. Хотя за это Звезду героя вряд ли получат. Все, как в штрафных батальонах.

Тут следует заметить как бы в скобках, что вообще-то открытие адаптивного мутагенеза, который включается, повторим, в условиях, когда организм не может запрограммированно (именно запрограммированно!) ответить на стрессовый вызов внешней среды и, как следствие, прекращает рост, — это весьма принципиальное уточнение самых фундаментальных принципов теории эволюции. Понимали ли это авторы данного открытия? Вам ничего не напоминает название статьи, где впервые описан адаптивный мутагенез: «Происхождение мутантов» («Nature», 1988, v.142, p.335; там же см. фамилии группы авторов)? Ну как же — конечно, напоминает: «Происхождение видов». Эту — правда, не статью, а большую книжищу — написал некто Чарльз Дарвин! Не слабо, да? А ведь термина «мутация» при Учителе еще не было. И говорил Дарвин всего лишь (всего лишь!) о вариациях и вариативности. О том, что они, варианты, возникают случайно и направлены в

разные стороны. А о том, как изменения внешней среды влияют на частоту вариативности, — не говорил. Но, похоже, молчаливо предполагал, что не влияют. Нет, гениальным был Учитель. Провидцем.

Так вот, действительно влияют. И теперь — уточнение второго общебиологического принципа, который конструировал (подглядывал у природы) Тимофеев-Ресовский.

Эволюция — это: 1) случайная генетическая изменчивость, 2) ее расширение в неблагоприятных (стрессовых) условиях окружающей среды, 3) естественный отбор.

Все? Нет, если про эволюцию, то это еще не окончательная формулировка, потерпите.

Едем дальше. Изменчивость — это не только точечные мутации (замены, вставки или выпадения нуклеотидов), это еще и перемещение мобильных (подвижных) генетических элементов внутри генома (IS-элементов и транспозонов). Считается, что такие «прыгающие» гены — не что иное, как эгоистические молекулярные эндосимбионты, то есть внутриклеточные сожители. От клеточки они получают возможность существовать — реплицироваться в составе ее ДНК, а ей могут давать массу преимуществ, ибо кровно заинтересованы в том, чтобы клетка жила: понятно, если клетка умрет, то они вместе с ней. Нормально? Конечно. И одно из преимуществ, которые клетке дают транспозоны, — это широкое разнообразие блочных перестроек генома, которые они могут стимулировать, а именно: удвоение и перемещение генов, рекомбинации (обмен генами между разными участками ДНК) и прочее, и про-

чее. Все это — тоже генетическая изменчивость, но в ее иерархически более высокой форме; если использовать образы, то тут изменяются не буквы в словах, как при точечных мутациях, а перемещаются слоги, и возникают совсем новые слова. И если они (точнее, их носители, организмы) уцелеют, когда естественный отбор лупит по головам кого ни попадя, а слабеньких в первую очередь, то вот вам и пропуск в обозримое будущее.

Ладно, от образов переходим к реалиям. А они таковы.

Оказалось, что стресс стимулирует перемещение мобильных генетических элементов, а тем самым — блочные перестройки генома. И самое интересное — как проходит эта стимуляция. Белок, который резко увеличивает частоту перемещений транспозона, называется шаперон HSP-70, синтез которого активируется при многих стрессах, в частности при тепловом шоке (отсюда и название: Heat Shock Protein — белок теплового шока, а 70 — потому, что массой он в 70 килодальтон). Основная задача этого белка, как полагают прежде, — предотвратить инактивацию (денатурацию) других белков при ухудшении физико-химических условий среды, в частности при повышении температуры более 40°C. Но совсем недавно обнаружили, что, помимо отмеченного, HSP-70 сильно ускоряет генетическую изменчивость «шокированных» клеток, стимулируя в них перемещение транспозонов.

Собравшись с такими новыми данными, есть прямой смысл внести уточнение во второй постулат второго общебиологического принципа, который мы — казалось бы, окончательно — сформулировали чуть выше: в неблагоприятных (стрессовых) условиях окружающей среды происходит расширение генетической изменчивости, включающее — внимание! — повышение скорости перестроек генома.

Но и это тоже не все. Есть еще один способ расширения генетического разнообразия. Вы, наверное, уже догадались? Да, речь опять же о микроорганизмах.

5

*Сафо, фиалкокудряя, чистая,
С улыбкою нежной.*

*Очень мне хочется
Сказать тебе кой-что тихонько,
Только не смею, стыд мне мешает.*

Алкей



Перенос генов существует не у всех микробов, а лишь у тех, которые об-

ладают особыми, так называемыми конъюгативными плазмидами.

Поясним. Плазмида — это кольцевая двухнитевая ДНК, она реплицируется в цитоплазме (отсюда и название) отдельно от хромосомы, но как эндосимбионт пользуется многими веществами, которые для себя синтезирует клетка. Вне клеток плазмиды не живут, однако могут переходить из одной клетки, донорской, в другую, реципиентную. Хитрость в том, что, переходя в новую клетку, из старой они не уходят. Как? Да по принципу: зачем менять одну квартиру на другую? Лучше удвоиться и жить одновременно в обеих! Мудро.

Как это происходит? За счет своих генов, обеспечивающих конъюгативный перенос, хитрая плазмида передает в другую клетку только одну нить своей ДНК. Тут уж по законам жанра (биологического, естественно) донорской клетке ничего не остается, как оставшуюся, осиротевшую нить плазмидной ДНК достраивать до двойной. И абсолютно то же самое происходит и в реципиентной клетке с новопривывшей нитью. (Это называется, паразитировать на принципах устройства живой природы. Шутка.)

Таким образом, плазмида распространяется не только вертикально, по классическому сценарию (ибо при делении клеток обе дочерние клетки из поколения в поколение получают плазмиды) но и, как показано только что, горизонтально, то есть между разными микробными клетками, принадлежащими чаще всего к одному биологическому виду. Клетки, у которых есть конъюгативная плазмида, считаются мужскими, у которых нет — женскими. На экзамене по молекулярной генетике студентов обычно спрашивают, какой организм после скрещивания меняет свой пол? Ответ ясен.

Дальше все достаточно просто. Существовая только внутри клетки и только за ее счет, плазмиды кровно заинтересованы в том, чтобы клетка жила, и поэтому реализуют достаточно цивилизованную эволюционно-экологическую стратегию: ты мне, я тебе. Ты мне — жизнь (репликацию, то есть размножение!), я — тебе преимущество в суровых условиях среды, а именно: устойчивость к антибиотикам, устойчивость к токсичным тяжелым металлам, способность поедать необычную пищу (остатки нефтепродуктов или пестицидов) и другое. И действительно: многие плазмиды несут такие гены, которые обеспечивают клетке весьма ценные пре-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

имущества, особенно в напряженных или стрессовых условиях, и без таких плазмидных генов клетки в суровом бытии гибнут.

Однако плазмиды не только помогают клеткам выжить, но и сильно стимулируют их эволюцию. Во-первых, транспозон может переместиться из хромосомы клетки в ДНК плазмиды, затем плазмида перейдет в другую клетку, а с ней «автостопом» и транспозон. В другой клетке этот транспозон может пересечься с плазмидой в клеточную хромосому и вызвать там блочные перестройки ДНК. Далее весь процесс, не исключено, повторится, но уже с третьей клеткой, а затем — с четвертой, и — ищи ветра в поле!

Именно так транспозоны в основном и распространяются — на плазмидах горизонтально и попадают в те клетки, где раньше их не было, — например, в болезнетворные микробы. И тогда болезни, вызываемые этими последними, стандартными антибиотиками, уже не вылечить: микробы приобретают к ним устойчивость благодаря вселившимся туда плазмидам. Именно они и несут транспозоны с генами устойчивости к антибиотикам.

Следующий интимный момент — рекомбинация между плазмидой и хромосомой. Если между их генами есть большое сходство (гомология), то рекомбинация происходит, если нет гомологии, то не произойдет и рекомбинация. Последнее (отсутствие рекомбинации) называется межвидовым генетическим барьером. Он предотвращает образование межвидовых химер. У микроорганизмов его молекулярный механизм обеспечивает активность системы репарации неправильно спаренных оснований — MMR. Белки этой системы узнают участки, где нет сходства между ДНК плазмиды и клетки (области неспаренных оснований) и, связываясь с этими участками, препятствуют рекомбинации. А при стрессе, как уже говорилось, активность системы MMR падает. И в данном случае это ведет к падению межвидовых генетических

барьеров — стало быть, к интенсивному межвидовому генетическому переносу. То есть, ни много ни мало, к вспышке видообразования.

Это, уточним, при стрессе. Но предположим, он прошел и популяция (или субпопуляция) клеток выжила. Что тогда, учитывая все вышеизложенное? Подытожим. Если клетки, пребывавшие в стрессе (то есть клетки, замедлившие рост, неделящиеся), в результате рекомбинаций и межвидового генетического переноса запускают рост, то у них: 1) восстанавливаются межвидовые генетические барьеры, 2) нормализуются механизмы генетической рекомбинации. Всё теперь в норме, а возник новый вид (новый вид микроба всего лишь, не пугайтесь!).

И потому вот как теперь выглядят основные постулаты эволюции микроорганизмов:

Эволюция — это: 1) случайная генетическая изменчивость, 2) ее расширение в неблагоприятных условиях окружающей среды, включая повышение частоты перестроек генома и повышение частоты межвидового генетического переноса, 3) естественный отбор.

И в заключение. Как-то раз я рассказывал обо всех этих биологических (точнее, микробиологических) механизмах старшекласнику Экологического лицея. И вдруг вижу, по щекам у Наташи текут слезы. «Наташа, — говорю, — отчего вы плачете?» — «Микроб, он такой маленький, — отвечает, всхлипывая, — у него даже головы нет, а какие красивые механизмы придумал! Я бы в жизни не додумалась».

Умница Наташа, но она в тот момент еще ничего не знала о механизмах эволюции высших организмов! Но об этом в другой раз.

Разные разности

Выпуск подготовили
М. Литвинов,
Е. Лозовская,
Е. Сутоцкая,
О. Тельпуховская

Вороны с острова Новая Каледония (юго-западная часть Тихого океана) делают из листьев инструменты, которыми затем добывают насекомых. Отщипывая от листьев кусочки, птицы придают ловчим снастям нужную форму. При этом они чаще используют правую сторону клюва, чем левую. То, что у человека, гориллы и шимпанзе одна половина тела активнее другой, известно давно, однако за птицами подобного не замечали, и теперь вновь возник вопрос: как и зачем возникло это неравенство?

Некоторые исследователи считают, что у человека правая рука стала главной, когда он обрел речь. Центр речи разместился в левом полушарии мозга, оно стало активнее, а вслед за ним стала доминировать и подчиненная ему правая сторона тела. Открытие правоклювия у ворон заставляет по-новому взглянуть на эту проблему. Может быть, все дело в том, что сложную цепочку действий легче выполнить, когда ею управляют мозговые структуры, сосредоточенные в одном полушарии? Изготовление из листа удобного инструмента для ловли насекомых как раз и требует большой умственной работы. «Нужна хорошая координация, чтобы придать листу определенную форму, — говорит Г. Хант из Университета Окленда. — Даже шимпанзе этого не умеют». Возможно, и у человека латеральность — превосходство одной стороны тела над другой — это побочный продукт мозговых процессов, необходимых для выполнения замысловатой последовательности действий («BBC News Online», 12 декабря, 2001).



Сотрудники Университета Висконсин-Мэдисон разработали и испытали искусственную пиявку. Внешне устройство мало чем напоминает естественный прообраз. Оно состоит из вакуумного насоса и стеклянной трубочки с тонким вращающимся зондом, который можно установить под кожей пациента на заданную глубину. Там зонд впрыскивает антикоагулянт гепарин и поливиниловый спирт, которые способствуют восстановлению тока крови, а когда надо — откачивает ее.

Пиявок применяют для лечения еще с древности. В средние века в Англии слово «leech» обозначало и пиявку, и лекаря. Пользуются пиявками и сейчас, особенно часто — в реконструктивной медицине, когда застывает кровь. Пиявки не только работают насосом, который активизирует ток крови, но и вводят в нее антикоагулянты, ферменты и другие вещества, способствующие дренажу тканей. Даже после того, как пиявка наелась и отцепилась, ее медикаменты продолжают действовать, и кровь усиленно циркулирует еще несколько часов.

Однако у пиявок есть свои недостатки. Во-первых, они не стерильны. У них в желудке часто поселяется бактерия *Aegomonas hydrophila*. У больного она вызывает инфекцию, от которой можно избавиться только с помощью антибиотиков. Случается, что пиявки соскальзывают с того места, где им положено работать, и прикрепляются к другому, где они совсем не нужны. И наверное, самое главное: не все больные соглашаются, чтобы их кусал противный червяк.

Другое дело — механическая пиявка. Ее тонкий вращающийся зонд стерилен и никуда не сдвинется. Этот лекарь ненасытен и будет работать столько, сколько потребуется («New Scientist», 14 декабря, 2001).



На пищу, которую запасает себе человек, все время посягают насекомые. В муке, например, заводятся мучные черви — личинки жука, мучного хрущака. Они не только поедают продукт, но и портят его своими выделениями, которые придают муке неприятный запах и вкус. В развивающихся странах насекомые уничтожают половину запасов зерна и муки, которых и так не хватает.

Ана Барба де ла Роса из Технологического института Селайя в Мехико и ее коллеги придумали, как вернуть похищенные вредителями питательные вещества. Для этого нужно съесть самих насекомых. В том, что это безопасно, убедились 20 отважных испытателей. Они попробовали лепешки-тортильи, приготовленные из кукурузной муки с добавлением мучных червей, и высоко оценили кушанье. Оно оказалось не только вкуснее обычных лепешек, но и питательнее: ведь в личинках почти столько же белка, сколько и в мясе. Есть в них и незаменимые жирные кислоты, и микроэлементы, и другие полезные вещества.

Во многих странах Азии и Африки местные жители охотно едят насекомых: кузнечиков, саранчу, личинок жуков. Иоанн Креститель и другие отшельники, уйдя в пустыню, годами питались диким медом и акридами, то есть саранчой.

В отличие от них, современные жители развитых стран пренебрегают пищей из насекомых. Л. Гуэрра, директор по маркетингу компании «Тортильи Руди» в Далласе (США), говорит, что не представляет, как рекламировать товар с жучками и червячками. Однако в развивающихся странах население может взглянуть на новшество по-другому. Барба де ла Роса считает, что личинки насекомых способны стать важным источником белка для беднейших жителей Мексики («Nature News Service», 13 декабря, 2001).



Красавица Европа, небольшой спутник гиганта Юпитера, скрывает под ледяной коркой глубокий водный океан. Может быть, это единственный океан, кроме земных, в Солнечной системе. В разреженной атмосфере ледяной луны также летают капельки воды.

Астрономов давно мучила загадка таинственных инфракрасных сигналов с Европы. Несмотря на то что спутник состоит, главным образом, из воды, он поглощает инфракрасное излучение не так, как обычный лед. Причина этого, возможно, в том, что какое-то вещество (может быть, соль) связывает между собой молекулы воды. Сульфат магния, например, замороженный во льду, изменяет частоты, с которыми колеблются молекулы воды. Однако подобрать подходящее сочетание солей для того, чтобы объяснить необычный спектр излучения Европы, пока не удалось.

Американский астрофизик Б.Далтон тоже заинтересовался этой загадкой. «Шутки ради, я попросил своего коллегу подыскать инфракрасные спектры бактерий, живущих в экстремальных условиях». И они совпали со спектрами Европы! Ученый изучил три вида бактерий: *Escherichia coli* (кишечную палочку), *Deinococcus radiodurans* и *Sulfolobus shibatae*. По-видимому, два последних вида, живущие в экстремальных условиях, лучше выдержали бы сложные климатические условия спутника Юпитера. По мнению автора, бактерии могли попасть из его глубин (где может быть незамерзшая вода) на поверхность в результате взрыва или извержения и замерзнуть.

Результаты исследования Далтон представит весной на «Конференции по лунной и планетарной науке», хотя некоторые его коллеги подвергают его гипотезу сомнению («EurekAlert!», 5 декабря, 2001).

Многие по опыту знают, что шампанское пьют быстрее обычного вина. Британская исследовательница Ф.Ридаут из Университета Суррей в Гилфорде решила изучить это явление экспериментально. Она устроила две вечеринки для 12 добровольцев. Участников эксперимента разделили на группы: в первой пили обычное шампанское с пузырьками газа, а во второй — дегазированное с помощью венчика. Через неделю еще на одной вечеринке группы поменялись местами. Это помогло исключить влияние индивидуальных особенностей. Доза была рассчитана так, чтобы все участники получили равное количество алкоголя на килограмм массы тела. Оказалось, что уровень спирта в крови поднимался гораздо быстрее у тех, кто пил шипучее шампанское: у них через 5 минут он составил в среднем 0,54 мг на миллилитр крови, а у тех, кто пил дегазированное, — 0,39 мг/мл. Через 40 минут в крови у первых было 0,7 мг/мл алкоголя, а у вторых — 0,58 мг/мл.

Подвыпивших испытуемых подвергли стандартным компьютерным тестам на психомоторную реакцию. Те, кто пил шампанское с газом, реагировали на появление периферического объекта на 200 миллисекунд позже, чем в трезвом состоянии. Те, кому досталось шампанское без газа, — только на 50 миллисекунд. После дозы газированного спиртного испытуемые были менее внимательны и с трудом отыскивали комбинацию из трех четных или нечетных чисел среди случайной числовой последовательности. В конце эксперимента те, кто пил шипучий напиток, и выглядели заметно пьянее. Некоторые из них с трудом могли написать несколько слов.

Отсюда вывод для тех, кто не хочет опьянеть от шампанского: его надо пить из широких бокалов, а не из узких, тогда пузырьки газа выходят быстрее. Но главный вопрос, почему пузырьки газа в алкогольном напитке усугубляют опьянение, — остается открытым. Возможно, они каким-то образом ускоряют всасывание спирта («New Scientist», 20 декабря, 2001).

М. Молнар, астроном из США, предполагает, что появление Вифлеемской звезды — это не астрономическое событие, вроде появления сверхновой или кометы, а астрологическое. Изучив символику римских монет, Молнар пришел к выводу, что на самом деле «звездой» назвали два затмения Юпитера в созвездии Овна. Первое произошло 20 марта в шестом году до Рождества Христова, второе — 17 апреля того же года. Доказательство того, что именно это событие астрологи интерпретировали как знак о рождении Божественного Ребенка в Иудее, исследователь нашел в книге римского астролога и новообращенного христианина Фирмикуса Матернуса, написанной в 334 году после Рождества Христова. В ней автор упоминает о затмении Юпитера Луной в созвездии Овна, говоря, что это свидетельство рождения Божественного Царя.

«Имя Иисуса Матернус не называет, — говорит Молнар. — Но римская астрология была всеобщим увлечением в это время, поэтому каждый читавший книгу знал, что речь идет об Иисусе, а астрологическое событие — это Вифлеемская звезда».

Почему же Матернус не упоминает имени Иисуса? По мнению Молнара, ранние христиане были нетерпимы к язычеству и не хотели связывать Библейскую историю с астрологией. Вера в то, что звезды управляют нашими судьбами, поникла перед лицом веры в христианского Бога, управляющего всем во Вселенной. Фирмикус — язычник, перешедший в христианство, — разрывался между двумя верованиями. Поэтому он использовал астрологические доказательства появления Христа в завуалированной форме. Для ранних христиан было очень важно скрыть истинную природу звезды, так как иначе они были бы втянуты в дискуссию о влиянии звезд, которое не поощрялось их учением. Что они и сделали («EurekAlert!», 19 декабря, 2001).

Сванте Бьорк из Лундского университета в Швеции и его коллеги решили выяснить, что вызвало скачки климата в последние 11 тысяч лет. Они исследовали отложения осадков в озерах на островах Норвежского моря, изучили кольца древних немецких сосен и проанализировали состав кернов, высверленных из ледяных глубин Гренландии («Nature News Service», 20 декабря; «Geology», т.29, с.107).

Природные датчики засвидетельствовали, что примерно 10 300 лет назад климат резко изменился — на Земле наступило похолодание, затем, в течение следующего столетия, температура постепенно поднималась. Данные о климате, собранные на побережье Калифорнии и в Тибете, подтверждают, что температура упала во всем северном полушарии.

Бьорк предполагает, что к похолоданию привело ослабление солнечной деятельности. Доказательством служит наличие большого количества бериллия-10, обнаруженного в гренландском льду. Эта радиоактивная форма бериллия образуется при столкновении космических лучей с молекулами азота и кислорода в атмосфере Земли. В годы меньшей активности Солнца сквозь магнитное поле планеты проникает больше космических лучей.

Хотя не все ученые считают, что между солнечной активностью и изменением климата есть взаимосвязь, есть немало примеров, подтверждающих это. Например, высокая активность Солнца в 1100–1250 годах стала причиной потепления в Европе, и, напротив, малый ледниковый период между XVI и XVIII веками совпал с периодом слабой деятельности Солнца.

В отличие от подобных «заморозков» значительные изменения климата — ледниковые периоды — происходят постепенно и длятся долго: более ста тысяч лет. Такие крупномасштабные перемены на планете связывают с периодическими изменениями орбиты Земли.



Извлечение аромата

Однажды индийская царица по имени Нур Джахан, что означает Звезда Света, готовилась к пиршеству с мужем — правителем Джахангиром, сыном Акбара из династии Великих Моголов. Царь мало занимался государственными делами, зато прославился как создатель великолепных садов, часть которых сохранилась до наших дней. Нур Джахан приказала наполнить все бассейны дворца душистой водой, настоянной на лепестках роз, и запретила к ней прикасаться. Через некоторое время она подошла к бассейну и увидела на поверхности воды жирную пленку. Разгневанная царица приказала рабыне коснуться воды рукой, чтобы узнать, чем загрязнен водоем, и обнаружила, что странный жир очень приятно пахнет. Так в Индии открыли секрет получения розового масла.

Возможно, это был не первый случай выделения эфирного масла, но в этом событии принимала участие царственная особа, поэтому оно вошло в историю. Впрочем, душистые вещества, не извлекая их в чистом виде, люди издавна использовали в парфюмерии, косметике, медицине, пищевой промышленности. О весьма экзотичном (к счастью, фантастическом) их применении рассказывает роман немецкого писателя Патрика Зюскинда «Парфюмер»: герой произведения, лишенный собственного запаха и обладающий в силу этого невероятным обонянием, создает аромат привлекательности и поклонения, с помощью которого пытается управлять людьми. Для профессионала этот роман — захватывающий источник сведений по парфюмерной технологии XVIII столетия, наполненный великолепными описаниями получения душистых веществ.

Нежирные масла

Эфирные масла — это смеси летучих органических соединений, которые образуются в растениях. Они очень сложны по составу: в масле розы, например, около 500 компонентов. Маслами их называли за способность оставлять жирное пятно на бумаге и не растворяться в воде, а эфирными — за то, что они в конце концов испаряются, не оставляя следов.

Эфирные масла обычно классифицируют по основному веществу, определяющему запах. Такие вещества делят на пять групп: ациклические монотерпены, моноциклические монотерпены, бициклические монотерпены, сесквитерпены и ароматические соединения.

В химическом отношении терпены — это ненасыщенные соединения с числом атомов углерода, кратным пяти. Терпены (монотерпены), сесквитерпены, дитерпены и тритерпены состоят соответственно из двух, трех,

четырёх и шести изопреновых звеньев. В состав эфирных масел обычно входят только монотерпены и сесквитерпены, дитерпены содержатся в смолах, а тритерпены образуют большой класс растительных стероидов и участвуют в построении гликозидов. Все эти соединения могут существовать в виде терпеноидов, то есть кислородных производных: спиртов, альдегидов, кетонов, фенолов, кислот, эфиров, лактонов, оксидов, хинонов. У них много оптических и геометрических изомеров. К терпеноидам обычно не относят тетрагерпеноиды (каротиноиды, ксантофилы) и политерпены (каучук, гуттаперчу).

Около 3000 видов растений образуют эфирные масла, однако извлекают их только из 150–200. В бывшем СССР эфирноносоев было не так уж мало — около 1000, в нынешней России их меньше. Большинство эфирных масел получают из тропических и субтропических растений.

Эфирные масла придают аромат цветам, однако в корнях, листьях и плодах их обычно содержится гораздо больше. У некоторых растений есть специальные органы или ткани, вырабатывающие эти соединения, а у других эфирные масла эмульгированы или растворены в цитоплазме клеток. А в листе зверобоя, коже цитрусовых, древесине кассии железистые образования (вместилища) можно увидеть невооруженным глазом: они выглядят как полупрозрачные или темные точки. Еще один тип вместилищ — каналы и ходы — встречаются в плодах зонтичных, коре и древесине ряда растений. Особенно заметны они в древесине хвойных, их называют смоляные ходы. Масло может накапливаться в виде железистых пятен — мелких капель эфирных масел сразу под кутикулой эпидермиса. Чаще всего эфирные масла накапливаются в железках, которые находятся на поверхности растения (в эпидермальной ткани); железки — выросты эпидерми-

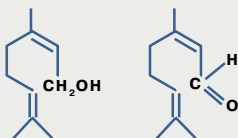


Художник П. Перевесенцев

Терпены пахучие и целебные

Монотерпены без циклов

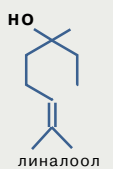
Наиболее известные источники этих веществ — роза, кориандр, лаванда и лимон. Ациклические терпены можно рассматривать как ненасыщенные соединения жирного ряда с тремя двойными связями. Наиболее известны из них мирцен, распространенный в маслах зонтичных растений, спирт гераниол, придающий запах розе и герани, его изомер нерол с совершенно другим запахом и альдегид цитраль с приятным запахом цитрусовых.



Масло розы (рис. 1) обладает сильным бак-

терицидным действием и способствует заживлению ран. Когда средневековая дама промывала розовой водой раны своего рыцаря, это было не только доказательством любви и богатства, но и весьма полезной медицинской процедурой. Благодаря высокому содержанию в лепестках эфирного масла розовое варенье — прекрасное средство от ангины. Масло розы успокаивает, ослабляет аллергические реакции, улучшает настроение.

Очень интересный химический состав у кориандра (рис. 2), который тоже содержит в основном ациклические терпены. Его масло пахнет по-разному в зависимости от стадии развития растения. В зелени до созревания плодов содержатся только два альдегида: дециловый и децилен-8-овый, и растение издает сильный «клоповый» запах. Несмотря на это, оно очень популярно в кухне народов Востока и нашего



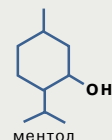
Закавказья под названием кинза, или собачья петрушка. Эфирное масло плодов в момент их образования содержит 40–50% альдегидов и до 35% линалоола. По мере созревания альдегиды исчезают, заменяясь линалоолом, который полностью определяет запах спелых плодов. Спелые плоды — известная пряность, которую широко применяют даже у нас, где культура использования пряностей находится в зачаточном состоянии. Семена кориандра используют при выпечке бородинского хлеба, засолке рыбы пряного посола, приготовлении кетчупа, маринадов и консервов. Молотый кориандр входит в состав большинства пряных смесей, начиная от венгерской смеси для гуляша, грузинской хмели-сунели и кончая индийским карри. В медицине его считают одним из лучших ветрогонных средств, используют при кашле и бронхите, назначают кормящим матерям как молокогонное.

Лаванда — небольшой полукустарник, который сам по себе растет в Средиземноморье (рис. 3). Ближайшее к нам место, где его выращивают в промышленных масштабах, — Крым, откуда отдыхающие часто привозят небольшие букеты для борьбы с молю. Как ни странно, при нынешнем развитии химии лаванда остается одним из наиболее эффективных и абсолютно безвредных средств отпугивания этого насекомого! А линалилацетат и другие сложные эфиры придают вещам приятный запах.

Лавандовое масло намного дешевле розового, поэтому можно позволить себе носить в сумке маленькую пробирочку этого ценного средства. Несколькими каплями, нанесенными на виски, излечивают головную боль; масло лаванды снимает усталость и улучшает внимание, его рекомендуют вдыхать при выполнении однообразной работы. При мелких травмах — порезах, ссадинах, ушибах — лавандовое масло наносят прямо на пораненную поверхность. Оно не только дезинфицирует, но и подсушивает ранку. При ожогах, в том числе и солнечных, нужно смазать место ожога лавандовым маслом, и боль с краснотой быстро проходят, а при солнечных ожогах не образуются пузыри. Более того, намазавшись, можно и дальше находиться на солнце без риска получить новый ожог.

Терпены с одним циклом

Моноциклические терпены содержатся в растениях, известных в медицине как дезинфицирующие и успокаивающие. Это циклические соединения с двумя двойными связями, преимущественно производные метилизопропилциклогексана, причем обе двойные связи могут располагаться в кольце, или одна из них в кольце, а другая в изопропильной группе. Гораздо чаще встречаются их кислородные производные.



Ментол — самый известный из моноциклических терпеновых спиртов — в большом количестве накапливается в масле мяты, от которой и получил свое название (мята по-латыни — *menta*). Самая ментольная из многочисленных видов мяты — перечная. Из ее масла при охлаждении в холодильнике ментол выпадает в осадок в виде длинных прозрачных кристаллов.

Интересно, что дикой перечной мяты никогда не существовало. Это одно из тех редких растений, о котором достоверно известно не только кто его первым нашел и описал, но где оно появилось. В 1769 году английский ботаник Рэй в списке британских растений «Synopsis Stirpium Britannicum» рассказывает, что одно-единственное ее растение было найдено в посевах зеленой мяты на поле

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

са, специализированные для выделения и накопления эфирных масел.

Растения содержат разное количество эфирных масел. В цветках фиалки их 0,004%, в гвоздике, то есть в бутонах гвоздичного дерева, которые мы используем как пряность, — 23%. Большой частью это жидкости, хотя у некоторых зонтичных — твердые вещества. У части растений из эфирных масел при хранении или охлаждении выделяются твердые составляющие — стеароптен. Это, например, камфора и ментол, которые осаждаются соответственно из масел камфорного лавра и мяты. Удельный вес большинства масел меньше 1, но у некоторых, например гвоздики, — больше. Качество гвоздики даже определяют по ее положению в воде: хорошая должна тонуть цветком вниз, поскольку в нем больше всего эфирного масла. К сожалению, такая гвоздика попадается редко.

Состав эфирных масел зависит не только от вида, но и от разновидности растения. На горе Машук в Пятигорске можно на одном квадратном метре встретить до

пяти вариантов чабреца, внешне совершенно одинаковых, но с разным запахом, в зависимости от количества тимола в масле. Большое значение имеют климат и место произрастания. В базилике с Коморских островов содержится до 80% метилхалвилкола, а в египетском — только 25%. У лаванды из Англии, где климат влажный, запах более приятен, чем у южных растений: в них образуется больше линалоол-ацетата. Многое зависит и от условий произрастания: в пижме при жаре и засухе вырабатывается гораздо больше туйона и камфары и она более токсична.

В разных частях одного растения эфирное масло может иметь разный состав и разный запах. Например, из растения *Citrus bigarradia* получают сразу три эфирных масла: неролиевое — из цветов, петигреневое — из листьев и померанцевое — из кожуры плодов. Состав и качество готового эфирного масла зависят также от метода получения. Лиметтовое масло из *Citrus limetta* пахнет по-разному в зависимости от того, получено оно отжимом или перегонкой.

Как получали эфирные масла

Эфиромасличные растения начали применять за несколько тысяч лет до открытия эфирных масел. Пахучие извлечения из растений использовали уже в Древнем Египте. Методы получения этих веществ со временем мало изменились. В их основе лежат принципы, открытые еще в глубокой древности. Простейший из них — механический отжим, с помощью которого обрабатывают только плоды цитрусовых. Кожуру плодов соскабливают и прессуют, водную часть сока в делительных воронках отделяют от верхнего слоя чистого масла, которое сливают в емкости.

Наиболее древний метод — перекладка цветов жирными семенами: в Европе — миндалем, в Индии — кунжутом. Семена насыщались эфирным маслом, а из них обычным прессованием получали ароматное масло для косметики. Позже, после открытия спирта, масло взбалтывали с ним и получали спиртовой раствор эфирного масла, который использовали для приготовления духов и ароматных вод. А в дальнейшем путем перегонки начали производить и чистое эфирное масло. В XVIII веке его называли *Essence Absolue* — абсолютная эссенция. Эту жидкость готовили также из помады, о которой речь пойдет ниже, однако мы все же приведем описание процесса из романа «Парфюмер».

«Помаду выносили из подвала, осторожнейшим образом подогрели в закрытых горшках, добавляли чистейший винный спирт и с помощью встройной мешалки основательно перемешивали и вымывали. При возвращении в подвал эта смесь быстро охлаждалась, спирт отделялся от застывшего жира помады, и его можно было слить в бутылку. Но на этом операция не кончалась. После основательной фильтрации через марлю, где застревали даже мельчайшие комочки жира, Дрюю наполнил ароматизированным спиртом маленький перегонный куб и медленно дистиллировал его на слабом огне. После испарения спирта в емкости оставалось крошечное количество жидкости — это было сплошное, чистейшее, сияющее цветочное масло, голый аромат, тысячекратно сконцентрированный в лужице *Essence Absolue*. Эта эссенция уже не имела приятного запаха. Она пахла почти с болезненной интенсивностью, остро и едко. И все же достаточно было одной ее капли, растворенной в литре алкоголя, чтобы снова обонятельно воскресить целое поле цветов. Конечно, продукта было ужасно мало. Жидкости из дистиллятора хватало ровно на три маленьких флакона».

Более прогрессивный, чем поглощение масла семенами, но тоже древний метод — анфлераж, экстракция масел из свежих растений твердым

жиром. Поскольку его применяли только для растений с самыми непрочными эфирными маслами, этот метод, несмотря на его древность, считался наиболее сложным. Вновь обратимся к «Парфюмеру»: «В конце мая началось время жасмина, в августе — тубероз. Оба растения обладали столь изысканным и одновременно хрупким благоуханием, что нужно было не только срывать цветы до восхода солнца, но и подвергать их особенной, самой бережной обработке. Тепло уменьшало аромат, внезапное погружение в горячий мацерационный жир полностью разрушило бы его. Эти благороднейшие из всех цветов не позволяли так просто вырвать у себя душу, и ее приходилось прямо-таки выманывать хитростью. В особом помещении их рассыпали на смазанные жиром гладкие доски или, не прессуя, заворачивали в пропитанные маслом холсты, где их медленно усыпляли до смерти. Только спустя три или четыре дня они увядали, выдыхая свой аромат на соседствующий жир или масло. Потом их осторожно собирали и рассыпали свежие цветки. Процесс повторялся десять, двадцать раз, и к тому времени, когда помада насыщалась и можно было выжимать из холстов ароматическое масло, наступал сентябрь. Холодный анфлераж был самым изощренным и действенным средством улавливания нежных запахов. Лучшего не было».

В результате получалась ароматная помада, которую в прошлом использовали в косметике как притирание для тела, а сейчас чаще всего экстрагируют летучими растворителями, бутаном или жидкой двуокисью



1
Роза столетняя



2
Кориандр



3
Лаванда



углерода. В наше время анфлераж применяют в промышленности только для получения масла туберозы, которое безумно дорого. До недавнего времени так добывали и масла из цветов citrusовых.

Еще один вариант анфлеража — мацерация — настаивание растений с жидкими маслами, нередко при нагревании или на солнце. Вот как это описано у Зюскинда: «Стояла пора нарциссов. Цветы доставляли в ателье рано утром, их высыпали из корзины десятками тысяч, сгребали в огромные, но легкие, как перья, душистые груды. Тем временем Дрюо распускал в большом котле свиное и говяжье сало; в это сметанообразное варево, которое Гренуй должен был непрерывно помешивать длинной, как метла, мутовкой, Дрюо швырял лопатами свежие цветы И почти в ту же минуту они размокали и увядали, и, очевидно, смерть их наступала так быстро, что им не оставалось никакого другого выбора, кроме как передать свой последний благоуханный вздох как раз той среде, в которой они тонули, ибо — Гренуй понял это, к своему неопишуемому восхищению, — чем больше цветов он перемешивал в своем котле, тем сильнее благоухал жир Между тем варево густело, и им прихотилось быстро выливать его на большое решето, чтобы освободить от влажных трупов и подготовить для свежих цветов. Так они продолжали засыпать, мешать и фильтровать весь день без перерыва, потому что процесс не допускал замедления. На следующий день мацерация, так называлась эта процедура, продолжалась, котел снова подогревали, жир распускали и загружали новыми цветами. Так оно шло несколько дней с утра до вечера. Через некоторое время Дрюо решил, что жир стал насы-

щенным и не сможет больше абсорбировать аромат. Огонь гасили, последний раз процеживали сквозь решето

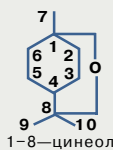


4 Шалфей

Рисунки автора

неким Эалесом в Берфордшире, в Англии. Тот же Рэй в 1704 году впервые назвал эту мяту перечной (по-английски — «peppermint»). От этого растения, размноженного вегетативно (семян оно практически не дает), и произошли еще в XVIII веке плантации культурной перечной мяты в обоих полушариях. В XIX веке эта мята называлась холодной, а чаще — английской.

Мятное масло используют для отдушки конфет, пряников, алкогольных напитков и жевательной резинки. Одна из самых старинных областей его применения — изготовление зубного порошка и пасты. Ментол не только оставляет приятный холодный вкус, но и дезинфицирует полость рта. Много ментола используется и в медицине. Медики больше всего любят перечную мяту с фиолетовой окраской листьев. Возможно, даже не за особенно сильный запах, а за то, что ее удобно отличать от примесей. Она обладает обезболивающим действием при наружном применении, а принятый внутрь успокаивает сердцебиение, снимает спазмы, улучшает выделение и отток желчи, снижает кислотность желудочного сока. Мятное масло при вдыхании улучшает настроение, успокаивает, улучшает деятельность мозга, но его не следует нюхать на ночь, поскольку оно может вызвать кошмары.



Цинеол определяет запах другого лекарственного растения — шалфея (рис. 4). Его родина — Малая Азия. Шалфей в незапамятные времена был занесен греками в остальное Средиземноморье, откуда проник как культурное растение во все страны Центральной и Южной Европы. Его латинское название «сальвия» означает спасающий, излечивающий. Под этим именем он известен в большинстве стран Европы. Русское слово «шалфей» — искаженный вариант латинского названия.

Этот красивый полукустарник в диком виде встречается в Средиземноморье. Его культивируют в Молдавии, Крыму, на Северном Кавказе. В листьях до 2,5% эфирного масла, основной компонент которого — цинеол (до 15% от суммы масел). Шалфей с древности применяют как пряность. Его специфический аромат придает вкус копченым колбасам, в частности сервелату. Шалфей кладут в жаркое из жирного мяса, особенно баранины, которой он придает вкус дичи, и свинины; добавляют при запекании в духовке домашней птицы — гуся и утки. Он входит в состав многих соусов, добавляют его и в супы — картофельный, гороховый, фасолевым. Шалфей облегчает усвоение трудно перевариваемой пищи, уменьшает газообразование в кишечнике.

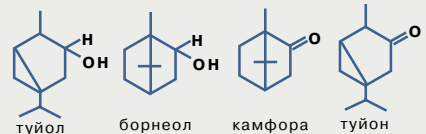
Шалфей в медицине применяют в основном наружно как сильное противовоспалительное средство, обладающее к тому же вяжущим и дезинфицирующим действием. Шалфеем полощут горло при ангине, полость рта при воспа-

лительных процессах и боли зубов. Его настой пьют при простудных заболеваниях и катаре верхних дыхательных путей. Шалфей входит в состав сложных сборов против поноса, простуды, желудочных болезней. В косметике его используют для ухода за волосами.

Еще больше цинеола содержится в масле эвкалипта — до 80%. Это масло с сильным специфическим запахом и мощным противовоспалительным действием. Дикое эвкалипты растут в Австралии, некоторые из них достигают высоты 120 метров. Шариковый эвкалипт пониже, до 30 метров высотой. Он преобладает на Черноморском побережье Кавказа, где его поначалу высадили для осушения болот Колхидской низменности. Эфирное масло получают из листьев и молодых веточек. Настойкой эвкалипта полощут горло при ангине, промывают раны и язвы, смазывают прыщики и прочие кожные болячки, растирают кожу при мышечных болях. Масло эвкалипта прекрасно стерилизует воздух, его можно использовать для профилактики гриппа и простудных заболеваний. Запах эвкалипта стимулирует работу мозга и повышает настроение. Эвкалипт хорошо отпугивает насекомых.

Терпены с двумя циклами

Бигидлические терпены — это соединения с двумя неароматическими кольцами и одной двойной связью. Их общая формула — $C_{10}H_{16}$. В этой группе много кислородных производных. В медицине они имеют даже большее значение, чем соединения алифатического ряда. Из спиртов типичны сабинол, туйол, борнеол, из кетонов — камфора, фенхон, туйон. Почти все эти соединения весьма токсичны.



Самый богатый источник веществ этой группы — можжевельник. Одно из них и получило свое название от можжевельника сабины. Основные компоненты его масла — пинен, камфен, сабинен и их кислородные производные — борнеол и изоборнеол. Эфирного масла много не только в плодах, но и в хвое, и даже в древесине. У него приятный запах и сильное бактерицидное действие. Один гектар можжевельника выделяет в сутки около 30 кг фитонцидов; этого достаточно, чтобы обеззаразить воздух в небольшом городке. В Европе дымом горящего можжевельника окуривали жилища во время эпидемий. Даже сейчас можжевельный дым используют для копчения рыбы и самых дорогих колбас, которым он придает приятный запах. Украшения из древесины можжевельника долгое время выделяют эфирное масло, которое предохраняет их владельца от болезней.

тяжелое варево и наполняли им каменный тигель, где оно тут же застывало в великолепно пахнущую помаду». Этот древний метод и сейчас используют для приготовления ароматических масел, применяемых в кулинарии.

Наиболее распространенный способ получения эфирных масел — перегонка с водяным паром. Предполагают, что его изобрел Авиценна в IX–X вв., но, вероятно, он только придумал новую аппаратуру и с ее помощью усовершенствовал старый метод, до сих пор распространенный в Закавказье. Там и сегодня высушенные травы кладут в глубокую эмалированную кастрюлю, заливают небольшим количеством воды и в той же кастрюле, над водой, устанавливают пустую миску. Кастрюлю плотно закрывают крышкой, сверху накрывают мокрым полотенцем и ставят на малый огонь. На холодной крышке оседает пар с маслами, и вода оттуда капает в миску. Каждые 20–30 минут в кастрюлю доливают кипяток, а воду из миски сливают и хранят. В IX–X вв. из Персии вывозили до 30 000 бутылей розовой воды, полученной таким способом.

В конце XIX века метод модифицировали: через сырье начали пропускать пар. Снова обратимся к роману «Парфюмер»: «Иногда, когда розмарин, шалфей, мяту или семена аниса можно было дешево купить на рынке или когда поступали довольно большие партии клубней ириса или марьяна корня, тмина, мускатного ореха или сухих цветов гвоздик, в Бальдини просыпался азарт алхимика, и он вытаскивал свой большой медный перегонный куб с насаженным на него конденсаторным ковшом. Он называл это «головой мавра». И пока Гренуй размельчал предназначенный для перегонки товар, Бальдини в лихорадочной спешке — ибо быстрота обработки есть альфа и омега этого дела — разводил огонь в каменной печи, куда ставил медный котел с довольно большим количеством воды. Он бросал туда разрубленные на части растения, насаживал на патрубок двустенную крышку — «голову мавра» — и подключал два небольших шланга для вытекающей и втекающей воды. Затем он раздувал огонь. Содержимое куба постепенно закипало. И через некоторое время сперва колеблющимися каплями, потом нитеобразной струйкой дистиллят вытекал из третьей трубки «головой мавра» во флорентийский сосуд. Сначала он выглядел весьма невзрачно, как жидкий мутный суп. Но постепенно, особенно после того, как наполненная фляга заменялась на новую и спокойно отставлялась в сторону,



эта гуща разделялась на две различные жидкости: внизу оставалась цветочная, или травяная, вода, а сверху плавал толстый слой масла. Теперь оставалось только осторожно, через нижнее горлышко флорентийского сосуда, слить нежноблагоухающую цветочную воду и получить в остатке чистое масло, эссенцию, сильно пахнущую сущность растения». Сейчас перегонку с водой применяют только для розы, лепестки которой слипаются под действием пара.

Наиболее современный метод извлечения эфирного масла — прямая экстракция из сырья. Ее проводят легколетучими растворителями в аппаратах типа Сосклета или в колонных аппаратах противоточного типа. После отгонки растворителя обычно получают помаду, поскольку в раствор переходят и более тяжелые вещества — воски, смолы. В этом случае эфирное масло чаще всего очищают спиртом, а из отходов, состоящих из восков и жиров, готовят основу для мазей и кремов.

Летучие и нестойкие

Эфирные масла очень неустойчивы. При действии воздуха они осмоляются (окисляются), густеют, меняется их состав, теряется летучесть. На свету меняется окраска: альдегиды частично полимеризуются и масло темнеет. Помимо того что все эти изменения приводят к ухудшению качества масел, это затрудняет и установление их химического состава. А иногда обработка идет маслам на пользу. Некоторые вещества вообще не входят в состав природного масла, их можно получить только при перегонке. Целая группа азуленов, окрашивающих эфирное масло ромашки в синий цвет, содержится в растениях в виде сложных эфиров. При нагревании с водяным паром они разлагаются, образуя свободные азулены.

Некоторые вещества трудно идентифицировать, в строении многих из них удалось разобраться сравнительно недавно. Весьма вероятно, что мы

знаем еще не все вещества эфирных масел.

Потребителю следует иметь в виду, что эфирные масла иногда фальсифицируют, чаще всего разбавляя маслом. Для установления подлинности эфирного масла обычно определяют его физические свойства: удельный вес, вращение плоскости поляризации, коэффициент преломления, растворимость в спирте различной концентрации, температуру застывания, а также запах и вкус. Качество оценивают и с помощью химических методов: нейтрализацией определяют содержание свободных кислот, омылением — сложных эфиров. В растительном сырье обязательно проводят количественное определение содержания эфирного масла, для этого его перегоняют с водяным паром. Конечно, в крупных лабораториях состав эфирных масел определяют при помощи современных физико-химических методов: хроматографии, масс-спектрометрии.

В СССР вырабатывали до 40 разных эфирных масел, не считая скипидара. Сейчас их производят в Грузии, на Украине (в основном в Крыму), в России (в Воронежской, Курской, Белгородской областях, в Краснодарском крае), а применяют в парфюмерно-косметической, фармацевтической, пищевой, химической промышленности, а в последнее время — в медицине.

Физиологическое действие эфирных масел

Физиологическое действие эфирных масел зависит от химического строения их компонентов. Антимикробная активность терпеноидов возрастает в следующем порядке: углеводороды, окиси, фенолы, альдегиды, кетоны, спирты, сложные эфиры. Весьма бактерицидны фенольные соединения — тимол, карвакрол. Они расправляются с микроорганизмами в 19–20 раз быстрее обычного фенола. Метилированные производные фенолов менее действенны: эвгенол всего в 8–9 раз активнее фенола, анетол — только в



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

0,4 раза. Фенолпроизводные — далеко не самые активные из терпеноидов, но зато самые распространенные. Все соединения, содержащие кислород, всегда активнее углеводов.

Чем сложнее молекулы терпеноидов, тем уже спектр их физиологического действия и больше токсичность. Монотерпеноиды влияют на 21 функцию клеток и организма: на работу различных желез, сокращение сердца, изменение проницаемости клеточных мембран и т.д., а сесквитерпеноиды — на 17, причем не все виды воздействия совпадают. Точная зависимость действия масел от их химического состава пока не установлена, но, как и тысячелетия назад, это не мешает их использовать.

Ароматы в течение тысячелетий были популярны на Востоке, где искусство составления благовоний и их употребление стало составной частью приличного воспитания. В нашей стране интерес к действию запахов появился сравнительно недавно, а в последние несколько лет начала развиваться такая оригинальная отрасль медицины, как ароматерапия. Правильно подобранные запахи способны регулировать многие функции организма без всяких лекарств. Запахи розы, розмарина, лаванды, лимона усиливают внимание и повышают точность выполнения монотонной работы, причем достаточно сильно: лимон вдвое сокращает количество ошибок у машинисток. Розмарин вначале оказывает сильное успокаивающее действие, затем после отдыха вызывает прилив энергии.

Эфиромасличные растения широко применяют и в кулинарии. Такие пряности, как бадьян, мускатный орех, имбирь, кардамон, улучшают кровообращение в периферических сосудах, в том числе и мозга. Видимо, с этим связано долголетие и активность пожилых южан, которые сохраняют ясный ум до глубокой старости.

Установление полного химического состава эфирных масел и механизмов их действия — задача будущего.

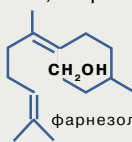
Шишковаягоды можжевельника используют в медицине как сильное дезинфицирующее и мочегонное средство при заболеваниях почек и мочевыводящих путей. Однако при острых воспалениях применять их надо с осторожностью — могут быть осложнения. В плодах можжевельника много сахара, так что из них можно делать сироп и алкогольные напитки. Знаменитый ирландский джин — это не что иное, как можжевеловый самогон. А на Руси из можжевельника варили пиво. Плоды его используют и как пряность, причем особенно часто он входит в рецепты приготовления дичи или любого мяса «под дичь». Трудно сказать, вызвана ли такая любовь охотников к можжевельнику тем, что он действительно вкусно пахнет, или же тем, что в лесу трудно найти другие пряности.

Эфирное масло получают либо из чистых ягод (оно более активно), либо из веток с ягодами. При вдыхании эфирного масла оно действует успокаивающе, особенно при усталости, вызванной нервным напряжением. Можжевельник хорошо отпугивает насекомых, в том числе блох и комаров.

Камфара — одно из самых известных лекарственных веществ, спасшее многие жизни. Подробно об этом древнем средстве первой помощи можно прочитать в «Химии и жизни» (1999 год, № 11–12).

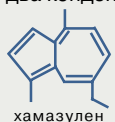
Сесквитерпены

Сесквитерпены называют также полутерпенами, ведь они содержат 15 атомов углерода — в полтора раза больше, чем просто терпены. Эти вещества содержатся, например, в липе. Тончайший запах ее цветков обусловлен алифатическим сесквитерпеновым спиртом фарнезолом. Липа — старое и эффективное потогонное средство, а ее цветки используют для ароматизации шампанского.



Растения, содержащие циклические сесквитерпены, обычно имеют очень сложный состав эфирного масла, в котором трудно выделить основное вещество. Обычно это смесь веществ самого разного строения, и охарактеризовать растение по главному веществу невозможно. Циклические сесквитерпены могут иметь от одного до трех колец. Наиболее часто встречаются моноциклические терпены типа бизаболена; терпены этого типа образованы замкнутым гидроароматическим кольцом с длинной алифатической цепью и двумя двойными связями, одной в кольце, другой — в цепи.

Бициклические сесквитерпены имеют два конденсированных неароматических кольца и две двойные связи. Самая интересная группа среди бициклических сесквитерпенов — азулены, которые содержатся в масле ромашки, тысячелистника, гваякового дерева. Это твердые или жидкие вещества с температурой плавления от 40 до 100°C и синей, зеленой или фиолетовой окраской. Азулены чрезвычайно не-



устойчивы к окислению. На свету и в присутствии кислорода они быстро становятся коричневыми и теряют активность. Азулены, как и другие циклические сесквитерпены, обладают сильным спазмолитическим действием, они хорошие антисептики и способствуют регенерации кожи. Благодаря их присутствию тысячелистник настолько эффективно заживляет раны, что получил название «солдатская трава».

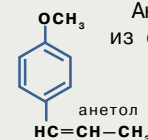
Подобным действием обладают и многие другие растения, содержащие циклические сесквитерпены, например аир болотный, корень девясила, березовые почки, цветки арники. Однако некоторые из циклических сесквитерпенов ядовиты. Девясил, аир, полыни используют в качестве глистогонных средств. Полыни токсичны и для насекомых, и поэтому их издавна применяют для борьбы с блохами. Это растение способно вызвать отравление и у человека. Этим вызван повсеместный запрет популярной еще в начале XX века полынной водки «Абсент», которая при длительном употреблении вызывала судороги. Сейчас ее выпуск возобновлен, вероятно, по новым рецептам, с уменьшенным содержанием ядовитых веществ или вообще без них. Токсичен и багульник болотный, его эфирное масло оказывает наркотическое действие: если долго пробыть в жаркую погоду на болоте, заросшем багульником, то возникают симптомы, напоминающие тяжелое похмелье, и сонливость, которая может закончиться смертью.

Трициклические сесквитерпены — большая редкость. Их обнаружили только в маслах некоторых эвкалиптов, некоторых сосен и санталовой древесине.

Ароматические соединения

Ароматические соединения в составе эфирных масел придают им особенно сильный и приятный запах. Ароматические углеводороды встречаются сравнительно редко, зато разнообразие их кислородных производных поражает. Большая часть растений, содержащих эти вещества, применяется не только в медицине, но и в кулинарии, как пряности. Ароматические сесквитерпены придают запах укропу, фенхелю, бадьяну, анису, пряной и обычной гвоздикам, ванили, чабрецу и тимьяну, душице.

Анетол, выделенный впервые из семян укропа, обладает чрезвычайно интересными свойствами. Помимо спазмолитического и ветрогонного действия, анетол оказывает помощь при кашле. Он выделяется из организма через легкие и даже через кожу, по дороге вызывая усиление отделения слизи и гибель бактерий. Выделяющийся при дыхании анетол, даже в том случае, когда его запах не ощущается окружающими, повышает вашу привлекательность в их глазах. Точно как в надоевшей рекламе: «Свежее дыхание облегчает понимание».



Наука об ископаемых растениях

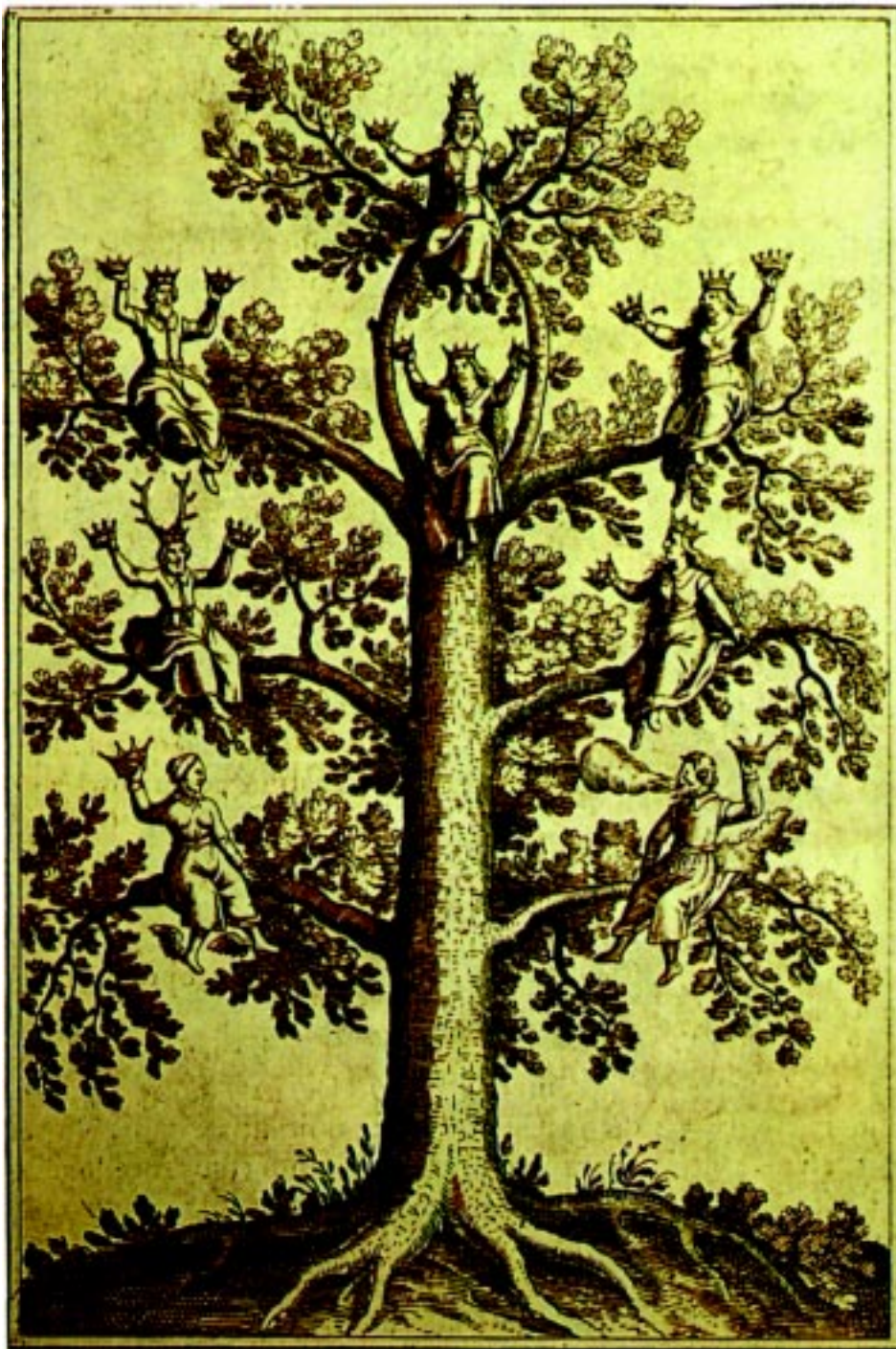
Палеонтология — наука об органическом мире далекого прошлого нашей планеты. Благодаря ее успехам мы узнали о существовании трилобитов и динозавров, чьи ископаемые останки сохранились в слоях осадочных пород. Но объектами этой науки могут быть не только кости вымерших животных, но и законсервированные в древних осадках фрагменты растений. Этим разделом палеонтологии занимается палеоботаника — наука о систематике, морфологии, анатомии, происхождении и среде обитания древних растений.

На протяжении почти двух сотен лет внимание ученых было направлено в основном на изучение внешних форм ископаемых видов. При этом размеры растительных останков, с которыми имели дело исследователи, варьировали от целых стволов в десятки метров длиной до микроскопических кусочков древесины, покровных тканей листьев, оболочек спор и пыльцы.

Наиболее информативным материалом оказались отпечатки листьев на поверхности глинистых пород, способных запечатлеть и сохранить изображение листа в тончайших деталях. Рисунок листьев типичен для каждого рода и вида, — значит, есть возможность определить по нему систематическую принадлежность растения. К тому же листьев много, а потому именно они чаще всего оказывались под слоем осадочных пород в неповрежденном виде и, как следствие, особенно часто попадали в руки исследователей. Можно лишь с небольшим преувеличением сказать, что современная палеоботаника построена на результатах исследований листовых отпечатков древней флоры.

Однако для изучения внутренних структур растений, то есть для палеоанатомических исследований, этот материал непригоден. Гораздо больше сведений могут дать минерализованные и углефицированные ископаемые останки, сохраняющие строение в объеме. Известны и описаны законсервированные подобным образом стволы, ткани, органы и фрагменты растений с тончайшими деталями анатомического строения. Их анализ позволил изучить клеточное строение исчезнувших видов, проанализировать черты сходства и различия с видами, возникшими позже и сохранившимися до наших дней.

Специалисты в области классической палеоботаники стремились реконструировать растительный мир глубокой древности и преуспели в этом. Полученные результаты имели большое значение для стратиграфии — благодаря им удалось надежно установить относительный геологический возраст пород, слагающих земную кору. Эволюция мира растений, наряду с дан-



Ископаемые растения: рассматриваем невидимое



ными об эволюции мира животных, легла в основу геохронологической периодизации истории Земли. Палеоботанические данные с большим успехом используются в палеогеографии. С их помощью удалось реконструировать важнейшие компоненты древних ландшафтов: получить представление о климате, рельефе и составе почв в далеком прошлом.

Молекулярная палеобиогеохимия — мостик между двумя науками

Успехи биологии последних десятилетий связаны с исследованиями на молекулярном уровне, и совершенно понятно, что ученые стремились перенести аналогичные принципы на ископаемое органическое вещество. Однако усилиями только биохимиков, палеонтологов или даже геохимиков-органиков здесь было, конечно, не обойтись. Потребовались совершенно новые, синтетические подходы, и в результате возникла особая область геохимии — молекулярная палеобиогеохимия. С 1923 года, когда отечественный ученый Я.В.Самойлов предложил выделить ее в самостоятельную дисциплину, эта наука исследует химически распознаваемые останки биологических соединений в составе ископаемого вещества, которые могли бы пролить свет на происхождение последнего. Называют их по-разному: молекулярные ископаемые, химические ископаемые, биологические маркеры. В отечественной литературе наиболее распространен термин «хемофоссилии» («фоссилии» — окаменелости).

Перечень хемофоссилий, обнаруженных к настоящему времени в древних осадочных породах, достаточно велик. Среди них попадают аминокислоты, углеводы, фенольные соединения, липиды, углеводороды, вполне идентичные современным. Однако чаще всего под воздействием геохимической среды осадка и породы, температур и давлений эти биохимические соединения меняют свой состав и

строение, приобретая структуру, способную долго существовать в соответствующих геологических условиях. Ученые имеют дело, как правило, с низкомолекулярными фрагментами исходных биосоединений и новообразованиями, возникающими в результате полимеризации и поликонденсации. Эти новообразования получили название геополимеров.

Но как они связаны со своими предшественниками — биохимическими соединениями живых организмов? Один из путей решения этой задачи — научиться идентифицировать хемофоссилии в морфологически и анатомически определенных ископаемых останках.

На что годится уголь

В большинстве случаев палеоботаника имеет дело с объектами, которые передают лишь форму своего прототипа. Но есть и исключение из правила — это углефицированные останки древних растений. В этом случае в руки исследователей попадает хотя и сильно измененное, но все же, безусловно, подлинное органическое вещество, слагавшее некогда живой организм.

Если при минерализации, то есть при замещении растительных тканей минеральными компонентами, органическое вещество растений утрачивается практически полностью и информация о прежнем биохимическом составе структур теряется, то из углефицированных останков ее можно попытаться извлечь.

Угли, основной и долгосрочный ресурс энергетики, залегают в геологических отложениях палеозойской, мезозойской и кайнозойской эпох начиная с девонского периода — ведь растения возникли в процессе эволюции гораздо раньше животных. Масса угля на планете невообразимо велика (триллионы тонн), а ежегодная добыча превышает 4 млрд. тонн.

С точки зрения исследователя, занимающегося проблемами древнего растительного царства, это не что иное, как скопление огромной массы

растительных фрагментов, где можно найти все ткани, слагающие растения, хотя и в сильно измененном виде. Среди углей выделяют бурые, каменные и антрациты. Такая классификация отражает степень изменения исходного растительного материала под влиянием температур и давлений в глубинах земной коры. Конечной стадией этих преобразований может оказаться графит.

Однако не только графит, но и большая часть углей уже успела утратить видимое под микроскопом анатомическое строение. Находки образцов, где его все-таки можно разглядеть, спорадичны и случайны, и лишь в редких случаях подобные образцы слагают угольные пласты почти целиком. Залежи такого рода называют лигнитами. Чаще всего они относятся к наиболее молодым бурым углям палеогенового возраста кайнозойской эпохи. А вот в сильно измененных под влиянием геологических процессов (геологи говорят — метаморфизованных) каменных углей и антрацитах растительные останки с хорошо различимым строением наблюдаются редко. Это, конечно, не означает, что их там нет, просто структуру наиболее древних пород очень трудно разглядеть — ведь чем дольше подвергается органическое вещество воздействию высоких температур и давлений, тем сильнее нивелируются оптические свойства элементов растительных тканей.

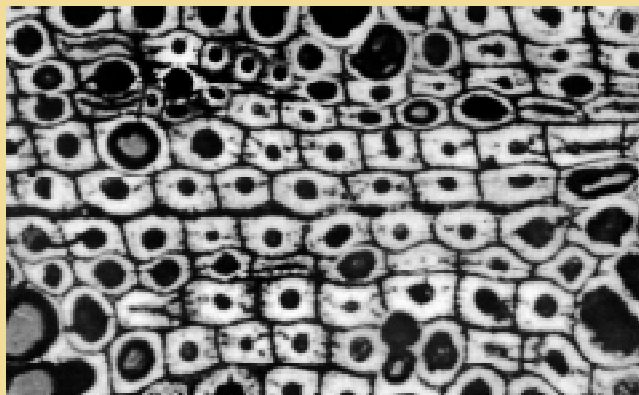
Различные ухищрения с целью усилить минимальные различия между структурами приводили обычно к весьма скромным результатам. Но мы надеемся, что новый метод, предложенный нами с физиком А.Л.Шпицглюзом, откроет перед наукой о древних растениях совершенно новые возможности. Этот метод был назван методом ионного травления.

Как разглядеть невидимое

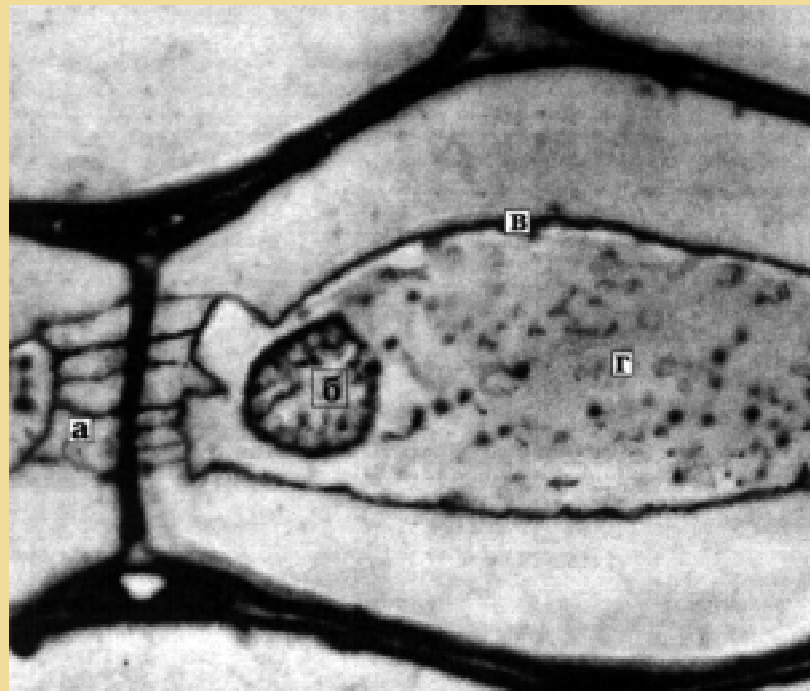
Ионное травление (или катодное распыление) — это физический эффект, возникающий при бомбардировке в



1
Древесина
из антрацитовых
углей Донбасса.
Продольный срез.
1:530



2
Клетки ископаемой
коры растения,
местами
заполненные
минеральным
веществом. **1:660**



3
Углефицированная
клетка под
микроскопом.
Хорошо видны
клеточная
оболочка,
мембрана,
ограничивающая
протоплазму,
тонкие
каналы,
соединяющие
соседние
клетки,
шарообразное
ядро и
разнообразные
включения
в
протопласте. **1:1800**

вакууме поверхности материала ионизированным газом. В установке, сконструированной нами, поверхность угля (предварительно выровненную и отполированную) обрабатывают аргоновой или высокочастотной кислородной плазмой. Взаимодействуя с веществом угля, ионы как бы проявляют тончайшие химические и физические различия между анатомическими структурами. После этой операции они становились видимыми в обычный световой микроскоп.

Таким образом, ионное травление происходит избирательно, что объясняется, по всей видимости, различиями в атомной и молекулярной структурах различных частей углефицированных растительных останков. Теоретически это понятно: ведь ни о какой однородности в исходных растениях говорить не приходится — они были сложены различными тканями, клетками и внутриклеточными элементами, состоящими из непохожих друг на друга химических соединений. Однако наши опыты важны именно тем, что они убедительно доказали: ископаемый растительный материал сохраняет геохимическую индивидуальность анатомических структур, характерную для растений-предшественников.

Индивидуальность этих структур определяется, в свою очередь, кри-

сталлохимической индивидуальностью геополимеров, образовавшихся при трансформации биохимических соединений. Каковы именно были эти изменения, сказать пока невозможно, да это на данном этапе и не важно. Главное, они не смогли стереть начальные различия между биохимическими предшественниками.

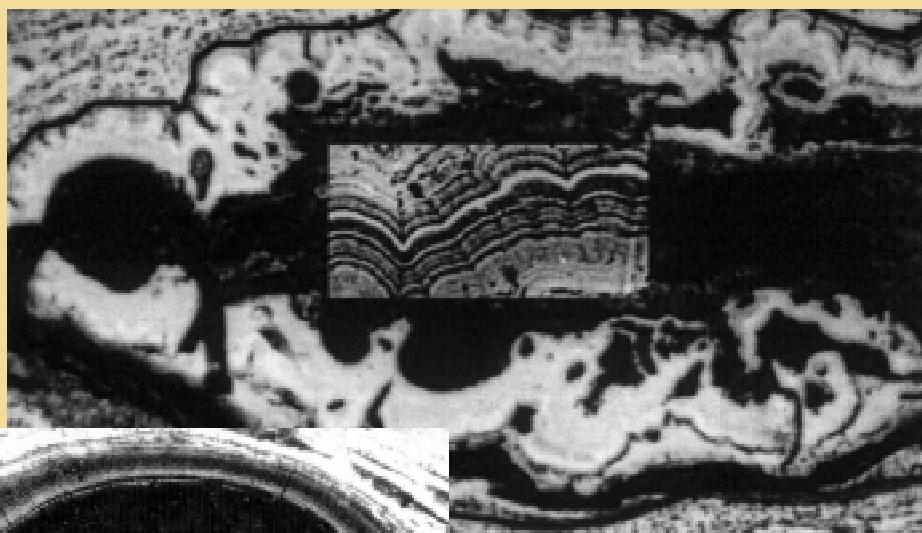
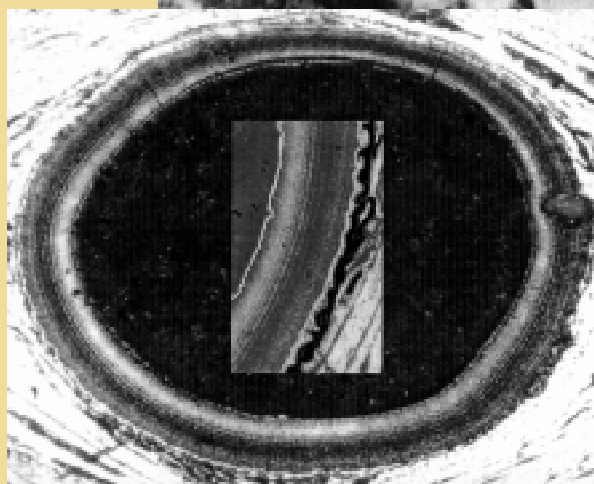
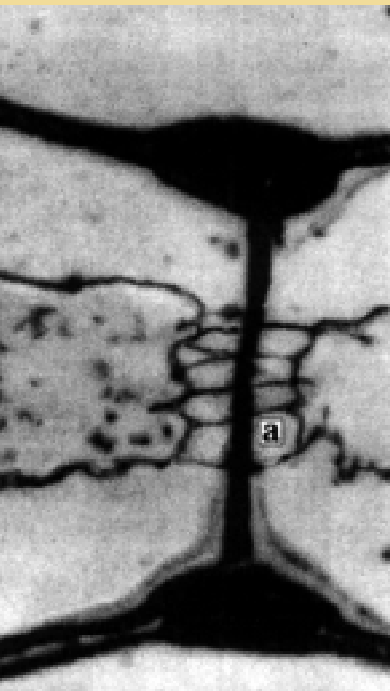
Древние растения под микроскопом

В своей лаборатории мы изучили сотни образцов угля разных месторождений и разного геологического возраста. На фотографиях представлены микроструктуры тканей растений, образовавших угольные пласты Донбасса около 350 млн. лет назад. Разрешающая способность метода ионного травления так велика, что после его применения оказывается возможным разглядеть не только сами клетки, образовавшие ископаемую ткань (рис. 1 и 2), но даже слоистую структуру оболочек отдельных клеток (рис. 3). К очень тонким структурам, которые удается проявить нашим методом, относятся и поровые каналы диаметром в доли микрона, по ним в живых тканях сообщаются соседние клетки (рис. 3а).

Однако разглядеть внутреннее строение ископаемой клетки мы уж никак не ожидали — это была настоящая сенсация! В одном из образцов углефицированной ткани (предположительно — коровой) сохранились клетки, содержащие внутри что-то вроде ископаемой протоплазмы. В ней хорошо просматривалось шарообразное тело, похожее на клеточное ядро (рис. 3б). Более того, это «ядро» имело неоднородную зернистую структуру, но, к сожалению, разглядеть ее элементы в световом микроскопе оказалось невозможно.

Кроме «ядра» в «протоплазме» были видны многочисленные включения разнообразной формы, которые можно сопоставить с органеллами растительной клетки (рис. 3г). Протопласт, как ему и положено, оказался отделенным от клеточной оболочки мембраной, толщина которой составляла доли микрона (рис. 3в), причем протопласты смежных клеток связывали тонкие тяжи — плазмодесмы, проходящие через поры оболочек. Сохранность ультратонких структур поражает, поскольку эти элементы клетки живых растений состоят из белков, нуклеиновых кислот и углеводов. Эти вещества в первую очередь утилизируются бактериями, которых в те далекие времена было, надо думать, так же много, как и сегодня.

4
Поперечный срез
древесного стебля. 1:280
 На врезке в центре хорошо видна
 многослойная структура
 покровной ткани.
1:960



5
Спора гриба. 1:500
 На врезке — строение
 ее многослойной оболочки.
1:750



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Геополимеры и структурные элементы растительных тканей

В образцах, полученных ионным травлением угольных пластинок, никогда не находили структур, которые не соответствовали бы известным анатомическим элементам современных растений. Это означает, что наблюдаемая в них дифференцированность отражает первоначальную локализацию биохимически различных компонентов растительной ткани.

Вещества, слагающие различные ткани растений, хорошо известны. В основном это углеводы, хиноны, липиды, белки и нуклеиновые кислоты. Биохимические и кристаллохимические особенности этих соединений позволяют вполне правдоподобно объяснить наблюдавшиеся нами картины.

Так, оболочка растительной клетки состоит из целлюлозы в сочетании с гемицеллюлозой, пектиновыми веществами, лигнином, а в покровных тканях еще и с кутином, суберином, восками и другими веществами липидной природы. Целлюлоза имеет кристаллическое строение. Промежутки между кристаллами целлюлозы и их пучками-фибриллами заполнены водой и аморфными нецеллюлозными компонентами, то есть система цел-

люлозных фибрилл оказывается погруженной в непрерывный аморфный матрикс.

В процессе развития клетки вещество матрикса замещается лигнином, происходит так называемое одревеснение. Одревесневшие клеточные оболочки обладают ультраструктурой, которую можно сравнить со структурой железобетона: макрофибриллы целлюлозы образуют своеобразную арматуру, а лигнин соответствует цементу.

Устойчивость целлюлозы невысока: при доступе воздуха бактерии с легкостью разрушают этот полимер. Но если отмершее растение почти сразу окажется под слоем других растительных остатков или минерального материала, доступ кислорода к нему прекратится, а значит, снизится и активность целлюлозоразрушающих бактерий. Кроме того, разложению целлюлозы препятствуют природные антисептики и антиокислители, например фенолы, входящие в состав матрикса.

Поскольку целлюлоза не была обнаружена в каменных углях, естественно предположить, что она переходит в состояние геополимера, который, возможно, наследует некоторые особенности исходной молекулы, но биохимическим соединением уже

не является. Материал матрикса тоже, по-видимому, преобразуется в геополимер, но уже другой.

Стенки клеток растений состоят из двух слоев — первичной внешней оболочки и вторичной внутренней, причем содержание целлюлозы в них различается: в первичной целлюлозы мало, но зато много лигнина, а во вторичной наоборот. При ионном травлении образцов первичная оболочка ископаемых клеток расплывается сильнее, и отсюда следует, что геополимер, происходящий из лигнина, менее устойчив против распыления (травления), чем тот, что происходит из целлюлозы.

Довольно хорошо просматривается слоистая структура клеточных оболочек и в случае ископаемых спор грибов (рис. 5). Вещество, образующее их внешние покровы — хитин, — близко по строению к целлюлозе. Два полимера различаются лишь тем, что в молекуле хитина одна из гидроксильных групп β-глюкозы замещена ацетилированной аминогруппой. Рентгеновские исследования свидетельствуют, что хитину свойственна высокоупорядоченная кристаллическая структура, во многом аналогичная кристаллической структуре целлюлозы. Хитин сходен с целлюлозой как по физико-химическим свойствам, так и по био-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

логической роли. Неудивительно поэтому, что «клеточные структуры», образованные полимерами, после ионного травления оказались очень похожими внешне, несмотря на то что оба вещества претерпели значительные изменения.

А вот липидные соединения по своему строению и биохимическим свойствам резко отличаются от углеводов, лигнина и белков. Эти аморфные вещества обладают большой кристаллохимической устойчивостью даже в агрессивных геохимических средах. При анализе образцов, полученных ионным травлением, эта особенность липидов проявляется весьма ярко — на ископаемые липидные компоненты поток частиц почти не действует.

Особое место среди липидных соединений занимает спорополленин. Это высокомолекулярное вещество, состоящее из продуктов окислительной полимеризации каротиноидов и каротиниоидных эфиров. Наружная и внутренняя оболочки спор и пыльцы растений резко отличаются по своему биохимическому составу: первая состоит из спорополленина, а вторая — из целлюлозной основы, пропитанной пектиновыми веществами. Наружная оболочка, в свою очередь, тоже может состоять из двух слоев, промежуток между которыми заполнен фибриллярной целлюлозой. Все эти особенности строения оболочек спор хорошо прослеживаются в ископаемых образцах, подвергшихся ионному травлению.

Еще одна группа высокомолекулярных липидных соединений — кутины, продукты полимеризации оксикарбоновых кислот. Кутин образует на поверхности клеток абсолютно неразрывную в воде высокополимерную пленку — кутикулу. Ионное травление этой оболочки листьев также обнаруживает ее слоистость: ведь под воздействием бомбардирующих ионов прослойки целлюлозного геополимера между слоями ископаемого кутина распыляются, а на сам кутин поток частиц заметного влияния не оказывает (рис. 4).

Такое разнообразие свойств геополимеров, их неодинаковая устойчивость к ионному травлению как раз и позволяют нам получать уникальные изображения клеток растений, исчезнувших с лица планеты несколько сотен миллионов лет назад. И все потому, что ультраструктуры живых клеток были построены из непохожих веществ, причем даже длительное воздействие высоких температур и давлений не смогло полностью сгладить различия в их составе, хотя кусок угля и выглядит порой совершенно однородным.

Ионное травление и новые перспективы наук о далеком прошлом Земли

На каких же физических свойствах геополимеров основан механизм ионного травления? Здесь можно сделать два предположения. Первое заключается в том, что под воздействием потока ионов распыляются преимущественно более легкие атомы.

Основные химические элементы, слагающие ископаемое органическое вещество, — это углерод и кислород. Атомная масса углерода меньше, и потому его потери при ионном распылении более значительны. Если это действительно так, то становится понятно, почему геополимер, происходящий из лигнина, распыляется сильнее, чем ископаемая целлюлоза. Ведь в исходном лигнине углерода в полтора раза больше, чем в целлюлозе (60 и 40% соответственно), и относительная разница в содержании этого химического элемента сохраняется, скорее всего, и у соответствующих геополимеров. Что же касается липидов, то по содержанию углерода и кислорода они отличаются от лигнина еще больше, чем целлюлоза.

Однако нельзя исключить, что различная устойчивость геополимеров к ионному травлению обусловлена в основном не соотношением легких и тяжелых атомов в их составе, а особенностями кристаллической структуры, унаследованными от исходных веществ. Ведь в то время как целлюлоза имеет хорошо организованную кристаллическую структуру, все компоненты матрикса (гемицеллюлоза, лигнин, пектиновые вещества), а также липиды — аморфны.

Но каковы бы ни были истинные причины, вызывающие описанный эффект, кардинальная перестройка органического вещества в геологических процессах не приводит к пре-

вращению исходных биохимических соединений в некое однородное вещество. Напротив, превращаясь в молекулярные ископаемые, исходные биополимеры сохраняют структурную индивидуальность, которая не утрачивается даже на высоких стадиях метаморфических преобразований в геологических процессах.

Этот вывод имеет принципиальное значение для молекулярной палеобиогеохимии. Хотя из-за микроскопических размеров объектов расшифровать кристаллохимические структуры конкретных ископаемых веществ технически трудно, все-таки вполне возможно, что с помощью рентгеновского микроанализа, ЯМР-спектроскопии и других современных подходов удастся получить информацию о химических связях атомов и об особенностях их расположения в кристаллической решетке геополимеров. Кроме того, подобные физические методы иногда позволяют получить данные по распределению некоторых специфических химических элементов, например металлов, в живых клетках. Значит, принципиально возможно провести подобные исследования для клеток ископаемых и тем самым «пометить» геополимеры, установить, каким биологически активным веществам живой клетки они соответствуют.

Ну, а если удастся найти способ надежно диагностировать геополимеры, образовавшиеся из известных биохимических соединений, у исследователей появится возможность изучать происхождение не только угольных залежей, но и других видов ископаемого органического вещества земной коры. В частности, это позволило бы пролить свет на происхождение горючих полезных ископаемых (например, нефти), полностью утративших начальное анатомическое строение и потерявших всякую связь с организмами-прародителями.

В общем, метод ионного травления дает в руки исследователей уникальный инструмент. Уже сейчас он позволяет увидеть ультраструктуры в составе фоссилизованных растительных клеток, а в перспективе сулит еще больше. Учитывая успехи молекулярной биологии, можно пометать даже о том, что когда-нибудь мы научимся извлекать из фоссилизованных клеток вещество, содержащее наследственную информацию, реконструировать его строение и воссоздавать древние фитоценозы Земли.





Магнитные бури еще и трясут

Российские ученые из Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН исследовали связь между магнитными бурями и землетрясениями в сейсмоактивном регионе Казахстана и Киргизии. Статистика показывает, что магнитные бури могут выступать в роли спускового крючка для мощных колебаний земной коры. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и ИНТАС.

Ученых давно интересует, как различные геофизические поля влияют на землетрясения. Считают, что поля, вызванные солнечной активностью, колебаниями земных приливов, скоростью вращения нашей планеты и даже запуском МГД (магнито-гидродинамических) генераторов, изменяют напряженное состояние земной коры и накачивают в нее дополнительную энергию. Обычно спровоцированное землетрясение регистрируют через несколько дней после ключевого события.

Специалисты Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН предположили, что магнитные бури также обладают достаточной силой, чтобы встряхнуть земную кору. Чтобы проверить гипотезу, они сопоставили более 14 000 колебаний земной коры ощутимой силы, которые были зарегистрированы с 1975 года в Казахстане и Киргизии, и примерно 350 внезапных магнитных бурь, отмеченных за тот же срок мировой сетью геомагнитных наблюдений.

Геомагнитные бури обычно возникают из-за потоков высокоскоростной плазмы, которая выбрасывается во время вспышек на Солнце. Связанная с ними ударная волна бьет по магнитосфере Земли, вызывая колебания. Начало бури, длящееся от нескольких часов до нескольких дней, чувствуют на всей планете почти одновременно. Затем наступает более продолжительная стадия восстановления, когда магнитное поле Земли приходит в себя. В это время его характеристики на разных широтах земного шара заметно различаются.

Расчеты показали, что наибольшее число землетрясений в Казахстане и Киргизии происходило спустя несколько суток после начала магнитной бури. Как правило, число землетрясений после магнитных бурь заметно возрастало. Но были и районы, где наблюдалась противоположная закономерность. Чтобы учесть влияние и других, возможно, не менее весомых факторов, ученые также проанализировали, есть ли связь между этими же землетрясениями и колебаниями земных приливов. Но, согласно статистическому анализу, земные приливы, в отличие от геомагнитных бурь, здесь ни при чем.

Ученые также попытались оценить, достаточно ли энергии магнитной бури для того, чтобы вызвать землетрясение. В принципе, при сейсмической активности высвобождается количество энергии, близкое к тому, которое несет в себе магнитная буря. Но следует учесть, что в подземный толчок выливается лишь сотая часть упругой энергии, которая приводит в движение процесс. К тому же электромагнитная энергия бури передается в механическую через сложные эффекты в горных породах, например, пьезоэлектрического. КПД этой передачи исчисляется в лучшем случае в сотых долях процента. Поэтому ученые склоняются к мнению, что магнитная буря выполняет для землетрясения роль спускового крючка, или триггера. В будущих полевых и лабораторных работах геофизики надеются прояснить физическую природу этого эффекта.

О пользе белых грибов

Тот, кто балует себя зимой и весной супом из белых грибов, поступает очень правильно, поскольку белые грибы — природный источник селена, жизненно важного микроэлемента. К таким выводам пришли российские ученые из Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, исследовавшие круговорот селена в природе.

О грибах идет дурная слава — их обвиняют в накоплении вредных веществ. Это действительно происходит, если они растут в загрязненном месте. Причем грибы ведут себя по-разному: одни аккумулируют цинк, другие — кадмий, третьи — ртуть, мышьяк или радионуклиды. Но точно так же грибы, растущие в экологически благополучном районе, накапливают много полезных для человека и животных микроэлементов. К их числу относится селен. Изучением его кругооборота в природе занимались ученые из московского Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН.

Научная экспедиция работала в Восточной Мещере (эти дивные места, романтизированные Константином Паустовским, расположены на стыке Московской, Рязанской и Владимирской областей). Исследователи нашли селен в самых разных природных объектах: в почве, в траве, в листьях, в экскрементах лося, в личинках комаров и в тканях травяной лягушки. Но в грибах его содержание оказалось на порядок выше: оно измерялось не микрограммами, а миллиграммами на килограмм массы.

Больше всего селена было в трубчатых грибах, причем рекордсменами стали всеми любимые белые грибы. Богаты селеном также дождевики, лисички, а из пластинчатых грибов — шампиньоны, зонтики, волнушки и мухоморы. При высушивании грибов часть селена улетучивалась, и его содержание заметно снижалось. Ученые объясняют это тем, что селен в грибах находится в очень подвижной форме. Но эта же подвижность способствует тому, что селен из грибов легко экстрагируется растворами кислот, щелочей, а также водой. Так что при варке супа практически весь селен переходит в бульон.

Чтобы проверить, как усваивает организм человека грибной селен и насколько он полезен, ученые поставили эксперимент. Добровольцы выпивали пол-литра бульона из белых грибов, а затем в течение недели ежедневно сдавали на анализ кровь и мочу. Уже через несколько часов содержание селена в крови испытуемых увеличивалось, а в моче оставалось прежним несколько дней подряд. Это доказывает, что селен, который поступает в организм из грибов, не выводится, а усваивается. Кроме того, в их крови повышалось содержание гемоглобина и усиливалась активность фермента глутатионпероксидазы. Все это свидетельствует об интенсивности обмена веществ.

Так все-таки зачем нужен организму этот микроэлемент с лунным названием? Оказывается, он входит в состав многих ферментов, большинство из которых служит антиоксидантами. Так, упомянутая здесь глутатионпероксидаза содержится в эритроцитах и обеспечивает восстановление перекиси водорода до воды. Селенсодержащие ферменты есть в различных тканях, они также регулируют работу щитовидной железы. Без него не обходятся и некоторые другие жизненно важные белки, например селенофлагелин, образующий хвост сперматозоидов. Показано, что в белках селен содержится в форме селеноцистеина, то есть включен в аминокислоту. Его недостаток может привести к серьезным заболеваниям: это беломышечная болезнь скота, при которой перерождается мышечная ткань, болезнь Кешана (то же, но у человека), сердечно-сосудистые нарушения, болезнь почек, наконец, рак, поскольку недостаток селена повышает частоту мутаций.

Риск этих болезней увеличивается в тех областях, где селена мало в природной среде и продуктах питания. В этом случае нужно принимать его дополнительно. Для этой цели медики создали некоторые лекарственные препараты, а, например, в Югославии на почве со специальными добавками выращивают обогащенную селеном пшеницу. Но наши ученые считают, что вкусные белые грибы — отличный природный источник селена.





Фото В. Артамоновой

Деревья и птицы об изменениях климата

Доктор
биологических
наук

А.А. Минин,
Институт
глобального климата
и экологии
Росгидромета и РАН



Меняется ли климат?

Об изменении или, вернее, вариациях климата XX столетия слышал каждый. Чаще всего ученые говорят о потеплении, которое наиболее ярко заметно в высоких и умеренных широтах северного полушария. Причины явления до конца не ясны даже специалистам: одни связывают его с возрастанием доли парниковых газов в атмосфере под влиянием антропогенных факторов (см. «Химию и жизнь» 2001, № 7), другие полагают, что люди тут ни при чем и мы просто вступаем вместе с нашей планетой в другую фазу состояния атмосферы. При этом предполагается, что само это состояние меняется циклически.

Но среднегодовая температура растет сейчас все-таки слишком уж быстро — не только по геологическим, но даже и по историческим меркам, поэтому полностью снять ответственность с человека трудно. Недаром собираются ученые и политики на крупные международные форумы, недаром разрабатывают меры противодействия глобальному потеплению.

Да что ученые! Перемены в природе стали заметны и обычным людям. От стариков мы нередко слышим: зимы, мол, уже не те — ни морозов, ни сугробов, то ли дело раньше! Молодой горожанин может, конечно, усмехнуться на это: «Во времена вашей молодости и вода мокрее была, знаем!» А между тем старожилы правы. Если за прошедшее столетие среднегодовая температура на европейской территории России (да и в северном полушарии вообще) повысилась на 0,6°C, то произошло это в основном за счет потепления холодной половины года, тогда как летом во многих местах стало даже немного прохладнее.

Человеку привычнее оценивать происходящие перемены со своей, человеческой, точки зрения — вредны или полезны они для людей? Но на самом деле мы как теплокровные биологические существа зависим от причуд погоды сравнительно слабо. А вот всей остальной живой природе — от отдельных растений и животных до целых сообществ и биоты планеты в целом — такие быстрые изменения кли-

мата как раз небезразличны. Успевают ли она перестраиваться, приспосабливаться к ним?

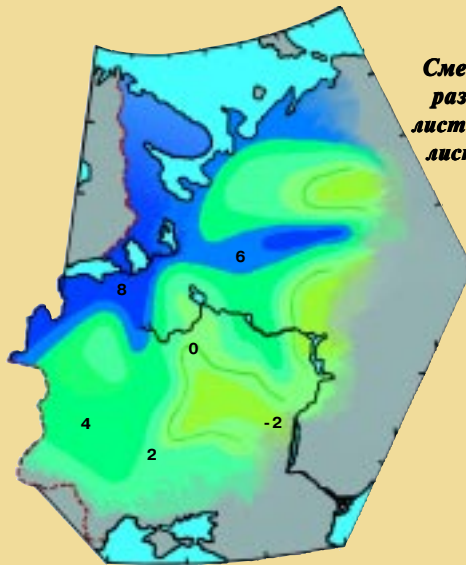
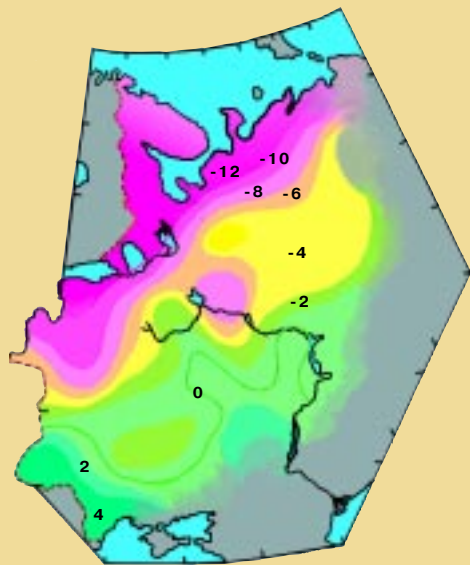
Единственный способ выяснить это — понаблюдать за самой природой, за сезонными изменениями в экосистемах. В наших умеренных широтах внутригодовая ритмика выражена особенно четко, лето с осенью не перепутаешь, и все-таки подобные наблюдения — это целая наука. Характером прохождения сезонных фаз у растений и животных занимается фенология. Она же изучает причины наступления различных явлений и связи между ними.

Инструмент фенологии — многолетние наблюдения: за сроками пролета птиц, началом цветения черемухи и липы, за окончанием листопада у березы и еще многими сезонными событиями в жизни природы. Первые проталины и первый иней на траве, устойчивый переход среднесуточной температуры через определенную отметку — все это дает фенологу пищу для сравнений и размышлений.

Иерархия стабильности

Да, конечно, зима может быть холодной или теплой, весна дружной или затяжной, а осень сухой или дождливой. Однако данные, скажем, за десятилетие уже дают нам представление о средних значениях и размахе колебаний тех или иных параметров. Потому-то и можно говорить о среднегодовом количестве осадков и числе солнечных дней, о нормальных сроках ледохода и появления первых листочков на деревьях.

Но это-то как раз понятно. Дело обстоит сложнее с амплитудами отклонений от среднего. Если речь идет о явлениях чисто метеорологических,



Смещение (в днях) дат разворачивания первых листьев (а) и окончания листопада (б) у березы бородавчатой за период с 1966 по 2000 г.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

диапазон колебаний огромен: например, первый снег в Подмоскowie может выпасть и в сентябре, и в ноябре, а первые проталины на полях появляются то в феврале, то в марте. Некоторые живые существа зависят от метеоусловий напрямую. Так, бабочка-крапивница вылетает почти сразу, как только пригреют ее первые жаркие лучи весеннего солнца, хотя она, конечно, может погибнуть, если за краткой оттепелью последуют заморозки. А вот птицы «знают», что погода капризна, и руководствуются больше астрономическими факторами, в частности продолжительностью светового дня. Да и деревья, как правило, не спешат — дожидаются, пока солнышко начнет не только ствол припекать, но и почву для корней прогреет.

Если понаблюдать несколько лет за сроками наступления различных сезонных событий, за тем, как сменяют друг друга характерные фазы в жизни тех или иных растений и животных, то объекты фенологических наблюдений можно будет рассортировать по величине амплитуды характерных для них отклонений от среднего. И тогда окажется, что все эти объекты выстраиваются в своеобразную пирамиду: в ее основании окажутся метеорологические параметры с их огромными межгодовыми отклонениями от среднего, выше расположатся травы, насекомые и все те, кто способен отреагировать на перемену погоды в первую очередь. Увенчают пирамиду деревья и птицы. Именно они лучше всего подходят для исследований, связанных с глобальными изменениями климата: сроки прилета и отлета пернатых, как и сроки вегетации многолетних растений — одни из наиболее стабильных явлений, и если уж внешнее воздействие повлияло на их средние значения, стало быть, климат и вправду меняется.

Эффект «сужающегося русла»

Однако иерархия сезонных событий по средним значениям межгодовых амплитуд — это еще не все. На протяжении года множество явлений в природе умеренных широт закономерно сменяют друг друга вслед за изменениями температуры воздуха, причем последовательность смены фаз (например, появление листьев, цветение, созревание плодов и т.д.) заложена на генетическом уровне и никогда не нарушается.

Но мы уже знаем, что температура — параметр нестабильный и ее переход через определенную отметку может происходить в разные годы с отклонением от среднего в несколько недель. Как же удастся растениям, чувствительным к температуре воздуха, все успеть и нигде не сбиться с ритма?

Изобразим весеннее повышение температуры в виде реки, ширину которой определяет межгодовой размах отклонений от той даты, когда должен происходить переход через соответствующую температурную точку. Мы увидим, что «русло реки» сжато сильнее всего в районе перехода температуры через $+5^{\circ}\text{C}$; его ширина на этом участке составляет примерно 31 день, в то время как в областях 0° и $+15^{\circ}\text{C}$ наша «река» расширяется уже до 37 дней и более.

И явления в живой природе, происходящие на температурный отрезок $+5^{\circ}$ — $+10^{\circ}\text{C}$, происходят тоже в максимально сжатые сроки (см. рис. на стр. 42)! Например, сокодвижение у березы начинается при температуре около $+3^{\circ}$ — $+4^{\circ}\text{C}$, а первые листочки разворачиваются на дереве при $+8^{\circ}\text{C}$, но амплитуда отклонений от средней даты у этих близких событий отличается уже заметно. В первом случае



Фото В. Артамоновой



размах межгодовых колебаний составляет 28 дней, а во втором — только 26.

Обнаружить эффект «сужающегося русла» нам удалось после того, как мы изучили несколько тысяч многолетних рядов с датами наступления фенологических событий. Получилось, что именно сужающееся русло «температурной реки» заставляет «плывущие» по ней события наступать более организованно и четко. Бурно и стремительно развиваются они весной, особенно когда температура повышается до указанных значений.

Описанный феномен универсален: даже в череде событий, наступающих у какого-либо вида птиц или растений последовательно, наибольшую межгодовую стабильность демонст-

рируют именно те, которые приходятся на период повышения температуры воздуха до $+5^\circ$ и $+10^\circ\text{C}$.

Ежегодная волна стабильности

Впрочем, приходится учитывать и еще один фактор, связанный уже не со временем и не с объектом, а с местом наблюдений.

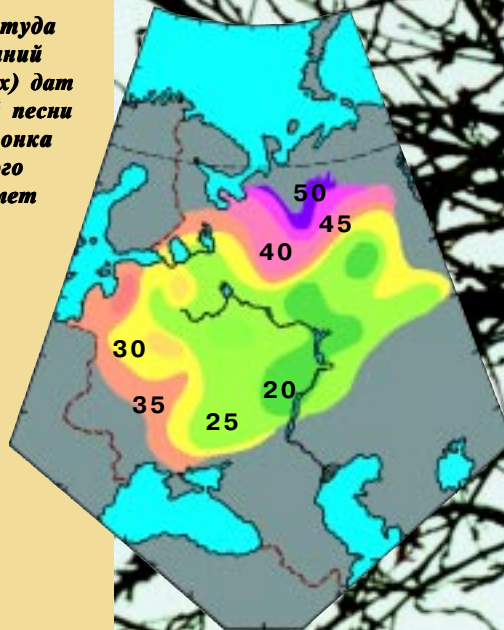
В том, что жаворонки или кукушки прилетают на север позже, чем в центральные районы, ничего удивительного, конечно, нет. Удивительно другое. Если, например, жители Подмосковья слышат первую весеннюю песню жаворонка каждый год примерно в одно и то же время (плюс-минус полторы недели), то для северян это событие в разные годы может наступить с разницей в полтора месяца! У каждого сезонного события, как выяснилось, есть свои «центры стабильности», и расположены они не как попало.

Все, что касается ранней весны (переходы температуры через -5° и 0°C и близкие к ним по срокам события в живой природе), наступает в наиболее узком диапазоне дат на юго-востоке Русской равнины; затем, при повышении температуры до $+5^\circ$ – $+10^\circ\text{C}$, центры стабильности перемещаются в центральные области и далее на запад. А переход через $+15^\circ\text{C}$ вновь более стабилен на юго-востоке. Происходит как бы петлеобразное перемещение центров стабильного наступления сезонных событий по региону, причем ведущим фактором выступают здесь температурные переходы.

Это явление мы назвали принципом феноклиматической сопряженности и объяснили так. Весной наше светило начинает посылать на Землю все больше тепла, и в первую очередь это ощущается во внутриконтинентальных областях — температура воздуха реагирует здесь на усилившийся поток солнечной радиации непосредственно, суша прогревается быстро. Там же, где климат океанический, влажный, погода весной очень переменчива — ведь чтобы растопить снег и лед, прогреть воду, тепла нужно значительно больше.

Снег, однако, постепенно сходит, температура суши и моря выравнивается, весна «набирает обороты», и центры стабильности постепенно перемещаются на северо-запад, к морю. Так происходит до тех пор, пока дело не доходит до температур, предельных для высоких широт. Переход среднесуточной температуры через отметку $+15^\circ$ становится про-

Амплитуда колебаний (в днях) дат первой песни жаворонка полевого за 20 лет



блематичным для многих регионов, а значит, нестабильно проходят и сезонные явления. Межгодовая изменчивость в сроках их наступления здесь резко возрастает. На юго-востоке Русской равнины такой проблемы нет, температуре в этой зоне еще подниматься и подниматься, а потому центр стабильности возвращается сюда.

Можно предположить, что подобная волна стабильности проходит весной и в других регионах мира от внутриконтинентальных областей к побережьям морей, но такими исследованиями пока никто не занимался. А между тем детальная картина сезонных перемещений центров могла бы оказаться полезной при разработке региональной сельскохозяйственной политики.

Фенологические тенденции у растений

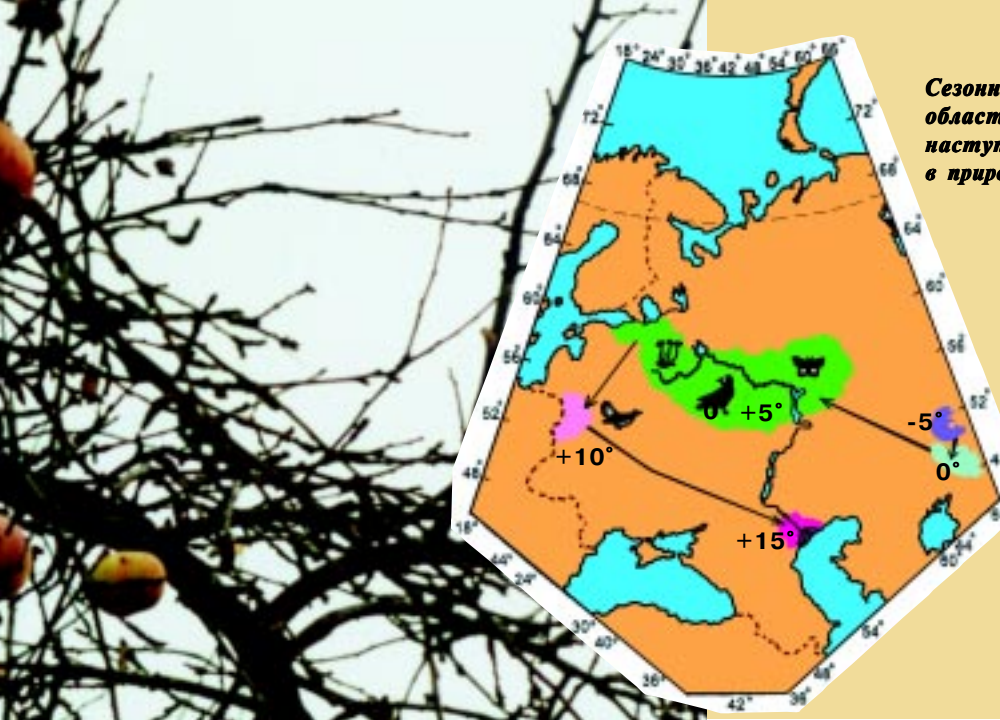
Надеемся, читателю стало понятнее, что разглядеть смещение средних сроков наступления сезонных событий — задача отнюдь не из легких. Ведь важно и оценить стабильность самого объекта наблюдений, и учесть разброс сроков наступления события за много лет, и к местности правильную привязку сделать. Очевидно ведь, что если за последние 30 лет средние сроки перехода суточной температуры через 0° сместились на три-четыре дня, то это может ни о чем и не говорить, но если на три-четыре дня раньше стали просыпаться мухи или прилетать жаворонки — это уже серьезно. Ведь если, к примеру, вредители леса получают одну-единственную лишнюю теплую неделю для сво-

его активного развития, это может привести к драматичным последствиям для наших лесов.

Так вот: наши расчеты показывают, что с 1966-го по 2000 год в природе Русской равнины и в самом деле произошли вполне определенные, направленные изменения. Особое внимание стоит обратить на время появления первых листочков и окончание листопада у березы бородавчатой — дерева, вполне обычного и для севера, и для юга Русской равнины. Дело в том, что промежуток между этими двумя событиями с определенной оговоркой можно рассматривать как вегетационный не только для березы, но и для многих других видов растений умеренных широт, и если он меняется, значит, аналогичные изменения происходят во всех экосистемах.

Оказалось, что чем дальше к северу, тем раньше стали появляться листья на березе. В крайних северных точках наших наблюдений она распускается теперь с опережением прежнего графика дней на восемь-десять, в центре средние даты практически не изменились, а вот на юго-западе это событие стало даже запаздывать на два-четыре дня. Сходным образом сместились и сроки зацветания черемухи. Между этими двумя явлениями проходит обычно всего лишь около десяти дней, а значит, и на то, и на другое повлиял какой-то общий фактор.

Долго искать его не пришлось — это, скорее всего, более раннее потепление воздуха в весенние месяцы: ведь точка перехода среднесуточной температуры через отметку $+10^\circ\text{C}$ сместилась в том же направлении, хотя полного совпадения фенологи-



Сезонные перемещения областей стабильного наступления событий в природе



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

складываются взаимосвязи уже летне-го характера.

Но что же мы наблюдаем в последние десятилетия? Почти везде перелетные скворцы возвращаются теперь в родные края примерно на неделю позже, чем это было в середине 1960-х годов, в то время как даты первого кукования кукушки за последние десятилетия почти не изменились. Они варьируют от -4 до +6 дней в пределах региона, но преобладают значения отклонений близкие к нулю. И это при том, что средние многолетние сроки разворачивания первых листьев у березы и первого кукования кукушки на Русской равнине практически совпадают!

Таким образом, если деревья в некоторых районах явно реагируют на потепление климата, то на прилетах птиц оно пока либо не отразилось вообще никак (кукушка), либо оказалось противоположным образом (скворец). Возникает своеобразная и парадоксальная на первый взгляд фенологическая «вилка» — одни и те же внешние воздействия вызывают у растений и животных разнонаправленные реакции.

Ситуацию с сохранением относительно стабильных сроков прилета кукушки можно попытаться объяснить тем, что астрономические факторы (продолжительность светлого времени суток) значат для этих птиц гораздо больше, чем метеорологические.

Труднее найти логичное объяснение довольно существенной задержке прилета скворцов. Можно, конечно, предположить, что она связана с изменениями климатических условий в местах их зимовок, но это вряд ли: там изменения выражены меньше, чем в умеренных широтах. Скорее уж причины странного явления следует искать в том, что значительная часть перелетных птиц стала оставаться на зимовку в крупных городах и в южных районах. Характер миграций изменился, корма хватает, вот и не спешат скворцы к местам традиционных гнездований. Тем более что скотные дворы и конюшни, где пережидали рано прилетающие птицы весеннюю непогоду, практически исчезли.

ческих параметров с метеорологическими, конечно, не наблюдается. Будь все так просто, никакая фенология просто не была бы нужна.

Но это еще не все. На большей части рассматриваемой нами территории у березы отодвинулись и сроки окончания листопада. А в результате у деревьев в Прибалтике, зонах северной и средней тайги период вегетации удлинился за последние 30 лет на 10–15 дней. В центральных районах эта тенденция выражена значительно слабее. В Карпатах продолжительность периода вегетации не изменилась, но он сдвинулся в сторону осени, а в Тамбовской и Пензенской областях даже стал немного сокращаться.

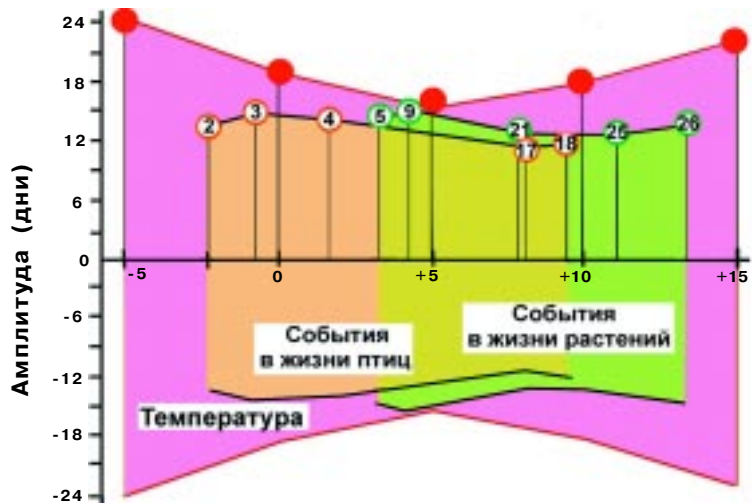
В чем же дело? Почему общая тенденция повышения среднегодовой температуры по-разному отражается на одних и тех же растениях в разных климатических зонах? Ответ, по-видимому, следует искать в биологических особенностях видов, способных осваивать самые разнообразные местообитания как на севере, так и на юге Русской равнины. Ясно, что в крайних точках ареала условия для растений не оптимальны и в северных районах сокращение слишком длинного периода покоя вполне возможно и даже может пойти растению на пользу. А вот на юге и самая ранняя весна не должна пробуждать дерево от зимней спячки — если оно не успеет накопить достаточно сил к новому периоду вегетации, то просто погибнет.

Растения приспособлялись к особенностям существующего климата столетиями, и резкие перемены с аномально большими амплитудами колебаний на пользу им, конечно, не

идут. Защитные механизмы срабатывают не всегда. Вот почему в последние годы осенью у деревьев и кустарников нередко наблюдается вторичная вегетация: набухают и даже распускаются почки. Как только ударят морозы, большинство молодых побегов неминуемо погибает, что конечно же отрицательно отражается на развитии этих растений в следующие годы. Но это — еще один контролируемый механизм, способный ослабить тенденцию к установлению более ранних сроков начала вегетации, и он начинает действовать как раз в периоды потепления климата.

Потепление климата и жизнь животных

Теплокровные животные зависят от погоды меньше, чем растения, а потому связи их жизненного цикла с изменениями в природе более сложны. Тем не менее народные приметы, увязывающие друг с другом очень разнородные явления — в том числе сроки прилета и отлета пернатых — с предстоящими изменениями погоды, оказываются достаточно точными. Например, большие стаи пролетных птиц свидетельствуют о том, что весна будет дружной, а раннее возвращение некоторых видов, таких, как скворцы, обещает весну раннюю. «Увидел скворца — знай: весна у крыльца», — говорит народная пословица. И действительно, прилет этой всеядной птицы служит индикатором перелома зимнего типа циркуляции атмосферы на весенний. Если же появились насекомоядные кукушки и началось токование самцов (кукуют именно они) — значит, в биоценозах



Эффект «сужающегося русла».
Средние многолетние значения амплитуд колебаний дат наступления сезонных событий в природе Русской равнины.
Цифры соответствуют номеру фенологического явления в анкете для наблюдателей



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Что было, что будет

Как бы то ни было, очевидно, что происходящие изменения климата еще не повлекли за собой серьезных перестроек в других природных процессах. Экосистемы Русской равнины пока справляются с меняющейся ситуацией и функционируют в веками отработанном режиме. Но похоже, что именно сейчас биота активно приспосабливается к внешним изменениям, причем поиск «приспособлений» идет во всех возможных направлениях.

Шанс, что экосистемам действительно удастся сохранить существующую структуру и режим функционирования, пока есть. Однако если климат будет продолжать меняться столь же стремительно, в какой-то момент их способность к адаптации окажется исчерпанной и произойдет переход (возможно, внезапный) в качественно иное состояние. Так, например, еловый лес — это экосистема, вывести которую из равновесия только температурными факторами очень трудно. Она поддерживает себя сама: бережет влагу, создает затенение. Но в холодные зимы некоторые виды вредителей вымерзают здесь почти начисто, и за короткое лето их численность не успевает достигнуть критической отметки. Если же все зимы станут теплыми, такое рано или поздно случится и вредители уничтожат ельники за один-два сезона. Но самое печальное то, что в изменившихся температурных условиях они уже никогда не восстановятся.

Вот почему так важно отслеживать все мелкие изменения в экосистемах, оценивать, насколько эффективно идет в природных сообществах поиск нового оптимального состояния, оценивать, насколько сильно подорвала деятельность человека их способность выдерживать такие «перегрузки». Наблюдения за сезонной динамикой природы и оперативная оценка происходящих изменений — фенологический мониторинг — нужны сейчас, как никогда.

Фенологическая сеть

А между тем занимаются в России фенологическими наблюдениями в основном добровольцы.

Такие наблюдения формально начались более 250 лет назад, когда в 1721 году Петр I решил выбрать наиболее подходящие участки для разбивки парков в окрестностях юного Петербурга. Именно тогда он приказал Меншикову присылать каждую неделю засушенные «дубовые, рябиновые и березовые сучки и цветы, а также и травяные листочки... с надписанием чисел, дабы узнать, где раньше началась весна».

К середине XIX века удалось собрать уже столько фенологических материалов, что в 1854 году Русское географическое общество опубликовало первую в мире географическую сводку фенологических наблюдений за 1851 год со ссылкой на данные 120 корреспондентов. А уже в 1855 году А.Ф.Миддендорф смог написать работу о маршрутах и сроках весеннего пролета птиц по территории России — от ее западных границ до Тихого океана. Здесь была опубликована первая в мире фенологическая карта с изолиниями одновременных событий.

Уже тогда Русское географическое общество взяло под свое крыло целую сеть добровольных наблюдателей, которая постоянно расширялась и с 1896-го по 1924 год выросла до 600 корреспондентов. В конце 1960-х в ее рядах насчитывалось уже 3500–4000 человек. Это была огромная армия истинных любителей природы! Мне приходилось читать в архивах РГО в Санкт-Петербурге трогательные письма крестьян 1920-х годов, в которых они подробно описывали все события конкретного года: когда первый раз выехали на телеге, в каких числах «встала» река или начался сенокос. Конечно, наблюдения крестьян были связаны в основном с хо-

зяйственной деятельностью и их сложно использовать в научных обобщениях. Но все равно эти письма и наблюдения очень ценны, и их нельзя не принимать во внимание при анализе природных явлений, социально-экономических и просто человеческих отношений тех далеких лет.

В наши дни добровольная сеть, к сожалению, не очень велика — нет бесплатной переписки, нет денег. Все держится на энтузиазме любителей природы, но в нескольких сотнях пунктов, разбросанных по всей стране, наблюдения не прерываются. Их ведут юннаты и учителя школ, сотрудники заповедников и метеостанций, пенсионеры, служащие — все те, кто любит родную природу. Единая методика позволяет сопоставлять и корректно анализировать данные. За многие годы накоплено огромное количество информации, которая еще ждет своих исследователей.

Корреспондентом может стать каждый, кому интересно наблюдать за природой своего края и собирать ценный научный материал. Ниже представлены бланки, которые мы рассылаем корреспондентам центральных областей лесной зоны европейской территории России. Такие бланки существуют и для других регионов страны, они немного отличаются от приведенных здесь, но их всегда можно получить, написав по адресу: 103045, Москва, Рождественский бульвар, 5/7-28, Минину А.А., либо обратившись в региональные отделения Русского географического общества или фенологическую комиссию РГО в Санкт-Петербург, ул. Гривцова, 10. Сюда же следует отправлять и письма с наблюдениями. Даже если вам удалось проследить только за некоторыми из перечисленных событий — все равно пишите! С автором статьи можно связаться также по электронной почте: aminin@cityline.ru или aminin@pochtamt.ru.

Наблюдения весной 200__г



Наблюдения летом 200__г

Пункт наблюдений (для небольших укажите расстояние и направление от ближайшего города, райцентра) _____

Почтовый адрес (с указанием почтового индекса) _____

ФИО наблюдателя (руководителя юннатов) _____

Пункт наблюдений (для небольших укажите расстояние и направление от ближайшего города, райцентра) _____

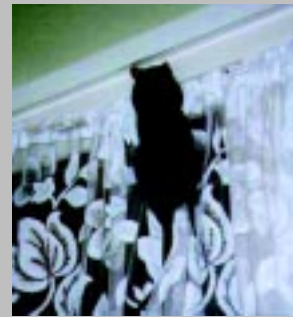
Почтовый адрес (с указанием почтового индекса) _____

ФИО наблюдателя (руководителя юннатов) _____

№	Фенологическое явление	Число	Месяц
1	Появление первых проталин на полях		
2	Прилет передовых грачей		
3	Прилет передовых скворцов		
4	Первая песня жаворонка полевого		
5	Начало сокодвижения у березы		
6	Начало ледохода (название реки: _____)		
7	Лед растаял на стоячем водоеме		
8	Первый вылет бабочки крапивницы		
9	Начало цветения мать-и-мачехи обыкновенной		
10	Появление кряковых уток		
11	Начало пролета гусей (вид: _____)		
12	Начало цветения ольхи серой		
13	Начало цветения орешника (лещины)		
14	Появление рыжих лесных муравьев (оживление муравейника)		
15	Начало цветения ивы козьей (бредины)		
16	Первый вылет пчел		
17	Первое кукование кукушки обыкновенной		
18	Прилет первых ласточек деревенских		
19	Первая песня соловья		
20	Появление комаров толкунов		
21	Развертывание первых листьев у березы		
22	Развертывание первых листьев у клена остролистного		
23	Развертывание первых листьев у липы мелколистной		
24	Первый вылет майских жуков		
25	Начало цветения одуванчика		
26	Начало цветения черемухи обыкновенной		
27	Развертывание первых листьев у дуба черешчатого		
28	Начало цветения лесной земляники		
29	Начало цветения черной смородины (лесная, садовая-сорт)		
30	Начало цветения вишни (дикая, садовая-сорт)		
31	Прилет первых стрижей		
32	Начало цветения яблони (дикая, садовая-сорт)		
33	Последний заморозок (иней) на почве		
34	Первая гроза		
35	Начало цветения сирени лиловой		
36	Начало цветения рябины обыкновенной		
37	Начало цветения ландыша майского		
38	Начало цветения малины (садовой или лесной)		

№	Фенологическое явление	Число	Месяц
1	Начало цветения шиповника		
2	Первые зрелые плоды земляники лесной		
3	Начало цветения кипрея (иван-чая)		
4	Первые зрелые плоды черники		
5	Первые зрелые плоды смородины черной		
6	Начало цветения липы мелколистной		
7	Первые зрелые плоды малины лесной		
8	Первые зрелые плоды вишни		
9	Массовое появление грибов белых		
10	Массовое появление подберезовиков		
11	Начало пожелтения листьев березы		
12	Массовый отлет стрижей		
13	Первый осенний заморозок на почве		
14	Массовый отлет ласточек деревенских		
15	Начало пролета гусей серых		
16	Начало пролета кряковых уток		
17	Последняя встреча комаров толкунов		
18	Полная осенняя раскраска листьев у березы		
19	Полная осенняя раскраска листьев у клена остролистного		
20	Полная осенняя раскраска листьев у липы мелколистной		
21	Полная осенняя раскраска листьев у дуба		
22	Конец листопада у березы		
23	Конец листопада у клена остролистного		
24	Конец листопада у липы мелколистной		
25	Конец листопада у дуба		
26	Первое появление снегирей		
27	Выпадение первого снега		
28	Ледостав на реке (название _____)		
29	Появление сплошного льда на стоячем водоеме		
30	Снежный покров установился на зиму		





Крыса как домашнее животное

- Ты должен подружиться с крысами.
- Да я же их боюсь, масса Том! Ни за что на свете!
- Тогда — со змеей. Она будет выползать на твой зов, обвиваться у тебя вокруг шеи и засыпать, засунув голову тебе в рот.
- Пусть будут крысы.

Марк Твен. Приключения Гекльберри Финна

Кто не слышал о крысах, об этих прожорливых, наглых, зубастых и заразных тварях, которые довели до ручки город Гаммельн, едва не испортили праздник хорошим детям, если бы не Щелкунчик, и отличились еще во многих других историях?! Между тем крысы могут быть замечательными товарищами и детям, и взрослым.

Домашние крысы дружелюбны, эмоциональны, любознательны и любопытны для наблюдения. Крысы — животные социальные, в отличие, например, от хомячков. Поэтому они легко привязываются к людям, особенно выделяя хозяина, любят, когда с ними играют, поглаживают и почесывают, и сами чистят друга-человека язычком и лапками. Самые сообразительные среди грызунов, они запоминают свое имя и откликаются на него. Предоставленные сами себе, крысы ведут ночной образ жизни, но, став домашними животными, они приспособятся к ритму вашей жизни: будут активными утром и вечером, когда большинство членов семьи не в школе и не на работе. Крысы более спокойны и уравновешенны, чем многие другие домашние животные, и практически никогда не проявляют неспровоцированную агрессию. Кроме того, в отличие от мышей, у крыс почти нет запаха (пахнуть может только плохо убранная клетка).

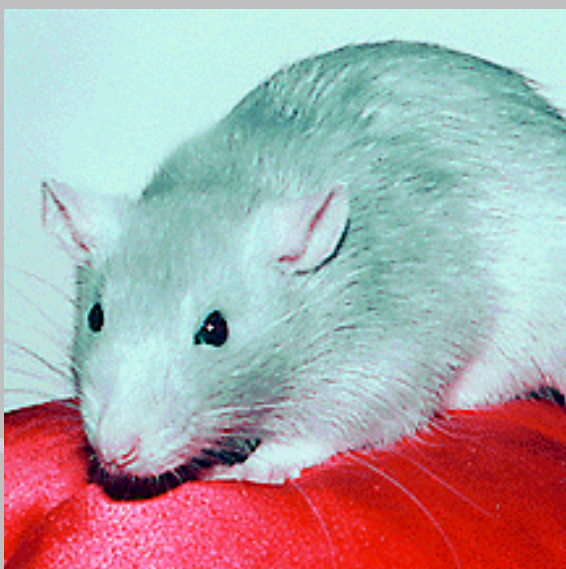
Конечно, не обходится и без ложки дегтя в этой бочке меда. Как и положено грызунам, крысы грызут всякие вещи. Хотя эта черта очень индивидуальна и некоторые крысы грызут очень мало, к сожалению, отдельные экземпляры способны быстро наделать дыр в одежде и



мебели, перегрызть электропровода. Наказанием их не перевоспитаешь, так как это поведение инстинктивно и определяется наследственностью. Необходимо следить, чтобы крысы не выходили из домашней клетки сами и не разгуливали без надзора.

Другая возможная проблема связана с тем, что крысы метят территорию. Метят не только мочой, как собаки, но и экскрементами. Эти аккуратные катышки, похожие на финиковые косточки, называют «болюсы». Моча крыс не оставляет пятен на ткани, не пахнет (с точки зрения человека) и легко смывается водой. Болюсы тоже не пахнут и почти не прилипают к поверхностям. Тем не менее, если вы пускаете своих любимцев гулять по коврам и диванам, стоит приобрести моющий пылесос.

Многие не решаются завести крысу из-за того, что живут они недолго — обычно 2—3 года. Но тщательный уход может увеличить крысиный век до 4—5 лет. Рекорд, зафиксированный в книге Гиннеса, — 7 лет и 4 месяца!





Краткая история белых крыс

Среди нескольких десятков видов крыс нас в первую очередь интересует серая крыса, или пасюк — предок домашних крыс. Пасюки распространены в наших широтах повсеместно, особенно поблизости от человеческого жилья. Они живут в подвалах, на помойках, в промышленных зонах и на скотных дворах. Столкнуться с крысой можно и вдалеке от мест ее кормления и укрытия. Например, в январе 1998 года автор встретил молодого пасюка среди бела дня на центральной аллее Таврического сада.

Антипатия, которую вызывают у многих дикие крысы, не должна распространяться на домашних. Прежде всего заметим, что чуму в средние века и вплоть до XVII века разносила черная крыса — *Rattus rattus*. Именно этим животным, к тому же еще и неприятным в общении, крысы обязаны своей репутацией. А домашние крысы относятся к другому виду — *Rattus norvegicus*, который в русском, английском, немецком и французском языках носит название серая или буряя крыса. (Бурыми и рыжими чаще всего бывают молодые особи.)

Оба вида широко распространены в Европе. Серая крыса преобладает в Северной и Центральной Европе, а в Южной Европе ее вытесняет черная. Более крупная серая крыса лучше приспособлена к низким температурам воздуха, поскольку продукция тепла пропорциональна массе тела, а теплоотдача пропорциональна площади его поверхности. У теплолюбивой черной крысы туловище меньше, чем у черной, и длиннее хвост и уши. В отличие от пасюка, она живет главным образом на деревьях и чердаках.

Вид *R. norvegicus* сформировался в Азии, на Великой Китайской равнине, и через Индию, путешествуя вме-

Доктор
биологических наук
Д.А.Жуков



РАДОСТИ ЖИЗНИ

сте с человеком, расселился по всему миру. В Западную Европу этот вид проник в первой половине XVIII века. Латинское название вида указывает на путь распространения пасюка, хотя этот путь, очевидно, был не единственным: есть данные о появлении серой крысы на Руси в XVI–XVII веках.

На протяжении XVIII и XIX веков серых крыс интенсивно отлавливали для распространения тогда спорта, так называемых «крысиных боев». В яму, где кишели крысы, числом около сотни, спускали терьера, и публика держала пари на время, за которое собака передавит их всех. Иногда пойманных крыс надолго оставляли в неволе, чтобы у них успевало появиться потомство. А среди детенышей попадались белые особи, альбиносы. Из-за симпатичной внешности и терпимости по отношению к человеку белых крыс стали специально разводить и приручать. Вот тогда и появились домашние крысы.

Результаты первой работы, в которой применяли подопытных крыс, были опубликованы в 1856 году. В 1877—1885 годах начались эксперименты по разведению пасюков-альбиносов и скрещиванию их с дикими крысами. Альбиносов привезли и в Америку, где была сформирована первая в мире линия белых крыс — Вистар. Вистаровский институт в Филадельфии некогда был основан как музей природных редкостей, кунсткамера, а с начала XX века он стал первым независимым исследовательским учреждением в США. В нем вели работы по одомашниванию крыс, изучали их питание и рост.

Домашние крысы внешне похожи на диких, легко скрещиваются с ними, однако их поведение разительно отличается. Основная психическая особенность домашних крыс — дружелюбное отношение к человеку. Исследователи с самого начала вели отбор по этому признаку, чтобы легче было брать крысу в руки при экспериментах. Уже в 1908 году было выполнено сравнительное исследование диких и домашних крыс. Изучение 26 поколений позволило заключить, что одо-

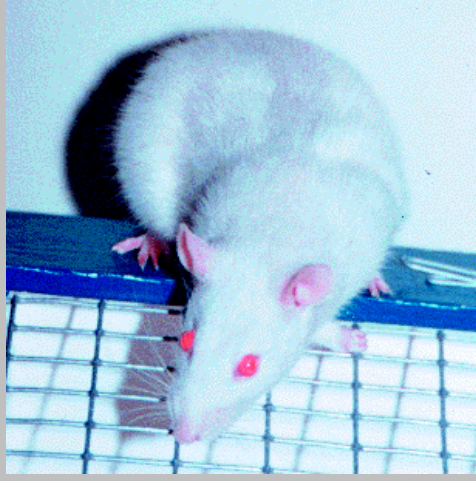
машивание приводит к росту массы тела, снижению агрессивности и увеличению плодовитости. Вдобавок одомашненные крысы перестали издавать характерные резкие крики, типичные для дерущихся диких крыс. Все эти черты сделали крысу почти идеальным лабораторным животным.

Таким образом, если вас будут преследовать от близкого общения с крысами, вы можете ответить, что домашние крысы отличаются от диких больше, чем собака от волка.

Виды и породы

Надо сказать, что способность к одомашниванию во многом определяется генетически. В природе существуют виды, близкие домашним животным, которые практически не поддаются попыткам человека к сближению. Черных крыс никогда не держат дома из-за их скверного характера. Индийский слон одомашнен уже многие века, а вот африканский слон поддается разве что дрессуре. Другой пример — лесной кот и степной кот. Представители этих видов похожи друг на друга, и оба — на домашнюю кошку, которую лишь немного превосходят размерами. Но приучить к человеку лесного котенка еще никому не удавалось, тогда как степная кошка поддается одомашниванию, насколько это возможно для кошки. Так что серые крысы — и в этом отношении приятные животные: у пары самых нелюбимых крыс может родиться детеныш, симпатизирующий людям.

Домашние крысы бывают самых разных цветов. В настоящее время Ассоциация крысиных и мышинных клубов США различает 27 цветов — от агути, бежевого, голубого и т.д. до черного и янтарного. Кроме того, породы крыс различаются и по расположению пятен на теле. Русская номенклатура еще не разработана, поэтому приводим эти термины по-английски. Hooded (буквально «капюшонная») — белая крыса с окрашенной головой и полоской того же цвета вдоль спины; Berkshire — цветная крыса с белым брюшком и лапками, иногда и с белым пятном на мордочке;



Variegated — белая крыса с окрашенной головой и «мраморным» рисунком по бокам; Blazed — цветная крыса с белым пятном на морде, сужающимся к темени; Bareback — белая крыса с окрашенной головой, но без полосы вдоль спины; Sapped — с окрашенным темением; Masked — белая крыса с цветным пятном вокруг глаз; Dalmatian — цветные пятна по всему телу, как у далматинских собак; Irish — цветная крыса с белыми лапками и белым пятном на груди.

Независимо от цвета и распределения пигментированной шерсти различают крыс безволосых; бесхвостых; королевских — с волнистой шерстью и такими же вибриссами; дивнооких (это, как и предыдущие, — официальное название признака породы) — с глазами разного цвета; Думбо (по имени диснеевского слоненка) — с большими низко посаженными ушами.

Еще больше, чем по внешнему виду, крысы различаются по поведению. В лабораториях формируют специальные породы крыс с определенными поведенческими особенностями, которые бывают также связаны с окраской шерсти. Тема эта необъятная, поэтому здесь скажем только о том, что окрашенные, хотя бы частично, крысы по характеру значительно приятнее альбиносов. Хотя у нас, в России, разнообразие окрасов пока невелико, но в дикой природе уже встречаются разноцветные крысы, предки которых сбежали из вивариев и скрестились с дикими животными.

Проблема выбора

Самые важные факторы при выборе крысы — личностные особенности и здоровье. Крысы, даже одной породы, сильно различаются по характеру. Большинство животных общительно и дружелюбно, однако встречаются пугливые, нервные, агрессивные или же исключительно независимые особи. Крыса, которая не боится вашего приближающегося пальца и взбирается

к вам на руку, будет отличным товаром. Лучше всего приобретать двух-трехмесячных животных. Но если приходится выбирать между пугливым подростком и взрослой крысой, которая просится посидеть у вас на руке или плече, выбирайте взрослого!

Желательно приобрести сразу двух особей. Крысы — общественные животные и в одиночестве чувствуют себя примерно как Робинзон Крузо. Ваше намерение купить сразу пару крыс, скорее всего, не встретит сочувствия окружающих. Вам скажут, что собака уж на что социальное животное — и та, как правило, только одна в доме, и чувствует себя прекрасно. Но ведь собака ежедневно общается с другими собаками, а главное, не сидит в клетке и может в любой момент подойти пообщаться к хозяину. Не надо бояться, что крысиная парочка будет общаться лишь друг с другом, а вас игнорировать, — этого не произойдет, напротив, вдвоем крысы будут развиваться гармоничнее.

Убедитесь, что оба животных одного пола! Одна самка приносит до 12 детенышей каждые два месяца (если детенышей меньше пяти, то беременность может наступать и ежемесячно). Следует помнить, что самки старше шести недель могут родить даже после мимолетного контакта с самцом. Животных можно кастрировать, но это приведет к сужению поведенческого репертуара: кастраты в основном дремлют и постепенно жиреют. Определение пола у крыс обычно не представляет трудностей. Лучше всего сравнивать несколько крыс, сажая их по одной на ладонь и приподнимая слегка за корень хвоста. Когда вы найдете пару, которая выглядит по-разному, знайте, что один из них — самец, а другая — самка. Конечно, с определением пола вам должен помочь продавец.

Пока вы не научитесь различать купленных животных по морде, их нужно помечать. На хвостах легко сделать

метки фломастерами. Если есть несмываемые маркеры — это еще лучше, тогда подновлять метки можно раз в неделю. Но ни в коем случае не разрисовывайте весь хвост!

Не берите детей и простуженных

Важно обратить внимание на то, как содержатся животные там, откуда вы собираетесь взять себе питомца. Так сказать, из какой семьи невеста?

К сожалению, в некоторых магазинах не очень внимательно следят за самочувствием товара. Внимательно посмотрите, как живут животные у продавца, соблюдаются ли основные правила содержания крыс, в частности не заметно ли в стружках зеленых гранул корма для кроликов или морских свинок (крысам такой корм не подходит), чисто ли вымыты и наполнены бутылки для воды.

Стружки в клетке должны быть чистыми и не издавать удручающего запаха, а сама клетка должна быть достаточно просторной. (Норма площади содержания крыс в лаборатории — 250 см² на одну особь при высоте не меньше 14 см.) Лучше, если крысы разных возрастов содержатся отдельно: взрослые особи часто преследуют молодых, даже не подпускают их к корму. Но особенно важно, чтобы отдельно содержались самцы с самками, иначе, унеся с собой одну самочку, вы можете вскоре получить дюжину малышей.

Хорошо, если продавец может сказать вам, откуда взялись его крысы, разводят ли их прямо здесь или есть поставщик. Несомненно, продавец должен быть способен взять в руки крысу, которую он собирается продать. Причем взять правильно, то есть не за хвост (и ни в коем случае за кончик хвоста!), а подставив ей ладонь. Конечно же крыса, сидящая на руке, не должна выглядеть напуганной. Очень хорошо, если продавец



небезразлично, в какие руки переходят его крысы.

Понаблюдайте некоторое время за животными в клетке. Прислушайтесь — нет ли чихающих и сопящих особей. Крысы подвержены простуде, поскольку в массе своей они являются носителями микоплазменной микрофлоры. Некоторым чихание крыс напоминает посвистывание или пение. Но романтический подход в данном случае неуместен: чаще всего «пение» свидетельствует об обширном процессе в дыхательных путях. На болезнь указывают также апатия, нахохливание, тусклая свалывшаяся шерсть, постоянно шмыгающий нос или бегающие глаза, малый вес. Если крыса стучит зубами, когда к ней приближается человек, такую пугливую зверушку приобретать тоже не стоит. Здоровая крыса должна быть приятной на вид, любопытной и подвижной.

Возраст крысы должен быть не меньше шести недель! Более молодые животные еще нуждаются в матери, хотя период вскармливания у крыс только 21 день. Преждевременный отъем от матери — один из самых распространенных в лабораторной практике типов стрессорного воздействия. Последствия его для физического и психического здоровья животного прослеживаются на протяжении всей жизни. Молодая крыса, которую вы покупаете, должна выглядеть как уменьшенная копия взрослой. Если у крысы укорочена морда, маленькие лапки и тонкий короткий хвостик, она слишком молода, чтобы покинуть материнский дом.

У выбранных вами крыс стоит проверить некоторые врожденные рефлекссы. Если хотя бы один из них отсутствует, откажитесь от покупки. Такая проверка требует опыта в обращении с животными, поэтому попросите продавца продемонстрировать их.

1) РЕФЛЕКС ХВАТАНИЯ. Крысу держат на весу и дают ей прикоснуться к жесткой проволоке. Пальцы передней лапы должны сомкнуться вокруг проволоки. Реакция хватания должна усиливаться при попытке оттянуть крысу от проволоки.

2) РЕФЛЕКСЫ ПЕРЕВОРАЧИВАНИЯ. Положите крысу на спину на стол. Она должна сразу же перевернуться. Если крысу держать за поясницу и наклонять влево и вправо или вверх и вниз, то голова должна отклоняться в противоположную сторону, чтобы сохранилось ее прежнее положение.

3) РЕАКЦИЯ ПОСТАНОВКИ ЛАПЫ. Поднесите крысу к столу так, чтобы тыльная сторона передних лап касалась столешницы. Здоровая крыса тут же поставит лапы на стол. Если поднести крысу к столу, так чтобы ее подбородок касался края столешницы, она должна поставить обе лапы на стол. Если поставить крысу на стол и сдвинуть одну лапку так, чтобы она свесилась, то крыса должна немедленно подтянуть ее обратно.

4) ПРОВЕРКА РАВНОВЕСИЯ. Поставьте крысу на брусок шириной 2 см, который находится на высоте 50 см над столом. Животное должно просидеть на такой жердочке не меньше трех минут.

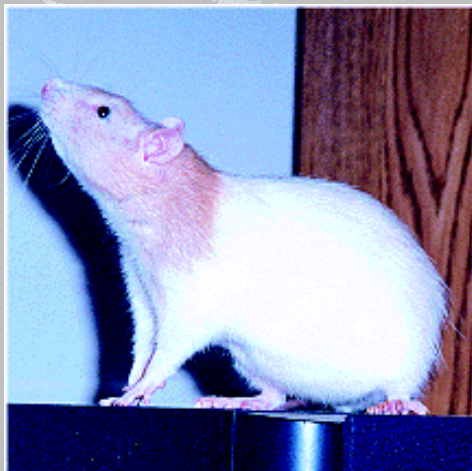
Он или она?

Отдельно рассмотрим очень существенный вопрос: заводить ли двух самцов или двух самок? Психические особенности полов (не только у крыс) — предмет многих исследований. Кратко говоря, самки крыс смысленнее самцов. Они лучше решают большинство тестов, используемых в лабораториях. У самок навыки вырабатываются быстрее, чем у самцов, сохраняются дольше и при необходимости переделываются легче. Самки более лю-

бознательны, они дольше исследуют новые предметы и помещения. Привлекают самок даже хорошо знакомые, старые игрушки, к которым самцы быстро теряют интерес. Самки менее агрессивны, не затевают драки по пустякам и не разряжают на вас свое плохое настроение. Они пугливее самцов — пугаются незнакомых людей или даже знакомых мужчин. Самки более дружелюбны и к соплеменникам, и к человеку, точнее, они более явно демонстрируют вам свою приязнь. Им не будут надоедать одни и те же тихие семейные радости: исследовать ваши карманы, перебирать прическу, перетягивать веревочку и тому подобное.

Самки лучше приспособлены к неблагоприятным условиям. Перегрев или переохлаждение, голодание, тесноту самки переносят значительно легче, чем самцы. Это различие вызвано тем, что скорость воспроизводства популяции пропорциональна количеству самок и мало зависит от количества самцов. В стае диких крыс, как правило, один-два самца являются отцами 90—95% детенышей. Поэтому гибель нескольких самцов практически не скажется на скорости воспроизводства. В то же время каждая самка имеет репродуктивную ценность, поэтому природа и позаботилась о них.

Исходя из этих соображений, вы можете осознанно подойти к выбору. Начинающему крысолобу стоит завести самок. Они почти наверняка будут обладать всеми достоинствами покладистого, занятого, неутомительного питомца. Да и если вы по неопытности забудете налить им воды, они легче это перенесут. Когда вы лучше познакомитесь с крысами, попробуйте завести самцов. Возможно, вам достанется пара злобных, угрюмых, истеричных тварей. Но не меньше вероятность того, что они окажутся исключительно чуткими, дружелюбными интеллектуалами. Удачи вам!





Наследственность, гены, ДНК... Кажется, эти слова уже давно перестали быть научными терминами, вошли в повседневную жизнь и знакомы теперь каждому старшекласснику, не говоря уж о студентах. Но никакой ДНК большинство из нас никогда не видело, хотя увидеть ее — дело вполне реальное даже в домашних условиях. В одной из генетических лабораторий на стене висит, к примеру, вот такая инструкция:

Как самому выделить ДНК

1. Найдите что-то, что содержит много ДНК. Например, зеленый горошек (но можно куриную печеньку, селедочные молоки или лук).
2. Положите в миксер около 100 мл (полстакана) этого продукта, добавьте 1/8 чайной ложки соли и 200 мл (стакан) холодной воды. Взбивайте в течение 15 секунд. Миксер «сварит» вам горохово-клеточный суп.
3. Процедите смесь через ситечко или кусок капрона (чулок вполне подойдет). В полученную мякоть добавьте 1/6 от ее количества (это будет примерно 2 столовые ложки) жидкого моющего средства (для посуды, например) и хорошо размешайте. Оставьте на 5–10 минут.
4. Разлейте жидкость по пробиркам или другим стеклянным посудинам, чтобы в каждой было заполнено не больше трети объема.
5. Добавьте в каждую пробирку по чуть-чуть либо сока, выжатого из ананаса, либо раствора для контактных линз и осторожно встряхните, переворачивая и наклоняя пробирку (если будете трясти слишком рьяно, разломаете ДНК и ничего не увидите).
6. Наклоните пробирку и медленно влейте в нее немного этилового спирта, чтобы он образовал слой поверх гороховой смеси. Лейте, пока спирта и смеси не окажется поровну. ДНК всплывет наверх в виде хлопьев.
7. Деревянной палочкой (карандашом) выловите их и рассмотрите под микроскопом.

Конечно, для научных работников эта инструкция — в какой-то степени шутка и никто из них ДНК таким способом не выделяет, а между тем если и вправду воспользоваться ею, то все получится! Выход ДНК будет, правда, невелик, а вещество — не особенно чистым, но увидеть в микроскоп длинные тонкие нити — кристаллы ДНК — вполне возможно.

Что же происходит с зеленым горошком или куриной печенкой в процессе описанных манипуляций и почему в конечном счете ДНК оказывается отделенной от всех остальных веществ, которых в клетке великое множество?

1. Выбор объекта

ДНК, как известно, есть в каждой клетке, а значит, выделить ее можно из любой ткани — даже из костей животных, чешуи рыб или древесины, где клеток не так уж много по сравнению с объемом внеклеточного вещества.

Во всех тканях организма как животного, так и растения, ДНК, как правило, одинакова. Отличаются эти ткани тем, что в одних из них помимо вещества наследственности больше почти ничего нет (молоки селедки), а в других, таких, как костная ткань, со-

держание ДНК относительно невелико. Кроме того, существуют ткани, в клетках которых имеется удвоенный набор хромосом (к тетраплоидным относятся, в частности, клетки печени), а потому и ДНК в них в два раза больше, чем во всех остальных. В семенах растений относительное содержание ДНК выше, чем в стебле, а из молодых растущих побегов ее можно выделить существенно больше, чем из такого же по объему куска одревесневшего ствола.

В общем, если перед исследователем не стоит какой-то специальной задачи, он старается выбрать для работы ткань, в которой мало межклеточного вещества и много самих клеток. Причем желательно, чтобы ткань легко распадалась на эти составляющие, а клетки не были перегружены белками (как мышечные), липидами (как жировые) или полисахаридами (как клетки мозга).

2. Дробим ткань на клетки

В миксере ткань, из которой мы собираемся добыть вещество наследственности, распадается на отдельные клетки: чтобы механически разорвать связи между ними требуется, как правило, гораздо меньше усилий,

ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

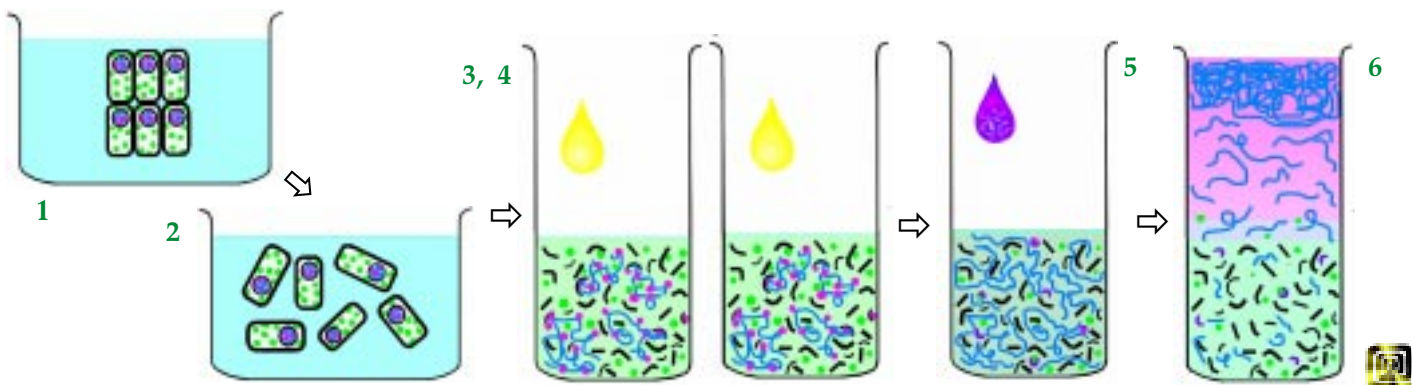
чем для того, чтобы повредить саму клетку. И поскольку при нашем способе выделения ДНК требуются более или менее целые, неповрежденные клетки, ясно, что консервированный горошек или соленая селедка для такого эксперимента не годятся, — лучше уж взять что-нибудь свежзамороженное, если вы уверены, что продукт не размораживали в процессе хранения несколько раз.

А немного соли нужно добавить в раствор для того, чтобы клетки не полопались раньше времени: давление внутреннего содержимого на клеточную мембрану изнутри уравновешивают давлением соляного раствора снаружи.

3. Высвобождаем макромолекулу

Что касается фильтрации, то она нужна для того, чтобы механически удалить из клеточной суспензии всевозможные примеси, в том числе, крупные куски ткани — все равно те вещества, которыми мы собираемся обрабатывать смесь, не смогут проникнуть глубоко внутрь таких конгломератов, и для выделения ДНК они окажутся бесполезными.

А обработать полученные клетки следует, в первую очередь, каким-нибудь детергентом. Средство «Ферри», способное, согласно рекламе, легко отмыть самую жирную посуду, годится и для того, чтобы наделать больших дырок в липидной мембране как самой клетки, так и ее ядра. Если нет жидкого моющего средства, можно сделать концентрированный раствор стирального порошка — тоже подойдет.



В результате такой обработки все клеточное содержимое вывалится наружу и окажется в растворе, который делается при этом очень вязким, тягучим и существенно более прозрачным, чем была клеточная суспензия. Изменение консистенции раствора — верный знак того, что лизис прошел успешно.

4. Тут все ясно и без комментариев —

не наливайте слишком много раствора в емкость, туда предстоит еще много чего налить, к тому же, если смеси будет в избытке, ее будет трудно перемешать.

5. Освобождаемся от белков

Чего только нет в нашей смеси! Однако белков здесь — больше всего, причем именно они образуют самые прочные комплексы с ДНК. Существуют методики, когда белки удаляют из раствора в несколько этапов. Например, часть из них легко денатурирует и выпадает в осадок при добавлении концентрированных растворов солей. В лабораторных условиях такие приемы прекрасно работают, а от осадка исследователи освобождаются, помещая пробирки на несколько минут в центрифугу. После этого все более или менее крупные клеточные обломки, денатурированные белки и другие примеси оказываются на дне, образуя очень плотный осадок, и перелить в другую пробирку надосадочную жидкость, содержащую в основном нуклеиновые кислоты — ДНК и РНК, — труда не составляет. Однако в домашних условиях этот этап очистки нам придется пропустить, пожертвовав частью интересующего нас вещества, — оно так и останется «в белковом плену».

Мы сразу же перейдем к очистке ДНК от остаточных белков с помощью специальных ферментов, способных разрушать эти молекулы. Именно такие вещества содержит сок ананаса.

Сами они — тоже белки, поэтому ананас, из которого выжимают сок, должен быть свежим: у ферментов нет ни малейшего шанса сохраниться неизменными в компоте или в консервированном продукте. Что же касается раствора для очистки линз, то если вы собираетесь использовать его — не забудьте положить таблетку для удаления белковых отложений! Сами по себе растворы для хранения контактных линз никаких активных веществ не содержат — иначе и нашим глазам не поздоровилось бы.

О том, что ферменты сработали, можно судить по уменьшению вязкости раствора. Если этого не происходит, поместите смесь в теплое место (примерно 37°C) на полчаса, иногда может потребоваться добавить больше ананасового сока или раствора для очистки линз.

6. Осаждаем ДНК из раствора

Теперь ДНК плавает в растворе сама по себе. Белки больше не цепляются за нее, хотя обломков всевозможных молекул в смеси по-прежнему много. В лабораторных условиях эти ненужные фрагменты убирают, тщательно перемешивая раствор с фенолом и/или хлороформом. Органические растворители, способные забирать белки «на себя», тяжелее воды, а потому при последующем расслоении смеси в центрифуге они опускаются на дно. После центрифугирования внизу пробирки оказываются фенол и/или хлороформ с растворенными в них белками, а сверху — водная фаза, содержащая ДНК. Водную фазу собирают в отдельную пробирку и дальше работают уже с относительно чистым раствором.

За неимением центрифуги и органических растворителей, работа с которыми требует к тому же специальных мер безопасности, этот этап очистки в домашних условиях приходится пропустить и осадить ДНК прямо из «грязного» раствора.

Заметим сразу — заменить этиловый спирт водкой или духами нельзя: если концентрация спирта будет низкой и упадет при смешивании с водной фазой до 60–65%, ДНК в кристаллическое состояние не перейдет. Отчасти именно по этой причине наливать спирт в пробирку с ДНК-содержащей смесью следует осторожно, наслаивая его сверху. Тогда нижние слои спирта частично смешаются с раствором ДНК, начнется процесс кристаллизации нуклеиновых кислот, и они всплывут на поверхность (где спирт более концентрированный) в виде хлопьев.

Если же налить спирт сверху не получится и все безнадежно перемешается, то при малом количестве этанола у вас вообще ничего не получится, а при большом начнет кристаллизоваться не только ДНК: в осадок выпадут и остатки белков, и кое-что еще из исходного содержимого клеток.

7. Что же мы получили?

Чистые кристаллы ДНК похожи на клубки спутанных нитей, но не надо забывать, что вы видите именно кристаллы вещества, а не его макромолекулы, и сказать по их внешнему виду, какие гены содержит выделенная вами нуклеиновая кислота, конечно, невозможно. Чтобы узнать это, придется снова растворять ДНК. Впрочем, «прочитать» последовательность нуклеотидов в домашних условиях, увы, невозможно: для этого нужны не только специальные приборы, но и дорогие реактивы.

Однако если вы уже хорошо рассмотрели кристаллы и они успели подсохнуть, можете понаблюдать за тем, как ДНК растворяется. Она в начале набухает, становясь похожей на студенистую медузу, и лишь спустя несколько дней раствор делается однородным. Процесс можно ускорить, если пробирку почаще встряхивать. Желаем успехов начинающим генетикам и молекулярным биологам!



На что способны химики

Изучение химии, видимо, развивает скрытые в человеке способности. Как еще объяснить то, что многие химики стали музыкантами, писателями, политическими деятелями? Подробнее об этом можно прочитать в статье академика Ю.А.Золотова «Химики, проявившие себя в других областях» («Химия и жизнь», 2001, № 9). Самый известный пример — химик и музыкант А.П.Бородин. Менее известно, что американский писатель А.Азимов (он опубликовал более 400 книг) — профессор биохимии. Профессиональным химиком, автором 110 патентов был и первый президент Израиля Хаим Вейцман. Так что, как остроумно заметил Золотов, «широко простирают химики руки свои в дела человеческие». Здесь же речь пойдет только о достижениях химиков в своей родной науке.

«Артистизм и элегантность» — так была названа статья, посвященная гению органического синтеза Роберту Вудворду («Химия и жизнь», 1998, № 4). Проведенные Вудвордом в 40–70-е годы классические синтезы природных соединений — хинина, стрихнина, резерпина и особенно витамина V_{12} — стали образцом искусства органического синтеза. А вот новые достижения химиков-синтетиков. Известно, что четыре разных заместителя у атома углерода придают молекуле асимметрию — хиральность. Самая маленькая хиральная молекула — метан, в котором три атома водорода замещены на разные атомы галогена. Еще в 1893 году бельгийский химик Фредерик Свартс, один из пионеров в изучении фторорганических соединений (его именем названа реакция фторирования полигалогенпроизводных трифторидом сурьмы), синтезировал бромхлорфторметан. Однако полученное соединение было оптически неактивным, так как представляло собой рацемическую смесь «правых» и «левых» молекул $CHBrClF$. Эту смесь сумели разделить методом газовой хроматографии только в 1996 году.

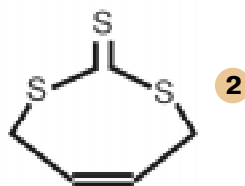
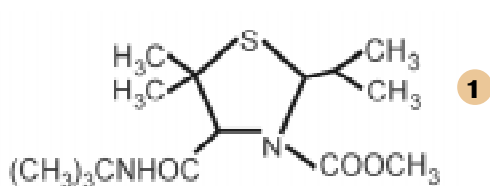
Самую легкую хиральную молекулу — дейтеротритиевое производное этана, CH_3CHDT , сообщая синтезировали в 1997 году восемь американских химиков. Сделано это было не из праздного любопытства и тем более не в погоне за рекордом (в последнем случае следовало бы синтезировать производное метана, например $CHDTLi$): это экзотическое вещество было нужно, чтобы изучать механизм и стереохимию ферментативного окисления этана до этилового спирта.

Хиральность молекулы может быть также связана с ее жесткостью. Самая простая из таких молекул с «осевой хиральностью» — дважды дейтерированный аллен $DHC=C=CHD$, который был получен в 1997 году и может иметь цис- или транс-форму. Максимальное же число стереоцентров — 64 — содержится в синтезированном в 1994 году коралловом яде палитоксине (его структура приведена в № 7/8 за 2001 год). Достоин упоминания, что теоретически такая структура может существовать в виде $1,8 \cdot 10^{19}$ (!) стереоизомеров и только один из них (который и был синтезирован) соответствует природному токсину.

Не следует думать, что каждый подобный синтез требует проведения многостадийных реакций (Вудворд, например, упоминал о возможности 100-стадийном синтезе). Так, группа американских химиков, возглавляемая И.Патерсоном, синтезировала в 1992 году молекулу с четырьмя новыми стереоцентрами всего в две стадии: сначала на кетон $C_2H_5CH(CH_3)COC_2H_5$ подействовали 2-метилпропенаем, а затем прогидрировали продукт реакции. Таким образом, на каждый новый стереоцентр потребовалось всего «полстадии». Этот синтез — свидетельство замечательных успехов химии в стереохимическом контроле химических реакций.

И все же «природные химики» — ферменты — пока остаются вне досягаемости. Так, уже упомянутый полный синтез витамина V_{12} , проведенный Р.Вудвордом в США и А.Эшенмозером в Швейцарии, потребовал 10 лет работы почти 130 химиков. В 1994 году под наблюдением А.И.Скотта и его сотрудников значительную часть этой работы выполнили всего за 15 часов 12 ферментов: их загрузили в колбу вместе с очень простым веществом — 5-аминолевулиновой кислотой $H_2NCH_2COCH_2CH_2COOH$. Этот синтез является также рекордным по количеству разных веществ, участвовавших в реакции. Если же исключить из рассмотрения ферменты, то самую «многокомпонентную реакцию» провели в 1993 году немецкие





химики А.Дёмлинг и И.Уги. Смешав в одной колбе семь реагентов (NaSH , $(\text{CH}_3)_2\text{CBrCHO}$, $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$, $(\text{CH}_3)_3\text{CNC}$, CH_3OH , NH_3 и CO_2), они получили с выходом 43% производное 1,3-тиазолидина (формула 1). Достоинно упоминания, что подобные синтезы (только с меньшим числом компонентов) Уги разработал еще в начале 60-х годов и эти реакции носят его имя.

Химикам-синтетикам помогают в работе не только ферменты.

«Химия и жизнь» не раз писала о применении компьютеров в химии (см., например, 1990, № 10). Одна из наиболее показательных в этом плане работ была выполнена в 1992 году, когда компьютер предложил 72 так называемые перциклические реакции синтеза сопряженных диенов. Из этих реакций две оказались принципиально новыми, и они были реализованы в лаборатории. В одной из них циклический тритиокарбонат (формула 2) нагрели с замещенным фосфином и получили почти со 100%-ным выходом 1,3-бутадиен (наряду с сероуглеродом). Этот синтез считается первой осуществленной химической реакцией, которую «изобрел» компьютер.

Какие именные реакции имеют (на русском языке) самые длинные названия? Справочник К.В. Вацуры и Г.Л. Мищенко (М.: Химия, 1976) содержит описание 755 именных реакций, среди которых 16 названы именами сразу

трех химиков. Из них самые длинные (по 26 букв на русском языке) — это реакции Бюхнера — Курциуса — Шлоттербека (метилирование альдегидов диазометаном) и реакция Дарзана — Эрленмейера — Кляйзена (конденсация альдегидов или кетонов с эфирами галогенкарбоновых кислот). Ровно столько же букв и в названии реакции Лобри де Брюина — Ван Экенштайна (изомеризация сахаров под действием оснований), в котором присутствуют только две фамилии. Шутки-шутками, а каково студентам, которые к экзамену по органической химии должны знать назубок не менее десятка именных реакций! Кстати, самые знаменитые из таких реакций — это реакция Гриньяра (в реферативном журнале «Chemical Abstracts» она упоминалась почти 20 000 раз), реакция Дильса–Альдера и реакция Виттига (соответственно 13 000 и 12 000 упоминаний). Неудивительно, что все четверо были в разное время удостоены Нобелевской премии по химии.

Немало места в «Книге рекордов» уделено ошибкам и заблуждениям химиков. Начинается этот раздел с забавного силлогизма: «Людам свойственно заблуждаться. Ученые — люди. Следовательно, ошибаться — научно». Честные ученые должны предвидеть возможность ошибок в своей работе. В са-

мом деле, один из методов исследования так и называется — метод проб и ошибок. Ошибки бывают вызваны как объективными, так и субъективными причинами. Здесь мы не будем рассматривать так называемую «патологическую науку» (по определению И.Ленгмюра): различным проявлениям псевдонауки журнал посвятил немало публикаций (см., например, 1992, № 6,8, 1990, № 11 и др.). Более интересны случаи ненамеренных ошибок, вызванных, например, трудностями эксперимента, или неправильной его интерпретацией, или недостатком данных. Примером может служить история с «модифицированной водой». Группа отечественных ученых под руководством Б.В.Дерягина в течение ряда лет публиковала результаты, свидетельствующие якобы о новой форме «полимерной воды», которая обладает удивительными свойствами: кипит при 300°C , имеет высокую вязкость и т.д. (см. публикации на эту тему в «Химии и жизни», 1968 № 5 и 1969, № 12). Сначала результаты как будто подтвердились в ряде зарубежных лабораторий, но затем выяснилось, что «поливода» — это просто раствор примесей. В этой связи интересно отметить, что Артур Адамсон, автор изданного в США учебника физической химии, упомянул Б.В.Дерягина в качестве примера ученого, честно и открыто признавшего ошибочность своих прежних работ.

Более свежий пример — так называемый «холодный термометр» (с его историей также можно ознакомиться по журнальным публикациям — 1990, № 6, 1992, № 11, 2001, № 9).

Конечно, самый известный пример заблуждений — это знаменитая теория флогистона, разработанная в 1697 году немецким химиком и врачом Георгом Шталем. Несмотря на свою ошибочность, эта теория сыграла положительную роль в истории химии — именно благодаря ей были объединены в единую науку разрозненные сведения о горении, коррозии, восстановлении металлов из руд, взаимодействии кислот и щелочей и т.д. Интересный факт: преподаватель химии Дж.Скотт (США) опубликовал в 1952 году статью, в которой, используя флогистон в качестве одного из «реагентов», записал уравнения ряда химических реакций и тем показал адекватность теории флогистона, по крайней мере, с качественной точки зрения («Journal of Chemical Education», July, 1952). Фактически с теории флогистона началась современная химия.

И наконец, об одной ошибке в химическом анализе, которая вызвала далеко идущие последствия. Многие слышали о том, что шпинат очень полезен, так как богат железом. Однако мало кто знает, что это утверждение неверно; оно было вызвано тем, что при печатании статьи с данными химического анализа запятая случайно сдвинули на одну позицию вправо. Соответственно результат анализа был завышен ровно в десять раз. Вероятно, это не единственная ошибка такого рода.

И.Леенсон,

по материалам книги
«Мировые рекорды в химии»

ых ученых

Всероссийская олимпиада

по органической химии

состоится в **Москве**

на Химическом факультете МГУ

11 апреля 2002 г.

в рамках конференции «Ломоносов-2002»

Фирма ChemBridge Corporation,

Химический факультет МГУ,

Высший химический колледж РАН

приглашают студентов старших курсов, аспирантов и молодых ученых
проверить свои силы в олимпийских состязаниях

Победителей ожидают награды:

Первый приз — 10 тыс. рублей

Два вторых приза — по 5 тыс. рублей

Десять наиболее интересных работ — билеты
химической лотереи ChemBridge Corporation

Заявки присылайте до 5 апреля 2002 г.,

регистрация в день проведения Олимпиады не гарантирует предоставления материалов.

Факс: (095) 956-49-48. Тел. (095) 784-77-52, 246-48-11. E-mail: chembridge@online.ru

Москва 119048, а/я 424.

<http://www.chem.msu.su/lomonosov2002/olymp>

Всероссийская олимпиада по химии



Впервые в рамках Международной конференции по фундаментальным наукам «Ломоносов-2002» (<http://www.chem.msu.ru/lomonosov2002>) на Химическом факультете МГУ пройдет Всероссийская олимпиада по органической химии (<http://www.chem.msu.ru/lomonosov2002/olymp>). Причем Олимпиада не для школьников, а для тех, кто уже всерьез занялся химией: студентов старших курсов, аспирантов и молодых ученых до 30 лет. Конференция «Ломоносов» — девятая по счету, поскольку с 1994 года каждую весну на Химфаке МГУ собираются студенты и аспиранты, чтобы представить свои научные результаты. Это единственная международная конференция, которая проходит под эгидой ЮНЕСКО (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки, культуры). Цель «Ломоносова» — развитие творческой активности студентов и аспирантов, привлечение их к решению задач современной фундаментальной науки, сохранение и развитие единого научно-образовательного пространства, установление контактов между будущими коллегами.

Фирма ChemBridge Corporation — спонсор органического цикла секции «Химия» на конференции «Ломоносов-2002» и Олимпиады. Она уже давно сотрудничает с университетом и поддерживает молодых ученых. И на этот раз фирма ChemBridge Corporation приготовила призы победителям и участникам

Олимпиады и конференции. Лучшие докладчики конференции и победители Олимпиады получают денежные премии от ChemBridge Corporation. Победители Олимпиады получают также лотерейные билеты для участия в розыгрыше суперприза (об этом можно прочитать ниже) и приглашения на конференции и школы молодых ученых, спонсируемые фирмой. Кроме того, все участники Олимпиады будут приглашены на уникальную химическую лотерею, которую фирма ChemBridge Corporation проводит 24 мая в канун Дня Химика. Организаторы лотереи разыграют множество ценных вещей, без которых невозможна работа химика-органика: роторные испарители, магнитные мешалки, наборы химического стекла, химические реактивы, а также компьютерную и бытовую технику и суперприз — автомобиль «RENAULT».

Всероссийская олимпиада по органической химии состоит из двух этапов, которые пройдут в один день. На первом этапе (он продлится два часа), надо будет ответить на 60—80 вопросов (на каждый дается четыре варианта ответов). Второй этап будет значительно дольше, так как надо успеть решить несколько серьезных задач. Кстати, задачи для разминки были опубликованы в журнале «Химия и Жизнь—XXI век», № 9, 2001 год.

Мы ждем вас!

Приходите и выигрывайте!

На денежки ВОДЯНОГО



С.Знаменский

Хотя построить новый дом дело непростое и недешевое, строят в наше время много. Проходя мимо зданий, изумляющих дороговизной отделкой, мы можем только гадать, на чьи деньги выстроены новые банки и офисы, удивляться тому, откуда берут люди такие средства. Но история знает размах и пошире. В свое время на месте небольшого Шуйского погоста вырос целый город — Петрозаводск. Более того, мы точно знаем, на чьи деньги он был построен. Его построили на деньги водяного.

Те, кто видел круглые пластинки железа и марганца, которые частенько валяются на мелководье карельских озер или же в неглубоких болотцах, согласятся, что на вид они — ну точь-в-точь старинные пятаки и копейки, затертые и выщербленные. «Денежки водяного» бывают разного размера и веса, но почти всегда они идеально круглые.

Такие кусочки металла находили многие поколения крестьян, и люди полагали, что «монетки» не могут возникнуть сами по себе: видно, наковал этих железных кругляшков в своей подводной кузнице водяной, хозяин озера.

Этот мастер всегда щедро делился своей казной с людьми. Земли Калевы издревле славились кузнецами. Неспроста один из трех главных героев «Калевалы», карело-финского эпоса, не кто иной, как кузнец — кователь Илмариинен. В «Калевале» мы находим и сведения о том, где и как добывали в первом тысячелетии нашей эры болотную руду, из которой выплавляли железо, чтобы выковать из него множество вещей, необходимых крестьянину.

*Из болот железо взяли,
Там на дне его добыли,
Принесли его к горнилу...*

Неудивительно, что, несмотря на недовольство церкви, водяные пользовались на Севере определенным почетом. Ведь озер в Карелии больше шестидесяти тысяч, и если учесть, что у каждого из них был в прежние времена свой хозяин, то получится, что в средние века число

водяных в этих краях было вполне сопоставимо с количеством людей. Откреститься от такой силы, как от нечисти, было просто нельзя, тем более что и хозяева озер относились к людям вполне благосклонно. Иной раз случалось им, конечно, перевернуть лодку с пьяным гребцом, но это, в конце концов, мелочи по сравнению с их щедрыми дарами: не только железо, но и почти половина рациона средневекового карела происходили из озера.

Веками процветало на землях Заонежских и Лопских погостов, между Свирью и Поморьем, кустарное производство железа. Однако уже в середине XVII века в этих краях появилось несколько крупных металлургических мануфактур, а к XVIII веку выплавкой металла занималась уже вся Карелия. Правда, металлургические предприятия в здешних краях принадлежали в ту пору преимущественно иностранцам, но традиции производства были свои, местные.

И вот, после многовековой шведской экспансии, в эти края устремил-



ся молодой честолюбивый царь Петр, который вознамерился отодвинуть рубежи России к Балтике. Началась Северная война. Военный арсенал тогдашней России, как мы знаем, ковали и отливали тульские мастера, но театр военных действий все время перемещался, и вооружение приходилось постоянно и, главное, быстро обновлять. Тут-то и пригодились запасы руды и металлургические традиции Карелии. Пока русские войска брали знаменитый Орешек и готовились к штурму устья Невы, на востоке творились дела не менее славные. Указом Петра I на обширной территории от Выгозера до Онего было основано несколько металлургических заводов по выплавке чугуна и железа.

Шуйскому заводу, который был основан в 1703 году в устье речки Лососинки, впадающей в Онежское озеро, выпала особая судьба. Он с самого начала стал самым крупным из полудюжины Петровских заводов — ведь основным сырьем для него стали огромные запасы «денег водяного» в устье реки Шуи и озере Логмозеро. Для металлоснабцев, привезенных из Москвы и Тулы, возле завода выстроили слободу и маленькую крепость, получившую, кстати сказать, название Санкт-Петербург. Название, впрочем, не прижилось: спустя несколько месяцев точно так же было названо поселение, основанное Петром в освобожденном устье Невы. Поселок возле Шуйского завода переименовали в Петровскую слободу — сам Петр I, вероятно, не подозревал, что это небольшое поселение еще ждет блестящее будущее.

В 1773 году, при Екатерине II, на месте старого завода соорудили новый — Александровский пушечный завод, и слобода пережила свое второе рождение. Сюда перевели центр губернии, который прежде находился в Олонце. И хотя губерния так и осталась Олонецкой, поселению по-

жаловали статус города и стали именовать его Петрозаводском.

А в 1920 году город сделался столицей Карелии, и с тех пор он стал развиваться не только как промышленный, но и как культурный и научный центр. Увы, денег водяного на все это давно не хватает. Бывший Александровский завод ныне уже не металлургический, а машиностроительный и носит название Онежского тракторного. Здесь выпускают машины для лесного хозяйства. Нужды в старых Петровских металлургических заводах уже нет.



Но кто же все-таки этот таинственный скромный чеканщик, которому Карелия обязана возникновением своей нынешней столицы? За работой-то мастера никто не видел, только плоды его труда пожинали веками жители северного края.

Лишь в XX веке дотошные ученые обнаружили удивительных казначеев водяного: их просто нельзя увидеть без микроскопа. Оказалось, что в монетовидные образования — конкреции — осаждают железо и марганец бактерии — *Metallogenium personatum* и *Siderococcus limoniticum*. В воде небольших озер Средней и Южной Карелии, бурых от торфа, содержится много железа — питающие их реки вымывают себе ложе в породах, богатых металлами. Но металл присутствует в воде озер только в виде солей гуминовых кислот, и уловить его совсем непросто. Само по себе железо в осадок не выпадает даже из более насыщенных растворов, и, если бы не металлогениумы, не было бы в Карелии запасов железной руды, пригодных для металлургии.

Те, кто изучал микробиологию, хорошо знают, что кроме мембраны, окружающей клетку, бактерии часто

имеют вторую защитную оболочку — слизистую капсулу, построенную из органических веществ и неорганических соединений. Каждый вид микроорганизмов строит эту защитную оболочку по-своему. В частности, металлогениумы фиксируют ионы металлов, содержащиеся в водном растворе, и восстанавливают железо и марганец до чистого состояния. Вообще, многие месторождения различных элементов, например серы или хрома, имеют бактериальное происхождение.

И раз уж металлогениум фиксирует железо и марганец, то в том месте, где живет бактериальная колония, разрастается лепешечка из самородного железа — откладываются оболочки умерших клеток. А поскольку растет колония в основном от центра к краю, то и образуется дископодобная структура, напоминающая монетку. На ее краях — живые бактерии, а в центре — капсулы предыдущих поколений. (Кстати, сходным образом растет и коралловый атолл.) Разумеется, чтобы «отчеканить» такую монетку, нужен не один десяток лет, но времени у маленьких казначеев предостаточно.

Средний размер монеток — около двух сантиметров в диаметре, а стало быть, «деньги водяного» — образования совсем не древние. Месторождения болотной руды появились уже в историческое время. Попытки по выращиванию монетчатых конкреций ставили в лабораторных условиях, и при подходящих условиях за несколько месяцев в чашечках Петри у микробиологов появлялись маленькие и тонкие (менее миллиметра в диаметре), но определенно подлинные денежки. Впрочем, подлинные они или нет, пусть решает водяной. Надеюсь, что в суд на непочтительных ученых за изготовление фальшивых монет он подавать не будет.



Василий Васильевич НАЛИМОВ (1910–1997), выдающийся российский математик и мыслитель, который прошел через сталинские тюрьмы и лагеря, а после реабилитации стал профессором МГУ и получил известность благодаря своим работам по использованию математической статистики для обработки экспериментальных результатов — преимущественно в области биологии. В последние годы жизни Налимов опубликовал книги автобиографического и философского содержания, в том числе философское эссе «На грани третьего тысячелетия: что осмыслили мы, приближаясь к XXI веку» (М.: Изд-во «Лабиринт», 1994). В этой небольшой и ныне мало кому известной брошюре (тираж всего 5 тыс. экземпляров) затронуты проблемы, актуальные и для нас, уже живущих в третьем тысячелетии. Предлагаем читателям «Химии и жизни» некоторые выдержки из этого мудрого произведения, подготовленные к печати В.Е.Жвирблисом.

ЖИЗНЬ и СМЕРТЬ

В.В.Налимов

*За мигмом миг в таинственную нить
Власть Вечности, бесстрастная свивает,
И горько слеп, кто сумрачно дерзает,
Кто хочет смерть от жизни отличить...*

Ю.Балтрушайтис

Двадцатый век движется к своему закату. Естественно оценить то, что мы пережили за время его развития.

Отчаяние. Войны невиданной силы — только Вторая мировая унесла 60 миллионов человек (из них 27 миллионов в нашей тогдашней стране). Репрессии невиданного масштаба. Эпидемия наркомании. Нестерпимый бандитизм и безумный терроризм.

И в то же время расцвет интеллектуальной деятельности. И безудержный технический прогресс, сметающий жизнь на Земле, покоряющий самого человека.

Все смешалось, все спуталось.

В христианстве до сих пор нет ответа на один из самых серьезных вопросов нашего бытия в Мире. Этот вопрос звучит так: в чем смысл истории?

В чем смысл массовых насильственных смертей, политических репрессий, страданий, унижений, порабощений? Отсутствие ответа обесценивает само существование религий.

Ответ на самом деле можно дать. Он звучит достаточно лаконично. Смысл истории в том, что она является космическим экспериментом. Такой эксперимент нужен для раскрытия мироздания. И мы, люди, ответственные за то, что в своей деятельности так и не стали христианами, не выполнили стоящих перед нами космических задач. Тысячелетний, а для кого-то и двухтысячелетний опыт жизни в плане этическом так ничему и не научил.

В более широкой перспективе можно сказать, что смысл существования са-

мой Вселенной состоит в раскрытии заложенной в ней потенциальности. Но как возможно раскрытие потенциальности без эксперимента? Подобные эксперименты, возможно, ведутся и в других Мирах и на других Планетах.

Что же мы видим сейчас?

Успех квазикапиталистического развития общества поразителен, но не слишком ли дорогой ценой это дается? Капитал постепенно срастается с государственными структурами, обретая невиданную по своей силе власть. Доминирующее в культуре поле смыслов сужается — на первое место выдвигается роскошь жизни. Роскошь становится чуть ли не основным смыслом жизни. Капитал становится мерой значимости человека — каков бы он ни был. Мировоззренческие проблемы, духовность, этическая ответственность — все это уходит на обочину культуры. И катастрофа — как расплата за роскошь — надвигается.

Снова поднимается вопрос о социализме.

Но возможно ли, хотя бы мысленно, представить себе общество справедливого социализма?

Думается, что нет!

Это возможно только в обществе, где допустимо неравенство. Но неравенство порождает капитализм. Цикл замыкается. Мы видим, как сейчас это происходит в нашей стране, хотя и неуклюже. И третий путь, по-видимому, невозможен, пока не изменится сам человек.

Сейчас опять, как и в далеком прошлом, снова принято говорить о конце света. Но если нам и придется погибнуть, то это произойдет от того, что человеку трудно оторваться от повседневных забот для размышления о серьезном. Нам страшны не столько атомные устройства, наркотики, террор и грабежи, сколько телевизор и компьютер. Думать стало некогда и неохота.



Электронные устройства вторглись в сознание человека и поработили его, строя некий иллюзорный образ Бытия. Создается некое новое эмоциональное поле, сотканное из насилия, нескончаемой стрельбы и диких злодейских чудовищ. Все сдобрено пустым сексом.

Культура наших дней находится на изломе. Сокрылись основополагающие смыслы, скреплявшие ее целостность. Ослабло нравственное начало, регулирующее жизненный процесс. Усиливается государственность, прибегающая к насилию, растет стремление к созданию глобализованной государственной структуры (сейчас с этим явлением активно борются так называемые антиглобалисты. — В.Ж.).

Что же мы утеряли?

Ответ здесь звучит однозначно. Мы разучились осмысливать фундаментальную для нас соединительно-разъединительную функцию жизнь — смерть.

Попытка осмыслить феномен смерти, наверно, так же стара, как стар род человеческий. Как только появилось сколько-нибудь развитое сознание, так, ви-



димо, возникла и эта проблема. Вначале осмысление смерти носило мифологический характер, затем — со времен Египта, Древней Индии и Древней Греции — начало обрести преимущественно философскую окраску.

Нам приходится согласиться с тем, что наша культура, кажется, является единственной, за всю историю человечества, лишенной единой, сколь-нибудь приемлемой для всего общества позиции по отношению к проблеме жизнь — смерть. Много написано на эту тему, но все — даже содержательное, находится где-то на обочине культуры. Иногда начинает казаться, что этой проблемой почти никто и не интересуется всерьез.

Но все-таки это не так — в подполье, в глубинах сознания, тревога смерти живет и тяжело мучает человека. Культура оказывается страдающей глубоким недугом.

С этим недугом мы приходим к XXI веку — к третьему тысячелетию, исчисляемому с момента прихода Иисуса на нашу Землю. Притаившись, замутненный образ живет в религиозном разномыс-

лии, опирающемся только на прошлое. Живет в застывшем миропонимании, в искусстве, где-то в философии, в поэзии и прозе, в медицине, иногда начинает слегка соприкасаться с наукой. Живет, оставаясь не осмысленным глубоко. Живет как трагическое вопрошание.

Мы не давали определения того, что есть жизнь и что есть смерть. Не давали потому, что не могли найти безупречного, логически завершеного построения двух аспектов одного и того же явления. Еще труднее определить, что есть материя в ее противостоянии сознанию. Конечно, студент, окончивший физический факультет, получит достаточно отчетливое представление о том, что есть материя. Но он немедленно станет в тупик, если захочет это представление осмыслить философски. А молодой человек, поступающий на психологический факультет, имеющий некоторое представление о том, что есть сознание, утратит его, заканчивая факультет. Мы должны признать, что наше знание о Мире не укладывается в жестко опреде-

ляемую терминологию. Расширение нашего знания непрестанно приводит к размытости представления об изучаемом явлении. Научным знанием становится непрестанно развивающееся научно обоснованное незнание. А иначе как бы мы справлялись с ограничительной теоремой Геделя? (Эта теорема математически строго доказывает, что абсолютная истина непостижима. — В.Ж.)

Примечательным стало то, что теперь наконец открылась возможность моста между материей и сознанием. Мы подошли к изучению запретного. Пока сделано немного, но путь открыт. (См., например, «ХиЖ», 2001, № 6, с. 26–29.) Ниже мы коротко приведем относящиеся сюда разработки. Может быть, встав на этот путь, мы подойдем к возможности начать серьезно обсуждать и тему жизнь — смерть.

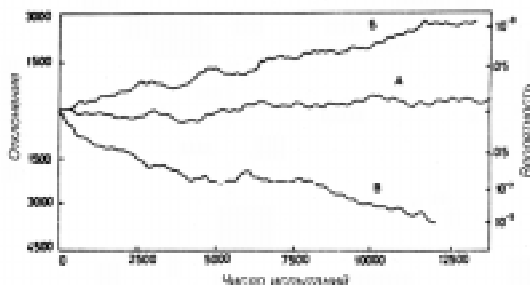
Оказывается, что существование Вселенной определяется неким набором чисел, природа которых не материальна, а ментальна. И более того, именно этот набор констант делает возможным существование нашего физического тела

(это так называемый антропный принцип. — В.Ж.). Стирается грань, отделяющая ментальное начало от материального. Материя перестает быть косной (термин введен академиком В.И.Вернадским. — В.Ж.), как об этом было принято говорить раньше. Сообщили нам это физики, а не философы. А где объяснение тому, что материя стала одухотворенной? Почему философы молчат?

Нам известны исследования, проводимые под руководством Р. Джана и Б. Данн в научно-исследовательской лаборатории аномальных явлений Принстонского университета, и по литературным источникам, и по личному участию в экспериментальной работе. Свою задачу исследователи сформулировали следующим образом: возможно ли обнаружить непосредственное (телепатическое) воздействие сознания человека на механические устройства — компьютер, генерирующий последовательность псевдослучайных чисел, и маятник, меняющий ритм своего движения. Накоплен громадный экспериментальный материал, так как регулярная работа ведется с 1979 г. Получены статистически значимые результаты, позволяющие сделать вывод, что человек способен мысленно воздействовать на механические устройства.

Гипноз широко простирается в окружающую нас реальность. Часто, убеждая другого, мы, возможно, на самом деле его гипнотизируем. Удачливый оратор или просто профессор, вдохновенно читающий лекцию, гипнотизирует своих слушателей. Политика — одна их форм массового гипноза; освободившись от него, люди не могут понять того, что с ними происходило. Спустившись вниз по шкале сознания, мы можем говорить о гипнотизируемо-

Результаты одного из экспериментов по «гипнотизированию» компьютера, выполненного в лаборатории профессора Р. Джана (ТИИЭР, 1982, т. 70, № 3, с. 63–104): кривая А — фоновая кривая, отражающая динамику квазислучайного выпадения нуля или единицы без участия оператора; кривая Б отражает стремление оператора мысленно понять кривую над фоновой; В — случай, когда оператор старается мысленно опустить кривую ниже фоновой. Не в этом ли явлении заключаются удачи и неудачи любителей азартных игр?



сти протозоа — низшей формы жизни, или даже гипнотизируемости компьютера. (Почему нет? Материалисты часто сравнивают мозг с компьютером. Если возможно гипнотизировать человека, то, согласно логике этого сравнения, возможно подобное и для компьютера. — Примеч. автора.) Сознание может простирается на всех уровнях некой, воображаемой нами шкалы. На высоком уровне сознание проявляется через тексты, генерируя и интерпретируя их. На низких уровнях мы имеем дело с квазисознанием, способным воспринимать только телепатические сигналы к некоторым действиям. Можно также говорить и о метасознании — способности воспринимать на глубинных уровнях сознания воздействия, идущие непосредственно от вселенского начала.

С философских позиций особый интерес представляет обращение к развиваемым в квантовой механике представлениям о нелокальных формах волновых функций в совместных системах. Воспользуемся здесь разъяснением П. Дейвиса: «...судьба каждой частицы оказывается связанной с судьбой всего Космоса — не в тривиальном смысле воздействия сил из окружающей среды, но в силу того, что сама ее реальность влечена в остальной Универсум».

Обращение к квантовой механике может иметь двоякое звучание. С одной стороны, нас может интересовать принцип нелокальности, расширяющий мировоззренческие границы, как мы об этом только что говорили. С другой — открывается возможность обращения к волновым представлениям при описании нейрофизиологических процессов мозга. Но как возможно применить квантово-механический подход к истолкованию смысловой деятельности сознания? Физика, естественно, не ответит на этот вопрос, пока не будет признано существование смысла как некой реальности, соприсущей Вселенной.

Сближение двух начал — мира физического и семантического — в нашей модели осуществляется через обращение к единому языку. Мы пытаемся геометризовать наши представления о сознании, то есть поступаем так же, как развивается физика, хотя обращаемся мы не к физической материи, а к смыслам. Возникла также надежда на возможность построения в будущем сверхъединой теории поля, объединяющей оба мира — физический и семантический.

Рассматривая проблему сознания — материя, нужна обратить внимание на одно примечательное и до сих пор непонятое явление. Психоделики изменяют состояние сознания человека. Изменяют радикально, открывая новое видение мироздания. Почему химическое вещество, достаточно простое, может обладать таким свойством? Наука, вклю-

чая и психиатрию, не может сказать ничего. Беспомощными оказываются здесь и духовно одаренные люди, проникшие в высшие сферы Бытия.

Остановимся, хотя бы и кратко, на работе С.Грофа — выдающегося представителя трансперсонального движения, живущего сейчас в США. Ранее, работая как врач-клиницист, он провел (еще живя в Чехии) обстоятельное, длившееся 17 лет, исследование влияния LSD (диэтиламида лизергиновой кислоты. — В.Ж.) на психику человека, построив картографию бессознательного. Наиболее интересный и обширный раздел картографии составляет уровень трансперсональных переживаний, основной характеристикой которого является не просто выход за пределы биографического опыта, но преодоление пространственно-временных ограничений.

Гроф классифицирует расширение сознания в рамках «объективной реальности» трехмерного мира и за его пределами, относя сюда соответственно переживания, связанные с эмбриональным развитием, животным и человеческим прошлым, филогенетический и эволюционный опыт, прошлые воплощения, единение со всеми формами жизни — органическими и неорганическими, внетелесный опыт, путешествия во времени и пространстве; и сложный духовный и медиумический опыт, встречи с иными существами — сверхчеловеческими, переживания архетипических и мифологических событий, встречи с духовными и божественными сущностями, интуитивное понимание универсальных символов, опыт сверхкосмической и метакосмической Пустоты и целый ряд других переживаний. (Недавно описано явление, когда некоторые космонавты, длительное время находившиеся в полете, испытывали вполне реальное, с их точки зрения, перевоплощение в другие живые существа. — В.Ж.) Существенно здесь отметить, что наш опыт работы с направленной медитацией весьма похож на результаты, полученные Грофом. Медитация — это тоже воздействие тела, определенным образом тренируемого, на состояние сознания. Действие LSD, правда, сильнее. Но все же возникает вопрос — почему медитационный тренинг действует как химический препарат?

Пока мы можем сказать лишь только то, что тело удивительным и совершенно непонятным образом воздействует на сознание. Отсюда, кстати, следует, что со смертью, несомненно, разрушается наше земное сознание. Может быть, открывается другая — космическая форма сознания? Но многое ли здесь осветила религия? Христианский рай — каким сознанием владеет душа, попавшая туда? Предполагается, что там есть теле-

сность, но другая — какая? Как влияющая на сознание?

Ощущение боли и умение видеть — это простейшие формы проявления сознания. Можно надеяться, что изучение ранних форм сознания приоткроет процесс его эволюции.

Здесь уместно обратить внимание на работы Дж.Уолда (лауреата Нобелевской премии. — В.Ж.) — нейрофизиолога с широким философским кругозором.

Автор обращает внимание на то, что нет полной ясности в восприятии боли как простейшего проявления сознания. Многие психологи говорят, что боль присуща только теплокровным животным. Но это утверждение может быть оспорено. Например, червяк, подвергнутый физическому воздействию, реагирует каждой (даже малой) частью своего тела. И в то же время известен случай мозговой операции без анестезии, не вызвавшей дискомфорта пациента. Ведутся споры и о том, испытывает ли утробный плод боль при аборте. Даже такое простое проявление сознания, как боль, не может быть однозначно фиксируемо.

Итак, грань сознания у живого не определяется. По-видимому, во Вселенной есть некая непрерывная шкала развития изначально заложенного, проявляющего себя различно на разных уровнях. Может быть, слабые формы сознания часто неуловимы для наблюдателя-ученого?

И все же биологи постепенно расширяют шкалу сознания. Сейчас — после знаменитых опытов К.Бакстера, стало ясно, что растения реагируют не только на смерть рачка, но и на все виды жизни.

Л.Уотсон пишет, что с точки зрения биологии бессмысленно даже пытаться на любом уровне проводить различие между жизнью и смертью. Сам процесс расставания с телом сейчас стал изучаться и в плане психологическом. Р.Моуди пишет: «Человек, переживший опыт умирания, не сомневается в том, что жизнь не прекращается со смертью тела». Но звучат ли эти слова убедительно для всех, кто не пережил клиническую смерть? Может ли современный критически настроенный человек воспринять то, что не подтверждено концептуально?

То, что концептуально не разработано, не становится достоянием культуры. Следовательно, оказывается социально недейственным.

Сейчас, по-видимому, нет оснований отрицать возможность реинкарнационных воспоминаний (то есть воспоминаний о предыдущих воплощениях. — В.Ж.). Но что можно сказать об их природе? Простое описание множества различных случаев интересно и поучительно. Но этого все же недостаточно.

Реинкарнационные воспоминания — одно из самых таинственных явлений нашего сознания. Свидетельство того, что сознание непрерывно во времени и, возможно, не локализовано пространственно на одной планете.

В нашей материалистически ориентированной культуре эта сторона Бытия затуманена. Хотя возможно, что систематическое обращение к детским реинкарнационным воспоминаниям дало бы возможность заблаговременно оценить особенности личности. Так открылась бы возможность индивидуального воспитания ребенка — подготовка его к месту в обществе в соответствии с его прошлыми рождениями. За каждым из нас тянется цепочка прошлых жизней. Удачлив сейчас тот, кто сам их вовремя осмыслил.

Можно ли объяснить, не обращаясь к гипотезе о реинкарнации, поведение некоторых образованных людей, вышколенных в системе сурового научного образования, когда они вдруг неожиданно устремляются в Церковь, беспрекословно воспринимая ее архаическую догматику, традицию и послушание? И еще одно наблюдение реинкарнационного поведения — взрослые люди, часами стоящие с удочкой в холодной, мутной воде, где давно уже нет никакой рыбы. Все это похоже на возвращение в прошлое. А дрожь, пробегающая по телу, когда попадаешь на площади старых европейских городов с готическими соборами или оказываешься у мраморных колонн древнего Херсонеса (в медицине это явление считается ложным воспоминанием и называется «*deja vu*», то есть как бы уже виденным. — В.Ж.).

Реинкарнационные воспоминания легче всего уловить у детей раннего возраста. К ним нужно только уметь прислушаться. У взрослых, как показывает наш опыт, реинкарнационные воспоминания может разбудить медитация, а также психоделики, как об этом свидетельствует работа Грофа. Здесь опять возникает парадокс — воспоминание прошлого происходит посредством химического возбуждения мозга живущего человека, а не того — другого, который когда-то переживал воспоминаемое. Может быть, за объяснением здесь надо обращаться к представлению о нелокальности, о которой речь шла выше?

Итак, наша позиция такова: мы снова должны обратиться к извечной проблеме и начать ее рассматривать заново, опираясь на новое знание, на опыт прожитого, на обретенный критицизм. Мы стали другими, совсем другими и сами еще этого не осознали сполна. Культура, в которой мы выросли, одряхлела. Теряя свою привлекательность, она становится грозной и разрушительной. Рушатся и привычные жизненные уклады, и внешняя среда обитания. Уходят из поля зрения смыслы, облагораживающие человека, — их даже стали обзывать идеологией. Теряется связь между запредельным началом жизни. На смену духовности приходит безграничная устремленность к жизненному комфорту. Опять как в Древнем Риме в дни его усталости.

В наши дни одряхлелость культуры проявляется прежде всего в устремленности к узкой специализации. Жизнь становится такой, что каждый из нас, интеллектуалов, посвящает свою энергию, как правило, какой-нибудь одной теме. Крайняя специализация способствует быстрому росту. Но за это приходится дорого платить — отказываясь от широкой постановки проблем. Утеряно взаимодействие между отдельными направлениями мысли. Так мы потеряли фундаментальную проблему жизнь — смерть.

Наука на протяжении последних десятилетий существенно отошла от суровой механистической настороженности. Облик ее стал меняться. Но все же она не может воспринять религиозное — особенно христианское миропонимание. Правда, оказалось возможным выявить некоторые параллели с восточной религиозной мыслью (имеется в виду представление о квантовой нелокальности. — В.Ж.), но это все же не внесло ничего существенно нового ни в научные построения, ни в культуру в целом. Хотя стало ясно, что в обоих направлениях мысли мы опираемся на одни и те же архетипические представления, уходящие в наше бессознательное.

С наукой трудность состоит в том, что она по-своему эзотерична. Проникнуть в ее глубины может только тот, кто получил серьезную подготовку.

Трудность религиозной мысли заключена в ее статичности. Именно в



АРХИВ

силу этого она совершенно не совместима с наукой.

Религии не свойственно задавать нескончаемые вопросы. Она не может развивать свои представления путем свободного творчества. Над нею довлеет неизбежное прошлое, тогда как наука, в своем творческом порыве, легко откачивается от того, что еще совсем недавно казалось непоколебимым.

Но есть трагическая дефектность и у науки. Наука сегодняшнего дня, как и теология, ищет встречу с вечностью. Но поиски идут различными — несходящимися путями. Религия идет путем традиции, установившейся раз и навсегда, будучи зафиксированной верой. В науке также есть традиция — она-то как раз и допускает свободный выбор. Есть и вера — вера в силу свободной мысли. Но нет умения глубоко переживать достигнутое знание. Нет духовного и соответственно морального возрастания от вновь полученного знания.

Остается открытым вопрос — как может быть осмыслена фундаментальная дилемма жизнь — смерть, если культура не готова выступать как целостное образование, как метаинтеллект, не раздробленный на части.

И все же надежда есть.

Прежде всего хочется обратить внимание на то, что начавшееся раскрытие темы сознание — материя дает возможность отчетливо сформулировать утверждающую часть вопроса — что есть смерть перед лицом жизни? Через это может открыться путь к серьезному, логически состоятельному диалогу.

В чем же смысл философских размышлений о будущем? Ответ на этот вопрос звучит достаточно просто. Философски мыслящие люди, озабоченные судьбами жизни на планете, должны готовить общество к предстоящей вспышке новых идей глобального масштаба.

Нужен новый ментальный потенциал.

Нужны и харизматические личности, готовые его воплотить.

Некоторые философские произведения В.В.Налимова

1. Вероятностная модель языка. М.: Наука, 1979.
2. Спонтанность сознания. Вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. М.: Прометей, 1989.
3. Мы стоим перед тайной... Alma Mater, 1993 № 2, с. 17–22.
4. В поисках иных смыслов. М.: Издательская группа «Прогресс», 1993.
5. Разбрасываю мысли. В пути и на перепутье. (Посмертное издание). М.: «Прогресс-традиция», 2000.



Антиномии естествознания

Упорно обсуждавшаяся покойным профессором Налимовом проблема взаимоотношений между жизнью и смертью, материей и сознанием, давно известна философам и называется проблемой антиномий. По определению антиномия — это противоречие между двумя взаимоисключающими положениями, одинаково убедительно доказуемыми логическим путем. Так, логическим путем можно одинаково убедительно доказать и то, что Бог есть, и то, что Бога нет (вспомним хотя бы знаменитый спор Остапа Бендера с ксендзами, строгая логика которого сводилась к простым категорическим утверждениям «да»–«нет»)...

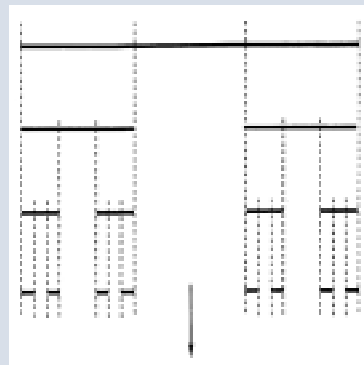
Физический мир полон антиномиями, корень которых лежит в противоречии между материализмом и идеализмом, между экспериментально наблюдаемыми явлениями природы и их теоретической интерпретацией.

С точки зрения классической теории мир континуален (то есть представляет собой непрерывное целое) и бесконечен, что позволяет использовать для его описания методы дифференциального и интегрального исчисления; он совершенно детерминирован и симметричен как в пространстве, так и во времени; в нем происходят лишь строго обратимые процессы, ведущие к неуклонному выравниванию всех потенциалов и прекращению процессов эволюции в результате возрастания энтропии, то есть к неизбежности вселенской (а не только индивидуальной биологической) смерти.

Вместе с тем для экспериментатора мир дискретен и конечен, что приводит при попытках его теоретического осмысления к так называемым расходимостям — не наблюдаемым в природе бесконечно малым и бесконечно большим величинам. В реальном мире существует явное нарушение симметрии, наличие процессов самоорганизации вещества, «стрелы времени», явлений жизни и эволюции.

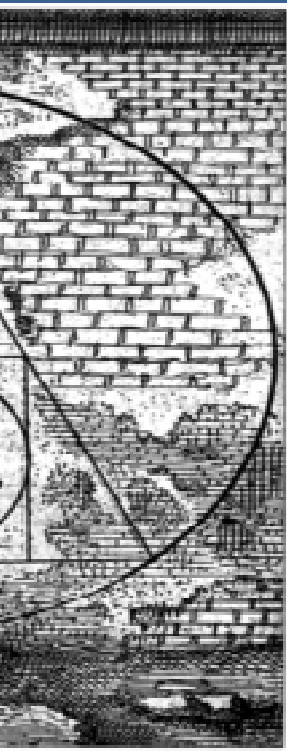
Попытки совместить эти две точки зрения в рамках одной философской и физической мо-

1 Схема построения простейшего фрактала — множества Кантора



2 Схема фрагмента простейшей двумерной модели мира Кантора—Маркова—Шубликова—Эверетта: черные и белые поля соответствуют веществу и пространству, в котором они находятся (любопытно, что эта схема очень похожа на «символ мира» художника Н.К.Рериха)





ГИПОТЕЗЫ

дели до сих пор не привели к каким-либо вразумительным успехам.

Так, если вдуматься, то можно прийти к выводу, что мир классической физики тяготеет к идеализму, а мир физики экспериментальной — к материализму. Однако все не так уж просто. Например, классическая физика отрицает существование ментального начала как самостоятельной сущности. Но чем же тогда, как не чистыми размышлениями, оторванными от реальной действительности, занимается физик-теоретик? А физик-экспериментатор, вроде бы твердо стоящий на материалистической позиции и еще более категорически отвергающий реальность сознания, ничтоже сумняшеся пользуется аппаратом классической физики.

Но недавние физические эксперименты (доказавшие реальное существование так называ-

емой квантовой нелокальности, то есть некоего вселенского единства всего со всем, привели физиков в полнейшее недоумение, в результате чего даже возникло странное понятие «квантовая философия» («В мире науки», 1992, № 9–10, с. 70–80).

Таким образом, складывается впечатление, будто в природе существует два мира — с одной стороны, несовместимых, а с другой стороны, взаимно дополняющих друг друга. Но нельзя ли их объединить в рамках одной физической модели?

Подобную модель можно построить, используя теорию фракталов (в основе которой лежат так называемые множества Кантора, существование самоподобных структур, в которых каждая часть подобна целому), представление об антисимметрии, созданной академиком А.В.Шубниковым, а также гипотезы академика А.М.Маркова о «вложенных мирах» и Х.Эверетта о «параллельных» мирах. (Мысли последнего в художественной форме изложены во многих произведениях писателя Х.Маркеса — например, в его рассказе «Сад расходящихся тропок», и в романе Р.Шекли «Обмен разумов».)

Начну с конца. Единичные квантовые события носят сугубо вероятностный характер, — например, невозможно совершенно точно определить траекторию единичного электрона или момент распада того или иного радиоактивного атома, но поведение ансамблей квантовых объектов вполне предсказуемо. Это противоречие Эверетт предложил решить таким оригинальным образом: в момент каждого квантового перехода мир как бы расщепляется, и каждый из двух возникающих «параллельных» миров, отличающихся друг от друга лишь одной деталью, начи-

нает существовать самостоятельно, и этот процесс идет непрерывно, так что число «параллельных» миров растет до бесконечности. Несмотря на экстравагантность гипотезы Эверетта, она была вполне доброжелательно воспринята научной общественностью.

Существование множества различных миров допускает и теория, согласно которой наряду с миром «левого» знака геометрической симметрии может существовать противоположный ему по знаку «правый» мир; при столкновении таких миров должна произойти аннигиляция наподобие аннигиляции электрона и позитрона, ведущего к превращению вещества в электромагнитное излучение. Но где находятся «параллельные» миры и антимир?

Согласно Кантору, простейшую фрактальную самоподобную структуру (любая, сколь угодно малая часть которой подобна бесконечно большому целому) можно построить, например, так. Из отрезка конечной длины следует вырезать одну треть, потом каждые два оставшихся отрезка разделить вновь на три части и вырезать их серединки — и поступать так далее до бесконечности (рис. 1); причем подобный процесс можно продолжать не только вглубь, но и вширь. В результате получится бесконечное множество бесконечно малых отрезков, заполняющих бесконечно большое пространство. С одной стороны, это множество «пустое» — в нем вроде бы ничего не остается. Но с другой стороны, если бы каждая точка такого одномерного множества светилась, то светилась бы и вся бесконечно большая линия, состоящая вроде бы из «ничего».

В свою очередь, академик Марков предположил, что каждая элементарная частица (например, электрон, который он назвал «фридмоном») равнове-

нен всей нашей Вселенной, а вся наша Вселенная представляет собой тоже «фридмон». То есть что Вселенные различных (причем весьма существенно различных геометрических и временных масштабов) как бы вложены друг в друга наподобие матрешек. Из этого следует, что «параллельные миры» следует искать не где-то вдали от нас, а внутри и вне нас.

Наконец, согласно теории академика Шубникова, вещество и пространство антисимметричны — относятся друг к другу примерно так же, как белое относится к черному. Вещество и пространство — как бы черные перчатки с белой подкладкой (или наоборот). Естественно, что после выворачивания наизнанку «левая» белая перчатка превратится в «правую» черную перчатку. По сути дела, эта теория (успешно используемая в кристаллофизике) представляет собой принцип сохранения комбинированной четности — зарядовой, пространственной и временной.

А что, если совместить модели Кантора, Эверетта, Маркова и Шубникова? Тогда все антиномии естествознания автоматически ликвидируются (рис. 2). Такой синтетический мир может совмещать в себе как конечность, так и бесконечность, как локальность, так и нелокальность, как строгую геометрическую симметрию, так и нарушенную симметрию, как процессы распада, так и процессы созидания. В таком мире есть и жизнь, и смерть как некие взаимно дополняющие друг друга сущности; в таком мире материя и сознание неотделимы друг от друга.

Более того, в такой синтетической модели возможны и мысленные (только мысленные, но не физические!) переходы из одного мира в другой, из настоящего в будущее, и наоборот, а также возвращение в настоящее (рис. 3). В этом, возможно, и заключается смысл представленный об инкарнационных воспоминаниях, о которых пишет Налимов, а также аномальных проявлений человеческого сознания, способного при определенных условиях выходить за пределы пространственно-временных ограничений.

В.Е.Жвирблис

По материалам статьи автора, опубликованной в журнале «Сознание и физическая реальность» (1996, т. 1, № 1–2)

3

В мире Кантора—Маркова—Шубникова—Эверетта может существовать множество временных линий — как бы стопка бесконечно большого числа сценариев (t_1, t_2, t_3 и т.д.), позволяющих сознанию человека перемещаться между ними не только в материальном теле в режиме реального мирового времени T (переходы $a \leftrightarrow b, в \leftrightarrow г, д \leftrightarrow е$), но и мгновенно в состоянии измененного сознания — например, при клинической смерти ($б \leftrightarrow в, г \leftrightarrow д, е \leftrightarrow ж$), а также под действием гипноза, психоделиков, медитации и даже навязчивых свето-цвето-музыкальных ритмов современных дискотек



Неточная копия

Елена Клещенко



*Рассказ не содержит намеков
на реальные лица или события.
Все совпадения случайны.*



ФАНТАСТИКА

Объездное шоссе плавно бежало по полям и лесочкам, карабкалось в горку и весело катилось вниз. Стас всегда тут ездил, когда возвращался с родительской дачи прямо на работу. Трасса в понедельник утром — одна большая пробка. Сорок-пятьдесят минут простоишь, и выйдет по времени те же полтора часа, а по сожженному бензину все три. Гораздо лучше начать трудовую неделю с созерцания родных просторов.

С горки открылся очередной вид: мостик через речку, заросшую тростником, за речкой лес, и у леса на обочине — тоненькая девичья фигурка с поднятой рукой, а рядом огромный рюкзак.

Знаем мы эти маленькие хитрости, сказал себе Стас. Всё продумано: добрый водитель останавливается, нежный головок просить подбросить, водитель соглашается, барышня машет ручкой, из-за ближайшего куста вылезает ее кавалер куда менее трогательного телосложения, а то и два кавалера. Так мы и поверили, что эта прелестная автостопщица в одиночку таскает рюкзаки больше нее самой... Он ворчал про себя, но уже включал правый поворотник и сбавлял скорость. Не так он был воспитан, чтобы проезжать в пустой машине мимо голосующей дамы.

- Извините, вы в Москву?
- В Москву.
- Подбросьте меня, пожалуйста.
- Садитесь. Рюкзак в багажник положим.
- Спасибо большое.

Из кустов никто не вылез. Стас открыл багажник, сдвинул в сторону барахло. Девушка подняла рюкзак за лямки и аккуратно водворила его на указанное место. Молодчина, подумал Стас. Если там у нее палатка, то выходит, первое впечатление и вправду обманчиво. Ни к чему ей какие-то кавалеры.

- Станислав.
- Очень приятно. Юлия.

Именно Юлия, а не Юля? Да еще так сурово, будто ее имя ей самой страшно не нравится.

- Путешествуете?
- Немножко. По Подмосковию.
- А так чем занимаетесь? Учитесь?
- Поступаю. Работаю лаборантом. А вы, Станислав?
- Химик. Науку двигаю то есть.
- Ага.

На этом разговор остановился. И хорошо: Стаса вполне устраивала поездка в молчании. Девушка угрюмо глядела перед собой, и даже не на дорогу, а куда-то на сигаретную пачку, лежащую у лобового стекла.

- Курите?
- А? Нет, спасибо.

Дождь продолжал накрапывать. Странноватая девица. А что, собственно, странного? Одета почти по-городскому, в светлую ветровку и джинсы, никакого нейлона флуоресцентных цветов, в который любят наряжаться профессиональные стопщики. Но если подумать, это как раз нормально. Круглое личико — вроде бы и красивое, но мрачное какое-то, что ли. И черная коса. Нынешние

молодые девчонки не так уж редко носят косы, и брюнетки в наших широтах — давно не диво, а все же эта чернота останавливает внимание. Волосы густые, почти без блеска, вьются крупной волной. А носик тонкий и короткий, абсолютно европейский. Ну и что? И все-таки — странноватая девица...

Впереди возник уныло тарахтящий трактор с прицепом, похожим на гигантскую газонокосилку. «Сейчас обойдем», — сказал Стас, прибавляя скорость и выезжая на встречную полосу. Краем глаза увидел, что Юлия повернула к нему голову, и собрался пошутить — мол, машина-зверь, трактор обгоняет, запросто... но вместо этого, забыв о тракторе, съехал на обочину. Не то чтобы руки затряслись, но не мог он одновременно вести машину и рассматривать ее!

- Что такое?
- Нет-нет, ничего, все в порядке, — ошеломленно сказал Стас. — Предупреждать вообще-то надо... То есть извините... Скажите, Юля, вам никто не говорил, что вы похожи на одну знаменитую писательницу?
- Правда? И на какую?
- На Мэй Стоун.

Похожа — слабо сказано. Он отлично помнил фото писательницы, ее лицо, даже к старости не утратившее некоего ведьминского шарма: округлые скулы, тонкие, не нашего очерка губы и тяжелый, почти мужской взгляд. Все это было известно в определенных читательских кругах не хуже, чем горбатые носы братьев Стругацких или бакенбарды Айзека Азимова.

Так вот, не то что похожа, а просто-напросто то же самое лицо, что на старом черно-белом фото, и тот же ракурс: глядит чуть в сторону и вниз, в атлантические волны, надо полагать. Юная Мэй Пинетти из Далласа, штат Техас, направляется в Европу на теплоходе, потомке «Титаника», чтобы поступить в английский женский колледж. По крайней мере, так она сказала родителям, но мы-то знали еще задолго до первых прорех в железном занавесе, что ни в какой колледж юная Мэй тогда и не пыталась поступать, а вышла замуж за Джона Стоуна (кто бы он ни был) и стала писать научную фантастику. Мэй Стоун, которую иные российские фэны с примитивным юмором называют Майский Камушек, буквально переводя имя с английского (зато «бабушкой фантастики», как, например, Андре Нортон, ее никто не назовет — не идет к ней «бабушка»); она же Кэй Стоун, она же Марк Пинетти — женщин-фантастов в те времена публиковали неохотно... Только Мэй косы не носила, на всех фото она с кудряшками — но кудряшки, однако, такие же черные, то есть на ранних фотографиях черные, а на поздних, времен премии Небьюла, уже с проседью...

- Десять баллов, — с мрачным удовлетворением заявила Юлия. — Угадали. Хотя не так похожа, как могла бы.
- Вы ее родственница?
- Я ее клон.
- В смысле?
- В прямом. Как овечка Долли. Только не шотландской овцы, а Мэй Стоун.

Если это шутка, то несмешная, подумал Стас. А ведь нет, не шутка. Подсадил, называется, попутчицу! И не выкинешь

ее под дождь с таким-то рюкзаком... И что теперь делать? Жалко ее, надо хотя бы выяснить, насколько она, так сказать, сдвинутая — а то пропадет в Москве, если начнет рассказывать всем встречным, что она вроде овечки Долли.

— Станислав, держите ваши мысли при себе.

— Я ничего не сказал.

— У вас на лице все написано. Между прочим, это не я к вам лезла с Мэй Стоун, а вы ко мне. Надо было соврать, что родственница, троюродная там внучка или племянница. Хотя я однажды так соврала. Лучше бы промолчала.

— Почему?

— А тип оказался российским агентом Камушкиных наследников. Сразу весь встрепенулся и начал ко мне приставать: имею ли я претензии на долю в наследстве. Я его успокоила, что я, мол, незаконная и с американскими родичами ничего делить не желаю. Но потом все равно боялась одна ходить. Стукнут по кумполу, и привет... А вы-то, Станислав, не имеете отношения к книжному бизнесу? В лицо Мэй знаете, и вообще...

— Нет, не волнуйтесь, я просто фэн. То есть даже не фэн, а так... Любил ее книги в детстве, да и сейчас люблю.

— Фэны тоже бывают разные, — буркнула Юлия. — Извините.

— Ничего. — Стас помолчал и затем осторожно сказал: — Вообще-то мне казалось, что овечка Долли была совсем недавно. Разве такие операции делали столько лет назад? Я хочу сказать...

— Овечка Долли была недавно, — подтвердила Юлия, — а операции делали. Не под контролем Департамента здоровья, конечно, а в частной лавочке. Вы, наверное, слышали, что ничего нового шотландцы не придумали, только мелочи доработали. А на мышах, на лягушках это пробовали еще когда!.. Но такие эксперименты на людях государство не одобряло. Хотя и не запрещало, так что фирмачи делали. Их спонсировала какая-то безумная религия. Ну и с клиентов, конечно, деньги брали.

— И что, Мэй Стоун... — Стас уже не знал, верить или не верить. Действительно, про лягушек-альбиносов из икринки бурой лягушки им биологичка еще в школе рассказывала. И газеты писали что-то такое про индустрию суррогатных матерей на Западе. И про религиозную организацию, финансирующую эксперименты на людях, тоже писали, и про детей от знаменитостей за большие деньги.

— Ну да. Она вообще, как я поняла по маминым рассказам, была дама с большим приветом. Вы извините, Станислав, если что не так... В общем, своих детей у нее не было, вот ей и захотелось, чтобы ее гены остались в генофонде планеты. Не дочек или внуков захотелось, а просто чтобы жили на свете такие девочки. А моя мама еще раньше оказалась в Америке и не смогла вернуться. Так получилось. Она подписала какое-то там письмо, то ли за Тарковского, то ли за Сахарова, и ей в посольстве добрые люди наемкнули.

— Ага, — сказал Стас. Он и раньше замечал, что нынешние сопляки ни черта не знают о героических деяниях отцов и дедов-диссидентов, будь это даже их собственные предки.

— Вот. А тогда денег у мамы не было, совсем. А тут объявление в газете, что, мол, приглашаются женщины до тридцати лет, образование и знание языка значения не имеют. Мама пошла, анализы сдала. Ее отобрали вместе с другими, мама говорила, желающих была целая очередь, а осталось всего человек двадцать. А Мэй очень умилилась, что мама русская. У нее же, у Мэй, под конец жизни всякие коммунистические заморочки были, вы знаете? Так она лично пожелала, чтобы именно с мамой все прошло удачно и чтобы она когда-нибудь вернулась в Россию.

— Они с Мэй общались?

— А почему бы и нет? Эта фирма все оформила юридически. В принципе, конечно, это было не против закона. Но знаете,

врачебная тайна, этика и все такое... Составили договоры, у мамы экземпляр где-то до сих пор хранится. Мэй подписалась, что не будет публично рассказывать об операции и отбирать девочек у матерей, а все женщины — что не будут претендовать на ее материальную помощь или на долю наследства. Кстати, мама чего-то из ее книжек читала еще раньше, до отъезда. («Легионеров», больше нечего было, машинально подумал Стас.) Она прикинула и решила, что все складывается очень здорово. Дочку она всегда хотела, а что без отца — не беда. Денег ведь заплатили немерено, и на домик хватало, и на жизнь. И была вроде как гарантия, что я не дурой вырасту, раз от самой Мэй Стоун. Короче, все процедуры сделали... Нет, я на маму никогда не обижалась. У нее выбора не было. А когда в Союзе началась перестройка, мама продала дом, купила квартиру в Москве, и мы вернулись. Мне был годик. А когда мне стало четыре, Мэй Стоун умерла у себя в Далласе. Мама потом мне рассказала, что она хоть и грех, а вздохнула с облегчением, когда прочла заметку об этом.

Ту самую заметку в «Комсомолке», с фотографией Мэй Стоун, Стас помнил прекрасно. Нам было тогда столько же, сколько сейчас Юлии, сообразил он. А ей, значит, было четыре года. То есть не ей, а *им*.

— Скажите, Юля, а другие девочки? Что с ними?

— Не знаю. Мама после операции не встречалась с другими женщинами и даже фамилий их не знала, только имена некоторых. Эта операция, им говорили, не всегда удается. Точнее, очень редко. Может, других и нет, маме одной повезло... Ха! Это мы только потом поняли, как нам повезло. Мама ведь не представляла, как у нас любят фантастику, — в смысле, не знала, как сильно любят. Она сама не очень увлекалась. А может, раньше и не так любили... В общем, класса с девятого мне жизни не стало. Узнают. Вот такие умные, как вы, Станислав.

— Извините.

— Да не за что.

— А часто узнают?

— Нет, к счастью. Зато когда узнают, то сразу проблемы. Ведь если человек знает, как выглядит Мэй Стоун...

— То он ее агент.

— Не обязательно ее. Один, который меня вычислил, нас с мамой просто достал. Звонит, приходит, меня на курсах подкарауливает.

— А чего он хочет?

— Купить у меня любые мои рукописи — по цене, которую я сама назначу! Ничего себе, да? — весело хмыкнула Юлия. — Хоть детские стихи, хоть школьные сочинения, хоть письма подружкам. Мы сначала пытались как-то отвертеться, но он как-то выяснил про маму — откуда у нее деньги тогда взялись. Мы ему говорим, что у нас нет прав на имя Мэй Стоун, а он — «это моя забота». Мама ему — я расписку давала, а он ей — «но вы же не обещали, что запретите дочери заниматься литературным трудом!» Гад какой-то скользкий. Вам же, говорит, хочу помочь, мне же потом спасибо скажете.

— Да-а!.. — только и проговорил Стас. Он всю жизнь прожил в Москве и хорошо знал, что обычно означает фраза «вам же хочу помочь». — Юлия, а вы не пишете? — спросил потом.

— Нет. — Она мотнула головой так, что коса свалилась с плеча за спину. — Нет, Станислав, мне все это неинтересно. Пошли они все к черту, мне поровну, за кого они меня считают. Я на мехмат буду поступать.

Стас почувствовал холодный сквознячок на затылке. В своих интервью Мэй всегда поминала математику как несбывшуюся любовь: «То, что литератор зовет бесконечностью, для математика имеет предел, но то, что математик зовет бесконечностью, литератор не в силах вообразить».

Мокрый лесок расступился, впереди возникли шестнадцатизатяжки спального района. Стас перестроился в средний ряд,

осторожно косясь на Юлию. Жалко, что не рассмотрел ее как следует там, на шоссе. Кажется, прообраз-то был пошире и в плечах, и в талии. Но это ведь не только от генов зависит, а от другого: от харчей, от моды на женскую красоту — джинсы вместо платьев с оборками. И косу эту она, конечно, специально отрастила, чтобы меньше быть похожей.

А толку-то? Знает ли эта девчонка, что, собираясь на мехмат, она все равно повторяет свой прообраз? Нормальная юная москвичка, младенчество пришлось на перестройку, детство — на экономический кризис, и в то же время никуда не деться — это она. Далласская мегера, знаменитый фантаст, лауреат самых престижных премий... а когда-то Мэй Пинетти, молчаливая черноволосая девочка с большими математическими способностями. Итальянка наполовину, по отцу. Та. А эта? У этой отца не было, зато были две матери: прагматичная диссидентка, которую она так искренне зовет мамой, и знаменитая писательница. Чертовня какая-то!

Юлия-Мэй поймала его взгляд.

— Где вас посадить? — спросил он.

— А вы куда?

Он ответил, что в университет.

— И мне туда же. В главное здание.

Стас подрулил прямо к ступенькам центрального входа и затормозил у бордюра. Светского прощания, однако, не получилось. Юлия потянула на себя ручку, но тут же прикрыла дверь. Глянула на Стаса, как-то потупилась, обернулась к окну, потом снова к нему.

— Что-то не так?

— Станислав, извините, мне очень неудобно... Можно, я с вами доеду до химфака?

— Так вам на химфак?

— Нет, просто... там один тип. Вон, стоит на цоколе под девушкой.

Стас вытянул шею. У ног бронзовой девушки с книгой действительно стоял парень в сером свитере и модных мешковатых штанах.

— Ага. И что за тип? Маньяк-убийца?

— Ох, если бы! Это Камушкин фэн!

— Вон как даже!

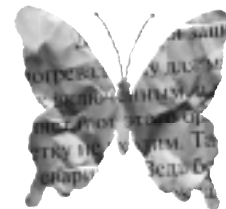
— Полный фэн, то есть вообще безбашенный! Мы с ним встретились на олимпиаде по математике, вот здесь же, а он теперь тут учится на первом курсе. И теперь за мной все время ходит, пристает: чем на самом деле кончились «Легионеры Юпитера»? Эрвин этот погиб или нет? Я знаю, говорит, кто ты, и поэтому что тебе стоит, ты же не можешь не знать! Одно только слово!.. Станислав, пожалуйста! Я его боюсь!

— Ну хорошо, ладно, не волнуй... тесь. — Стас едва не перешел на «ты»: уж очень внезапно ее суровую умдренность уникальным жизненным опытом сменила трогательная просьба о помощи. — Так он что, не понимает, что вы... э, другой человек?

— Он псих, — пояснила Юлия. — У него крыша съехала на этих «Легионерах».

— Серьезно говоря, книга действительно сильная.

Стасу почему-то захотелось заступиться за психа в сером свитере. У него самого когда-то крыша съезжала на «Легионерах». И они с другом Андрюхой до хрипоты спорили, погиб Эрвин или долетел, — им обоим хотелось, чтоб долетел, но придумать хорошее физическое обоснование никак не получалось... Старую Мэй об этом спрашивали чуть ли не в каждом интервью, но она так и не раскололась: предлагала подумать самим. Вспомнив все это, Стас с трудом преодолел искушение задать сей идиотский вопрос своей пассажирке. Ибо псих-то прав: ведь она — это же молодая Мэй Стоун! Она ее генетическая копия — у нее мозги по необходимости дол-



ФАНТАСТИКА

жны работать так же. Достаточно вникнуть в ситуацию, описанную в романе, и она догадается. Так?

Да нет, чушь собачья. Она — другой человек. Она выросла в иной культуре, не читала Уитмена и Китса, и неизвестно, читала ли Пушкина. Она не любит фантастику. Она, в конце концов, лет на пять моложе, чем была Мэй, когда писала «Легионеров». Поэтому — молчи, дурак, не пугай девочку!

— Лучше бы она была послабее, эта книга, — помолчал, ответила Юлия. — Он мне надоел, — добавила, имея в виду психа.

— А вы бы сказали ему, что Эрвин не погиб, — с улыбкой предложил Стас, снова обидевшись за фэна.

— Можно, но неизвестно, какие у него дальше возникнут вопросы. Раз ответишь, потом не отвяжешься. Вдруг захочет, чтобы я продолжение писала. С ножом у горла. — Она произнесла это отрешенно, без злости и без юмора, так, как вообще-то не должны говорить столь юные создания.

Они уже повернули к химфаку, и Стас теперь разглядел, что глаза у нее не карие и не серые, а влажно-зеленые — как светлые камушки в холодной морской воде. А у той какие были глаза? Вроде тоже светлые, на фото не разобрать.

— Куда же вы теперь с таким багажом? — спросил он, когда вытаскивал ее рюкзак.

— В общагу. — Она кивнула на главное здание. — Там подруга живет, палатка на самом деле ее. Пройду через зону В.

— Так подруга, может, еще спит?

— Ну, сразу не пойду, подожду полчаса. Посажу где-нибудь в кофейне.

— Кофейни закрыты. Пойдемте, Юля, ко мне в гости, в лабораторию. — Он встретил ее холодный взгляд и улыбнулся: — Про «Легионеров» спрашивать не буду: я, может, и фэн, но не безбашенный. Просто составите мне компанию, попьем кофе вместе. А то мне неудобно, если вы так уйдете.

Она ответила просто:

— Ладно, спасибо.

В лаборатории, конечно, никого еще не было. Стас снял с полки чайную колбу, залил ее до половины — на двоих — и зажег горелку.

— А можно, я позвоню от вас? — спросила Юлия.

— Да, конечно. Вон телефон.

Он зашел за шкаф и, пока искал сладкие галеты и обломки шоколадки, слышал ее голос.

— Але, мам, это я. Доехала. Я в университете. Все нормально. Не, честно, все хорошо. Еще не заходила, сейчас зайду. Ладно. Постараюсь. Ну целую! — и повесила трубку.

— Через пару минут закипит, — сказал Стас. — Чай, кофе?

— Чай, если можно.

Он удивился: чтобы учащаяся юная барышня ранним утром захотела чаю, а не кофе? Или уже язву заработала?.. Ну да ладно — пусть будет чай. Всыпал заварку, накрыл горлышко куском фольги и укутал колбу полотенцем. Повисла пауза.

— Мама о вас беспокоится? — нарушил молчание. Хотя, отметил, не самая удачная реплика, конечно.

— Мама? Да... — рассеянно ответила она и вдруг добавила: — Мама прочитала где-то, что клоны, ну... что такие организмы стареют быстрее. Если клетка взята у старого донора, якобы там что-то происходит с хромосомами. И к моему возрасту надо присчитывать возраст ее, Мэй. Не прямо, а с каким-то коэффициентом, но все равно...

— Юля, я бы на месте вашей мамы не придавал значения всяким спекуляциям, — произнес Стас нарочито спокойно. — Мало ли что пишут! Я не думаю, чтобы это было точно известно. Откуда?

— Ну да, — так же спокойно сказала Юля. — Я и не верю. Ну как это может быть — ДНК же не изменяется?

— Я тоже так считаю.

Так ли? На самом деле Стас слышал о том, что происходит с ДНК у старых организмов, слышал от приятелей биологов, но сейчас ему было спокойнее думать, что ДНК не изменяется... Теперь он понял, что делало сходство таким полным: грусть и отчужденность. Вот что таилось и улыбке американки Мэй, и в усмешке москвички Юлии. Одиночество. Полвека назад: отчужденность молодой женщины, которая полезла в мужской бизнес, — ото всех здравомыслящих граждан, от ученой семьи; и сегодня: отчужденность курьеза, выродка — одиночество человека, которого принимают за кого-то другого. А тут еще это. Да, сейчас он вспомнил: Мэй умерла от скоротечного рака, а предрасположенность к нему вроде бы передается по наследству. Вспомнил, но оставил эту информацию при себе.

Потому и продолжил с уверенностью, на какую был способен:

— Да, ДНК не изменяется с возрастом. По крайней мере, меня так учили. Я, правда, химик, а не биолог, но, полагаю, сейчас и химики про ДНК знают достаточно.

— А чем вы занимаетесь, Стас?

— Ну, чем?.. — Он обрадовался, что она заговорила о другом, и напрягся: как объяснить все их заморочки вчерашней школьнице? Но начал рассказывать. Юля кивала. Слушала и кивала. Спыхватившись, он наконец разлил чай по стаканам. Пар стремительно заструился вверх — в комнате было холодно. Девочка набрала чай в ложку и стала капать из нее в стакан, стараясь попасть точно в середину. Круги разбежались и сходились, отражаясь от стенок, пульсировали. Юля, кажется, целиком ушла в это медитативное занятие, и Стас догадался, что она не очень-то его слушает.

— Заболтал вас, да? — усмехнулся.

— А вы не пробовали производную брать?

— От чего? — не понял он.

— Я хотела сказать: вы не пробовали продифференцировать вашу функцию? Ну, эту, про которую вы сейчас говорили?

Она держала ложку в левой руке. Все правильно: злые языки болтали о Мэй, что она только прикидывается левшой, подражая Леонардо да Винчи. Э, нет, невозможно так прикидываться! Тонкие гибкие пальчики Юлии вертят ложку быстро, изящно и, главное, явно бессознательно!

— Нет, еще не пробовали, — ответил он. — Мы вообще только что ее получили. А я сам в математике не очень разбираюсь, я экспериментатор. Но — попробуем, спасибо за идею. — Он улынулся.

— Пожалуйста, — ответила она вполне серьезно.

В общем, попили чаю, потолковали о проблемах поступления в университет, о конкурсе на мехмат, о льготах для медалистов и победителей олимпиад — справедливы они или нет. Юля улыбалась, аккуратно отламывала дольки шоколада. Наконец встали, обменялись прощальными вежливостями. Стас помог ей надеть рюкзак и прикрыл за ней дверь. Провожать к выходу из лаборатории было бы уже перебором.

А может, еще увидимся, думал Стас, ополаскивая стаканы. Москва велика, но кампус мал. Зря я ей не рассказал, что в

случае неудачи надо непременно апеллировать, не отказываться из ложной гордости.

Что за черт, приятель, влюбился ты, что ли? Да нет, ерунда. Просто славная девочка. А в самом деле — романтическая история. Нет, скорее дурацкая, чем романтическая. Чего только на свете нынче не бывает. Вот на этом и порешим. Чайку попили, пора за дело.

Он должен был сегодня набирать статью. Включил компьютер, взял распечатки с графиками. Насчет математики — это чистая правда: еще студентом Стас сдал матанализ и физику и забыл их как страшный сон. Ну, мог бы вспомнить, если бы приспичило, но шеф его ценил не за это. Математика была епархией друга Андрея, а Стас продумывал и ставил эксперименты, паял платы, тянул капилляры, готовил реакционные смеси, и делал все это не просто хорошо, а очень хорошо, и тем был доволен. Но теперь он поглядел на формулу скорости реакции. Не так уж она им важна, эта формула, и написали-то они ее просто так — чтоб было. И чего девчонка к ней прицепилась?.. Почему-то он вспомнил, как расходятся и сходятся, пульсируя, круги в стакане. Юлины круги... Написал на полях «dV», почесал карандашом затылок и полез в шкаф за справочником.

— Ч то тебе сказать, Стас? — протянул шеф, разглядывая график, вычерченный красной ручкой прямо в распечатке, и обведенные кружками точки. — Тут есть над чем подумать. Но помни, что инициатива наказуема: вторую статью писать тебе, если что выгорит. Вольно ж было приbedняться: мол, математики мы не знаем, сами не местные!

— Вообще-то это не я придумал, — сказал Стас, изо всех сил стараясь не показать своего счастья. — Одна знакомая посоветовала.

— Знакомая, говоришь? — Шеф поднял брови и озорно ухмыльнулся. — Ты с ней дружи, с такой знакомой. Интересная должна быть девушка!

— Оригинальная дева! — подытожил Вадим. — Ну и молодежь пошла! Я потрясен. И похожа как две капли! И математику знает! На, вот тебе — «Камел», с верблюдиком.

Вадим только что вернулся из Страсбурга, где ловил не то некий ген, не то вирус, не то ген вируса. Поймал, получил деньги и теперь радостно понтовался, изображая хозяина жизни. Голубая джинса дороже среднестатистического делового костюма, классические марки сигарет, божественные английские чаи в пакетиках с неизвестными нам названиями, стопка номеров «Нэйчур» со статьей Вадима и соавторов. Картину портило лишь неистребимое Вадимово сходство с кем-то из великих одесских комиков. Южный акцент победить еще можно, но мимика непобедима.

— Ты пей чаек, пей! («Он у меня в комнате сидит и меня же еще и угощает!» — привычно возмутился про себя Стас.) Ты хоть понял, что она тебе все наврала?

— Так она наврала?

— А то!

— Почему?

— А вот с этим не ко мне. Мотивации женщин — это к психологам.

— Почему ты думаешь, что наврала?

— Да я не думаю, я знаю! Что тут думать? Сколько ей лет, твоей подружке, — семнадцать, восемнадцать? Ну пусть хоть пятнадцать. Вторая половина восьмидесятых — не клонировали тогда млекопитающих! Ни кошек, ни овец, ни девочек. Ни в Америке, ни в Европе, ни в Китае, вообще нигде. — Вадим фыркнул по-ежиному. — Вот и все.

— Но ведь могли делать это неофициально, в какой-нибудь коммерческой фирме? Методика-то простая.

— Не могли, Стас! Не могли! Методика простая — если ее на бумажке изобразить в виде фигурок и стрелочек. Так на бумажке я тебе что хочешь нарисую, хоть Господа Бога, хоть Большой Взрыв, ну и что?

— Но может быть, кто-то сильно умный опередил свое время? Бывает же такое, сам знаешь!

— Бывает. — Вадим с достоинством проглотил намек на его юношескую великую, но непризнанную работу. — Однако не у них, а у нас. И не в этом случае. Я бы знал! Если это делалось именно так, как она рассказывала, — в частной лавочке за денежку, а не в подвалах ФБР, — я бы знал. О такой-то работе, елки зеленые!.. Да если бы и в подвалах...

— Ты все публикации отслеживаешь? По всему миру? И пятнадцать лет назад отслеживал?

— Такого уровня — да. Их отслеживать не надо: если и прозеваешь, расскажут! Ты пойми, сейчас не девятнадцатый век, чтобы такие достижения пропадали безвестно. Ну, допустим, в восемьдесят пятом не заметили — заметили бы в девяностом. А уж если бы в девяностом прозевали, то сейчас, после Уилмута со товарищи, поднялся бы вселенский хай: ага, дескать, они не первые со своей овцой! Сам знаешь, нас хлебом не корми, дай поспорить о приоритетах.

— Погоди, так разве на животных этого не делали? лягушек клонировали, я читал...

— Ох, не говори мне таких ужасных вещей! лягушек! Амфибии выводятся из икры, или на химфаке этому не учат? Там имплантации нет, беременности нет, там нет проблем!

— А суррогатные матери? — Стас уже все понял, но удержаться не мог. — Они же давно...

— При чем тут это? Суррогатные матери, Стас, — Вадим стукнул пальцем по столу, — вынашивают детишек из пробирки. Нормальных детишек, полученных из яйцеклетки и сперматозоида и похожих соответственно на маму и папу... или, скажем, на маму и донора, или на папу и доноршу. Но обычных детишек, а не клонов писателей!

— Вот именно. Ты бы видел ее! — Стас отхлебнул чаю. — Абсолютное сходство. Один к одному — Мэй Стоун. Я чуть в дерево не врезался.

— Внимательней надо быть за рулем. Не на девушек смотреть, а на дорогу. Да, сходство — это бывает. У папы в Керчи был кореш — вылитый Шикльгубер, Адольф. Не повезло мужику. Усы он брил, конечно, а с волосами был полный абзац: острижется под машинку — похож, отрастит подлиннее — еще хуже... И так бывает. И как только не бывает!

— Слушай, но я своими глазами видел фэна Мэй Стоун, который ее поджидал!

— Стас, я тебя умоляю! Что ты видел? Юношу, который кого-то ждал? Кто тебе сказал, что он именно ее ждал? Она же и сказала. А ты и поверил. То же самое и с математикой: ты перед ней соловьем разливался, она кивала красивой головкой, а потом задала первый попавшийся вопрос.

— Не первый попавшийся, а очень хороший, — мрачно поправил Стас. — В самое яблочко.

Вадим усмехнулся и спросил, подмигнув:

— И что ты вообще так волнуешься? Сколько ей лет, говоришь?

— Семнадцать-восемнадцать, а что?

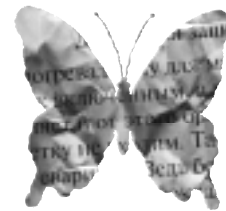
— А тебе сколько?

— Пошел ты в баню!

— Понял, иду. — Вадим изобразил обиду, но с места не тронулся. — Однако же девы нынче пошли!

— Да... И наверное, ты прав.

— Я всегда прав. Это мое имманентное свойство. Ты вот лучше журналчик возьми, — Вадим положил перед ним «Пент-



ФАНТАСТИКА

хауз», — чем ерунду всякую думать... А что это у тебя в сумке? «Третья стража», что ли, вышла?! Ну-ка, дай посмотреть!

Куда только подевалась вальняжность без пяти минут нобелевского лауреата... Ухмыляясь, Стас смотрел, как Вадим открывает гляцевую обложку, перелистывает тонкие сероватые страницы, одобрительно хмыкая и укая, потом закрывает и тут же открывает сзади, чтобы посмотреть анонсы будущих книг издательства.

— Оп-па!

Господин ученый остолбенело уставился на страницу с рекламой. Стас тоже заглянул через его плечо — и сперва не поверил глазам. Вадим уже трясся от смеха и колотил Стаса по спине в знак полного восторга, а Стас снова и снова вчитывался в короткий текст.

«СКОРО! Юлия Дмитриева. «В девятой сфере». Возрождаются лучшие традиции классической НФ. Этот роман — не продолжение и не подражание, и все-таки надежды читателей, ожидающих новой встречи с героями Глубокого Космоса, не будут обмануты». Репродукция обложки: мужик в скафандре, с несчастной физиономией, звездное небо, и в нем — подозрительно знакомый аппарат, похожий на бабочку или, как говорилось в оригинале, «на проекцию созвездия Ориона». И малюсенький, с почтовую марку, портрет авторши. Поворот в три четверти, взгляд вниз.

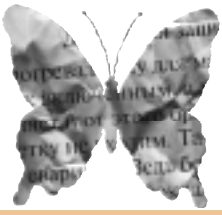
Стас уже сам хохотал, не успев даже понять, над чем смеется и что, собственно, черт побери, происходит. Оторвите мне руки и ноги, если это нарушение авторских прав: в анонсе ни слова о Мэй Стоун, возрождать традиции классической НФ — дело ненаказуемое, космическое будущее принадлежит всем писателям, его не запатентуешь, а имеет ли право молодой писатель лицом походить на классика — про это в законах ничего не сказано. Если кто здесь и нарушил авторские права и прибег к плагиату, так это фирма, создавшая клон... «Что я несусь? — опомнился Стас. — Вадим же мне объяснил, что она наврала про клон!»

— И что фантастика ей неинтересна — тоже, значит, наврала, — продолжил он. — И про мехмат наврала! А про литагентов говорила правду? Или врала? Но, главное, зачем?

— Зачем? Стас, я тебя люблю, — объявил Вадим, утирая глаза. — Подумай головой: они же не могут официально объявить, что у них, мол, контракт с клонированной Мэй Стоун. Их же на смех подымут! И заодно по судам затаскают за использование чужого имени в коммерческих целях. Значит, им нужен миф. Пи-ар — это паблик рилейшн, паблик рилейшн — это народное мнение, а народное мнение — страшная сила. Любое вранье, любая ерунда на равных правах с установленными фактами, и в суд не подашь — не на кого. Вот взять тебя. Ты кому, кроме меня, про нее рассказывал?

— Ну, тебе, Андрею, Илье. Еще одному, ты его не знаешь. Больше никому. Да кому это интересно?!

— Во! — Вадим стукнул пальцем по столу. — Рассказал всем, кому интересно, что по Москве бродит клон Мэй Стоун. А они рассказали другим. Кто-то посмеялся, кто-то поверил, но все запомнили. Да и не ты один был ее жертвой, я думаю... Пора,



ФАНТАСТИКА

пора вводить выпускной экзамен по биологии! Беспредел полный: людей с высшим образованием дурят, как первоклассников! И ведь ты-то сам книжечку купишь, когда выйдет, хотя бы из любопытства? Будешь смеяться, но я куплю!

— И я куплю, — признался Стас, поднося спичку к горелке.

Ему было смешно, но и до чертиков досадно. Вроде бы пустяк, не стоит таких эмоций, а вот досадно, хоть плачь, и никакой юмор не помогает. Девчонка насмеялась над ним, с грустным лицом рассказывала сказки, а про себя потешалась, что большой дядя всему верит. Он ее подвез, посочувствовал, напоил чаем, а мог бы мимо проехать — делать ему больше нечего, подвозить всяких соплячек... Да не в этом суть. Стыдно это — врать людям, используя их симпатию и сочувствие, вот что. Так нищие на вокзале делают, но не интеллигентные люди. Так и скажу, если вдруг встретимся. Клон она, видите ли! Бедняжечка, блин!

Но что-то еще его беспокоило, не укладывалось в голове. А Вадим молчал, но, когда вода в колбе запела тоненько, сказал:

— Ты подумай: внешне она похожа на Мэй Стоун — это полбеды, но ведь она к тому же еще и сочинительница! Я не знаю, что у нее в этих «девятых сферах», но то, что она для тебя напридумывала, — это вполне. С интригой, с подробностями — фантастика, однако. Нет, пускай она, пользуясь своим сходством, выбрала тему книги, продумала всю эту жульническую рекламную кампанию. Но сочинительский талант — он либо есть, либо нет, говорю тебе как генетик. Вот это как следует понимать? При полном внешнем сходстве еще и такая же одаренность?!

— И что по этому поводу скажет биология? — вяло отозвался Стас.

— Ты можешь злорадствовать, химик, — помолчав, заявил Вадим, — но биология в моем лице не скажет абсолютно ничего. Если вообще мы признаем это за факт — существование идентичных копий, не связанных родством.

Вадим уселся поудобнее на высоком табурете и отхлебнул чаю. Похоже, «абсолютно ничего» грозило обернуться небольшой лекцией.

— Насколько я знаю, у других видов, кроме нашего, такие факты не отмечены. Хотя насчет зверей можно спросить у лошадиников. Или, скажем, у кошатников. Но относительно двойников среди людей сведений масса. Эта твоя парочка или, куда ни шло, тот самый дядя Вова из Керчи, — кстати, я сейчас вспомнил, он работал оформителем в клубе, хотя пейзажей вроде бы не малевал. Да если вспомнить, сколько на эту тему понарассказано и понаписано, от самых низких жанров до самых высоких, то признай: ведь не на пустом же месте все это возникает, есть какая-то первооснова... Так вот, подобная идентичность в рамках биологической модели беспричинна. А если мы примем, что беспричинных явлений не бывает, то тогда мне придется говорить сейчас не как биологу. По крайней мере, не как лояльному дарвинисту-эволюционисту.

Вадим выжидательно умолк. Стас кивнул, давая другу позволение говорить не как дарвинисту. И тот сразу же продолжил:

— Что, если структура вида, стабильность генома держатся на этих копиях, как на опорных точках? Допустим, при реком-

бинации некоторые сочетания генов имеют преимущество — не спрашивай, как это может быть. Скажу неправильно, но для тебя понятно: если представить все процессы в хромосомах как химические реакции, то сочетание генов, характерное для двойников, которое воспроизводится якобы случайно, — это будет энергетический минимум. А нужно оно для того, чтобы противостоять изменчивости, — чтобы люди оставались людьми, а не превращались в суперхомо, или в таукитян, или — вторично — в обезьян. Обрати внимание, тут нет ничего от случайности: это не тупое копирование первой встречной особи, а закономерное воспроизведение некоего образца... М-да. Ты, химик, понимаешь, какую страшную ересь я сейчас несу? Все это махровый идеализм, а еще и без малого креационизм, так что, если будешь кому-то пересказывать, на меня не ссылайся. Чуешь, чем это пахнет — воспроизведение образца? Заданного кем-то, не будем уточнять кем.

Вадим выдержал еще одну паузу и вздохнул, поскольку даже на его последнюю роскошную провокацию собеседник никак не отреагировал.

— И заметь вот что: мы не можем оценить истинное значение феномена, так как нам неизвестно, сколько на свете живет похожих людей! Это если один из двоих — знаменитость, то другой еще имеет шанс узнать, что у него есть или был двойник. А если я, например, похож на какого-нибудь голландского фермера, вкалывавшего в позапрошлом веке на своей ферме в Оранжевой республике, а ты, допустим, — идентичная копия бандюги-викинга из команды Харальда Черного, и вы оба, как две капли воды, похожи на ныне живущего безработного бостонца...

Стас открыл было рот, чтобы словесно определить более вероятное местонахождение Вадимовой точной копии, но сказать не успел. Вошел аспирант Паша.

— Здравστε. Стас, а тебя тут спрашивала... — Пашка сделал паузу и многозначительно закончил: — Девушка. Симпатичная. Коса вот досюда, — повернулся и показал докуда. — Передать ничего не велела. — И скрылся за дверью.

— Интересно, — сказал Вадим ему вслед.

— Ага. Слушай, надо бы... Николай Борисыч говорил, чтобы я с ней... ну, насчет функции. Я сейчас.

Стас вышел за Пашей в коридор. Вадим расслышал его голос: «А давно?.. А что сказала?..» Хмыкнул и, вытаскивая из коробочки новый чайный пакетик, повторил сам себе:

— Интересно... Интересно, что Мэй Пинетти рассказывала о себе этому Стоуну... кто бы он ни был?





Опасности искусственного оплодотворения

Российские ученые из Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова и Клиника акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева установили, что современные искусственные оплодотворение увеличивает риск неблагоприятного исхода беременности.

Московские медики выяснили еще один малоизвестный факт: искусственное оплодотворение заметно повышает риск осложнений при родах. Это связано с тем, что при этом способе лечения бесплодия вероятность забеременеть двойней или тройней заметно увеличивается. А многоплодие, вызванное искусственным оплодотворением, опаснее, чем произошедшее по естественным причинам.

Конечно, бывали случаи, когда на свет появлялись одновременно 7 жизнеспособных близнецов (максимальное достоверно установленное число), однако это не говорит о том, что многоплодная беременность — это не опасно. По разным данным, смертность матерей, вынашивающих более одного ребенка, в 3–7 раз выше, чем при одноплодной беременности. Страдают и дети. Например, почти все тройни бывают недоношенными.

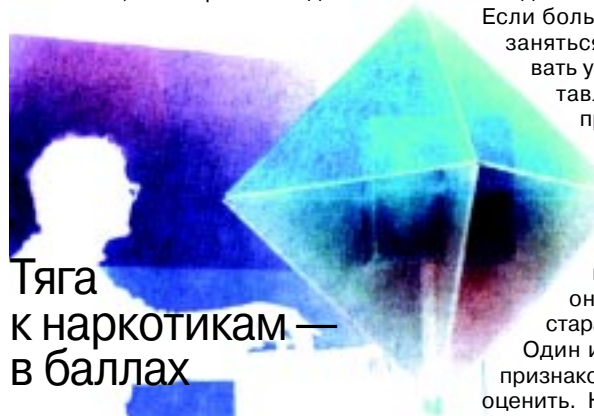
В норме, многоплодная беременность — редкость. В среднем двойни появляются 1 раз на 90 родов, тройни — на 90², четверни — на 90³. Это так называемое правило Хеллина. Однако сейчас оно уже не описывает реальность: из-за того что современные методы лечения бесплодия применяют все чаще, число многоплодных беременностей постоянно растет. При использовании искусственного оплодотворения или гормональной стимуляции созревания яйцеклетки вероятность забеременеть двойней увеличивается в 20 раз, а тройней и четверней — в 400.

На базе клиники акушерства и гинекологии ММА им. Сеченова ученые проанализировали 188 историй родов у женщин

с многоплодной беременностью. Пациентки были разделены на 2 группы. В первую вошли 95 здоровых женщин, у которых многоплодная беременность была вызвана искусственным оплодотворением или стимуляцией овуляции. Вторая группа состояла из 82 здоровых женщин с естественным многоплодием.

В первой группе детей, которые весили значительно меньше нормы (от 1,5 до 2,5 кг), было почти в полтора раза больше, чем во второй. Два ребенка из первой группы были с пороками развития. Из 6 случаев гибели плода 5 произошли после искусственного оплодотворения. В первой группе достоверно чаще роды заканчивались операцией кесарева сечения.

«Мы считаем, что, если женщинам рекомендуют использовать искусственное оплодотворение, необходимо предупреждать их о различных факторах, которые могут повлиять на течение и исход беременности», — говорят исследователи.



Тяга к наркотикам — в баллах

Российские наркологи из НИИ наркологии Минздрава РФ разработали методику, которая позволяет в цифрах оценить степень влечения человека к наркотику.

Основная проблема, с которой сталкиваются врачи при лечении наркомании, — патологическое влечение к наркотику (ПВН), которое проявляется на определенной стадии болезни. Чтобы помочь пациенту, надо зарегистрировать это влечение и оценить его тяжесть. Задача непростая, потому что наркологи пока не имеют даже общепринятых, четких критериев для описания этого феномена. Самый объективный показатель — цифра, но в чем же измерить тяжесть влечения?

Сотрудники НИИ наркологии Минздрава РФ Н.Н. Иванец и М.А. Винникова разработали вариант шкалы для клинической диагностики тяжести патологического влечения к наркотику. Эта шкала позволяет достаточно объективно оценивать состояние больного в баллах.

Как правило, первые 10–14 дней лечения мысли о наркотиках присутствуют постоянно. Начиная с третьей–четвертой недели у них появляются светлые промежутки, которые постепенно увеличивают-

ся. Тем не менее время от времени у них возникает практически непреодолимое желание принять наркотик, и врач не имеет права пропустить этот момент.

При диагностике ПВН врачу очень важно знать, осознанно ли это влечение, то есть думает ли больной о наркотиках или нет. Казалось бы, проще всего спросить об этом самого больного, однако на практике все несколько сложнее. Довольно часто больные не говорят врачу о своих переживаниях, скрывают желание принять наркотик по многим причинам, главная из которых — нежелание затягивать лечение и продолжать прием лекарств. Кроме того, больные наркоманией, как правило, не осознают всей тяжести проблемы и не критически относятся к своему самочувствию. Поэтому врачу приходится внимательно наблюдать за поведением и эмоциональным состоянием больного и делать выводы самостоятельно.

Один из тревожных признаков — скука. Если больные жалуются, что им «нечем заняться», «лень к чему-то прикладывать усилия», эти жалобы нельзя оставлять без внимания, иначе они приведут к возникновению ПВН, вплоть до непреодолимого.

Пациенты часто жалуются на плохое настроение, тяжесть и тоску, отчаяние сквозит в каждом их жесте, позе и мимике. Как правило, они становятся неряшливыми, стараются уединиться и плохо едят.

Один из основных диагностических признаков — тревога. Ее сложнее всего оценить. Начинается все с неясных опасений за работу, здоровье родителей и друзей. Больным трудно расслабиться, концентрировать внимание и даже сидеть спокойно — они ерзают на месте.

Четко определить, в каком состоянии находится больной, невозможно. Его настроение порой меняется по нескольку раз в день, и этот факт — тоже свидетельство ПВН. Когда к тревоге, тоске и перепадам настроения прибавляется физический дискомфорт (покалывание и боль в мышцах, постоянная потребность ходить), пациент может утвердиться в мысли, что ему поможет только наркотик.

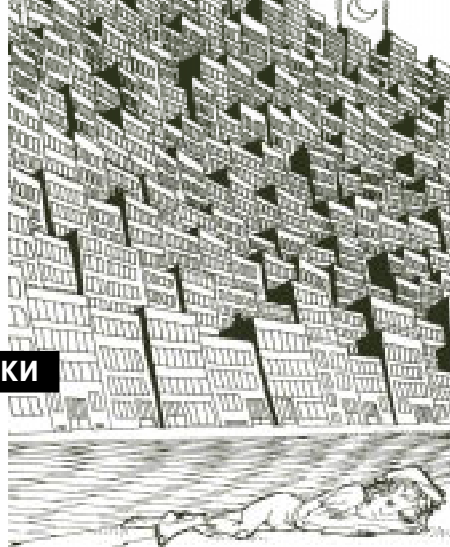
Есть и другие важные диагностические признаки, например плохой сон или недовольство режимом в отделении. Пациент оговаривает сроки выписки, просит ускорить лечение. Все эти и многие другие показатели наркологи разбили на группы и составили из них диагностическую шкалу. Каждому пункту соответствует определенное количество баллов (от 1 до 3). Если сумма баллов больше 6, врач может быть уверен, что влечение к наркотику носит осознанный характер, даже если пациент это отрицает.





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Сон и память



Исследователи из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес, США) сделали неожиданное открытие. Долгое время и научное сообщество, и начитанные родители студентов и школьников предполагали, что для закрепления дневных впечатлений или выученного материала в долговременной памяти необходим быстрый (или, по-другому, парадоксальный) сон. Именно в фазе быстрого сна мы видим сновидения, наши глаза быстро движутся под веками, мышцы расслаблены, дыхание неритмично, а электроэнцефалограф прописывает кривую, очень напоминающую энцефалограмму бодрствующего человека. Многие считали, что в этот момент записанная в мозгу информация как-то перестраивается, старая частично забывается или вытесняется. Но оказалось, что даже полное прекращение этого периода сна не влияет на память.

Руководитель группы американских ученых, профессор нейробиологии Джером Сигал утверждает, что парадоксальный сон не нужен для запоминания («Science», ноябрь, №2, 2001). Потеря быстрого сна никак не влияет на формирование долговременной памяти. Когда добровольцев, участвующих в эксперименте, будили в начале этой фазы, запоминание не нарушалось. Более того, у некоторых пациентов из-за приема лекарственных препаратов быстрый сон отключается на месяцы и даже годы, однако на их памяти это не сказывается. Часто она сохраняется и у людей с повреждениями мозга, при которых эта фаза сна вообще пропадает.

У здоровых людей время, проводимое в стадии парадоксального сна, абсолютно не соотносится со способностью к обучению. Среди разных видов животных также не наблюдается корреляции между интеллектом и продолжительностью быстрого сна. Утконос, например, спит много и долго, но весьма не развит. И наоборот, у некоторых животных с выдающимися способностями — дельфинов и китов — фаза парадоксального сна очень непродолжительна или вообще отсутствует. Люди по сравнению с млекопитающими спят этим сном ни много ни мало: в среднем около двух часов в сутки.

Из физиологических исследований обычно следуют практические выводы. Пока ученые считали, что сон помогает запоминать прочитанное, студентам советовали перед экзаменом хорошо выспаться. Но даже в свете новых сведений не следует жертвовать сном ради зубрежки. Ибо, по мнению Сигала, недостаток сна мешает сосредоточиться, и, хотя сон не нужен для лучшего запоминания прочитанного, сдавать экзамен в полусонном состоянии плохо, потому что не лучшим образом отразится на результатах. Кстати, все это относится не только к студентам.

М. Литвинов

...период удвоения объема научной химической информации составляет сейчас 11–12 лет («Российский химический журнал», 2001, № 2, с.86)...

...за 33 года существования Заочной физико-технической школы при МФТИ ее успешно закончили около 60 тыс. молодых людей, из которых 10 тыс. стали студентами этого вуза («Вестник РАН», 2001, № 7, с.585)...

...с помощью биосорбентов можно очистить сточные воды от катионов цинка и кадмия на 99%, а никеля на 95% («Прикладная биохимия микроорганизмов», 2001, № 4, с.405)...

...биогенные фосфаты, в первую очередь кости, обладают уникальной способностью накапливать некоторые редкие химические элементы, в том числе радиоактивные («Литология и полезные ископаемые», 2001, № 2, с.115)...

...в США создали полимерный материал, который обладает эффектом памяти формы («PNAS USA», 2001, т.98, с.842)...

...более 40 млн. американцев страдают той или иной формой артрита, из них 7 млн. стали инвалидами («Терапевтический архив», 2001, № 5, с.5)...

...в России в стационарном психиатрическом лечении нуждается 0,4% населения старше 60 лет, а в амбулаторном — не менее 6% («Журнал неврологии и психиатрии», 2001, № 9, с.7)...

...в ближайшие 500–600 млн. лет наша планета превратится в царство холода и льда («Доклады Академии наук», 2001, т.379, с.251)...

...в Сиэтле прошел чемпионат мира по футболу среди полностью автономных роботов, в котором участвовали 120 команд из 25 стран («Nature», 2001, т.412, с.574)...

...за последние десять лет в России опубликовано около 1400 статей по эффекту Мессбауэра, в этом мы уступаем только США («Известия Академии наук, серия Физическая», 2001, № 7, с.935)...

Пишут, что...



...железо сыграло определяющую роль в геохимической эволюции и в возникновении жизни на Земле («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2001, № 4, с.342)...

...конец XX века ознаменован полным триумфом теории органического, то есть из остатков живых организмов, происхождения нефти («Геология нефти и газа», 2001, № 3, с.2)...

...по данным ООН, в 1890 г. в мире был только один город (Лондон) с населением более 5 млн. человек, в 1950 г. их стало восемь, а в 2000 г. — 45 («Геоэкология», 2001, № 4, с.302)...

...частоты электромагнитных излучений головного мозга и сердца лежат в одном и том же интервале — от 0,05 до 100 Гц («Физиология человека», 2001, № 4, с.47)...

...в России существует значительный разрыв между творческими способностями инженеров и возможностями производства осваивать новые идеи («США и Канада: экономика, политика, культура», 2001, № 5, с.109)...

...упорядоченный набор трех нуклеотидов ДНК или РНК (кодон) — это элемент тензорного произведения трех представлений квантовой алгебры размерности четыре («Теоретическая и математическая физика», 2001, т.28, № 1, с.29)...

...необходимо издать закон, запрещающий называть «академиями» организации, не имеющие отношения к РАН, РАМН и Сельхозакадемии им. Тимирязева («Известия», 31.9.2001, с.11)...

...человек, полностью посвятивший себя делу по призванию, часто уже не способен вести жизнь обычного представителя своего круга и становится маргиналом («Психологический журнал», 2001, № 4, с.55)...

...в 50-е годы у советского профессора была зарплата, которая позволяла ему иметь машину, дачу, прислугу и даже любовницу («Литературная газета», 2001, № 35, с.5)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Кофе и память

Чашечка утреннего кофе не только приятное дополнение к завтраку. Американские ученые полагают, что она улучшает работу памяти, особенно у взрослых. Исследователи из университета Аризоны протестировали группу людей старше 65 лет, пытаясь понять, действительно ли кофеин положительно влияет на память. По мнению руководителя работы Ли Райан, способность запоминать у пожилых людей, как правило, сильно меняется в течение дня. Она оптимальна ранним утром и снижается в послеполуденные часы. Ученые использовали кофеин в надежде затормозить этот процесс.

Добровольцы проходили тестирование в 8 и в 16 часов с помощью California Verbal Learning Test («Psychological Science», январь 2002 г.). В это время они получали кофе: первая группа — по большой чашке, содержащей 220–270 мг кофеина, вторая — контрольная — такую же чашку декофеинизированного кофе (содержание кофеина — не более 5–10 мг). При этом никто из них не знал, какой именно напиток ему достался.

Выяснилось, что у тех, кто пил кофе без кофеина, к полудню значительно снижалась функция памяти, а у наслаждавшихся настоящим кофе — нет. Авторы считают, что это результат воздействия кофеина на степень возбуждения человека, аналогичный результат может быть получен с другими стимуляторами. Так как участники эксперимента были любителями кофе, кофеин оказывал на них «правильное» воздействие. У тех, кто не привык к его регулярному потреблению, возможны побочные эффекты: беспокойство, снижение способности концентрировать внимание.

«То, что небольшая доза кофеина, которую большинство людей ежедневно потребляют с чашечкой кофе, положительно влияет на функцию памяти — хорошая новость для всех, но особенно для тех, у кого такая чашечка всегда наготове», — считает Райан.

Е. Сутоцкая



В.П.ИВАНОВУ, Казань: *Ювелирная чернь — это сплав серебра, меди, серы и буры.*

В.МАТВЕЕВУ, вопрос из Интернета: *Действительно, перегрев может быть очень опасен, и температура тела 42 °С — серьезное испытание для организма; но в бане и в пустыне человек прогревается неравномерно — внутри тела температура не повышается до 40–50 °С, а остается близкой к физиологической норме.*

А.А.ОЛЬШЕВСКОМУ, Брянск: *Данные о том, что сверхдозы аскорбиновой кислоты могут вызывать прерывание беременности, достаточно противоречивы, однако в экспериментах, насколько мы знаем, речь идет об инъекциях аскорбинки, то есть о таком повышении концентрации в крови, которого невозможно достичь при приеме через рот; впрочем, мы согласны, что будущим мамам лучше следовать рекомендациям Минздрава, а не Полинга.*

АНАТОЛИЮ, вопрос из Интернета: *Чтобы изготовить магнит сложной формы, обычно берут порошок магнитного вещества, смешивают его с порошком полимера, засыпают в форму и сплавляют под нагрузкой.*

Н.Ю.НЕСТЕРЕНКО, Москва: *Гипотетического общего предка шимпанзе, гориллы и человека в свое время назвали «проконсулом» не в честь римских наместников провинций, а просто потому, что у одного из исследователей был шимпанзе по кличке Консул.*

Б.О.МАЗУРИНУ, Санкт-Петербург: *Несколько необычный запах бензина Аи-95, возможно, вызван добавкой метилтретбутилового эфира, повышающего октановое число; добавка эта безвредна как для машины, так и для окружающей среды.*

Е.Н.ВАЛЛАС, Владимир: *Согласно справочным данным, до начала испытаний ядерного оружия в атмосфере содержание трития в воде составляло 6–24 пикокюри на литр; сейчас концентрация трития измеряется уже в нанокюри на литр, то есть она возросла примерно в 1000 раз.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Обращаясь к нам за сведениями о старых публикациях в «Химии и жизни», старайтесь, пожалуйста, указывать не только приблизительную тематику статьи, напечатанной «лет примерно десять–пятнадцать назад», но и фамилию автора и/или год.*



фильм «Парк юрского периода» смотрят взрослые и дети: всем интересно, как разворачивались события на доисторической Земле. Правда, великолепие животного мира в этом фильме — всего лишь хорошая компьютерная графика. Но может быть, скоро детям удастся не только посмотреть на динозавров в кино и поиграть резиновыми фигурками, но и побегать за заводным динозавриком, который вполне натурально скачет на двух ногах.

Между тем задача эта вовсе не так проста, как может показаться на первый взгляд. Питер Дилвеф (лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института, подразделение «Лаборатория ноги» — «LegLab») потратил на реализацию мечты своего детства почти пять лет. И вот осенью минувшего года маленький робот-динозавр, прототип которого троодон жил в позднем меловом периоде, наконец прошелся по испытательному подиуму. Создатели ласково назвали его Труди.

Надо отметить, что внешний вид Труди разрабатывали не только художники, но и палеонтологи. А уж последние — просто виртуозы по части того, как восстановить облик зверушки, жившей 200 млн. лет назад. Например, долгое время ученые считали, что строение стопы у динозавра почти такое же, как у современных птиц, способных ходить по земле. То есть у динозавров при ходьбе задействованы всего три пальца, причем большой палец, повернутый назад, чуть меньше остальных, но тоже касается земли. Все эти выводы были сделаны после исследования отпечатков стоп динозавров на разных почвах. А три года назад (о чем было сообщено в «Nature») ученые доказали, что это не совсем так. Прежние выводы совершенно не учиты-



Ученые играют в динозавриков



вали, что на мягкой почве стопа проваливается больше и отпечаток получается другой. Так вот, большой палец у динозавров оказался гораздо меньше, чем у современных птиц, и расположен он выше на ноге, в виде шпоры, направленной на землю. Правда, инженерам, конструировавшим Трудю, вряд ли помогла эта уточненная информация, ведь шпор у механического динозаврика нет вообще.

Трудя — детеныш, поэтому имеет всего 45 см в высоту и примерно 1,3 м в длину. Весит робот примерно 4,5 кг, у него 16 суставов и 35 сенсоров. У Трудя есть также вестибулярная система, благодаря которой он со-

храняет равновесие, и бортовой компьютер, автоматически запускающий алгоритм хождения. Малыш достаточно изящен, а между тем первые варианты Трудя были больше похожи на роботов из «Звездных войн», чем на динозавра, и несколько лет ученые не играли с детенышем, а напряженно работали. Почти четыре года не удавалось обучить робота ходьбе. Внешний вид уже был приличный, стоял он хорошо и даже поднимал одну ногу на полсекунды — и ни с места. Когда казалось, что дело уже не сдвинется, решение нашлось, и всего за полторы недели Трудя пошел. Теперь ученым понятно, как справляться с такими задачами. В той же лаборатории придумали специальные приводы, которые помогают роботам преодолевать препятствия: например, Трудя смог перелезть через коварно положенный перед ним ноутбук и даже не упал.

Теперь Питер Дилвеф собирает части следующего варианта Трудя,

который будет прототипом для массового производства. Новый механический ящер будет в 2 раза крупнее и еще больше похож на реального динозавра, тем более что его собираются одеть в чешую. Следующая модель будет более совершенной и в механическом плане: дино-

завр станет лучше поворачиваться, ходить быстрее, а может быть, даже прыгать или бегать. Если все это удастся, то на свет появится первый в мире ходящий и бегающий двуногий робот.

«Лаборатория ноги», в которой сделали Трудю, организована в 1980 году. Инженеры этой лаборатории создают роботов, похожих на животных (у каждого есть биологический прототип), и приспособления для людей, у которых трудности с передвижением. То есть медленно, но верно продвигают нас к мечте фантастов — человекообразные роботы, делающие тупую домашнюю работу, специальные машины, ис-

следующие труднодоступные районы. Да что говорить — сама постановка задачи, видимо, ученым очень интересна: ведь так забавно наблюдать прыгающего по столу динозаврика на батарейках.

На самом деле в «Лаборатории ноги» есть уже два бипедальных (двуногих) робота. Второй, по имени M2, похож на человека. Он может стоять и ходить на месте, но продвигаться вперед его еще не научили. Нельзя сказать, чтобы никто и никогда не делал двуногих роботов — кое-какие экземпляры попадают, в основном в Японии. Но у них совсем другая система контроля. В результате все японские роботы очень негибки и слишком похожи на машин. В Массачусетсской лаборатории используют эластичные приводы или пружины, соединенные с мотором, и нежесткий контроль, поэтому роботы получают более гибкими и выглядят «биологичнее».

В.Благутина

IV МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ЭкспоХИМИЯ²⁰⁰²

14-17 МАЯ
Санкт-Петербург
Петербургский СКК

Тематические разделы выставки:

- Химическая наука: XXI век
- Проектирование и строительство химических предприятий
- Технологии химических материалов
- Оборудование для химического производства
- Средства контроля и автоматизации
- Лабораторное оборудование

Организаторы выставки:

Администрация Санкт-Петербурга,
Российский Союз Химиков,
Российское химическое общество
им. Д. И. Менделеева,
ЗАО "Ортикон"

• Продукция химических предприятий

- горюче-смазочные материалы
- лакокрасочные материалы
- синтетические смолы
- пластмассы
- химические волокна, нити
- кино-фото материалы, магнитные носители
- резинотехнические изделия
- реактивы, катализаторы
- композиционные материалы, стеклопластики
- коагулянты, флокулянты
- бытовая химия
- химическая продукция в строительстве
- химия в сельском хозяйстве
- тара, упаковка



Тел.: (812) 118-35-37
E-mail: chem@orticon.com