



Ж

9
2015

НЗМЖ И РИМЖ







НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Подписано в печать 27.05.2015

Адрес редакции

19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

<http://www.hij.ru>

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Макса Эрнста «Парижская
мечта». В этой картине один сотрудник
редакции увидел небывалый техногенный
лес, другой — предчувствие метеорита,
третий — явление рентгеновских лучей
в старый мир.

*Мозг — важнейший
орган человека,
согласно оценкам, сделанным
мозгом.*

Народная мудрость

Содержание

Событие

РЕДАКТИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА. Е.Клещенко 2

Проблемы и методы науки

АТОМНЫЕ МАССЫ МЕНЯЮТСЯ?! И.А.Леенсон 5

Технологии и природа

ТАЙНЫ КИОТСКОГО ЛЕСА. С.М.Комаров 6

Научный комментатор

РАСТИ, ДЕРЕВО, БОЛЬШОЕ И КРЕПКОЕ. Н.Л.Резник 12

Размышления

АМЕРИКАНСКИЕ ХИМИКИ — В ЦЕНЕ. В.М.Хуторецкий 20

Размышления

РОССИЙСКАЯ ЦЕНА. Л.Стрельникова 23

Нанофантастика

Я ПОДДЕРЖИВАЮ НАШИ ВОЙСКА. Валерий Кашпур 25

Страницы истории

РЕНТГЕН И ЕГО ЛУЧИ. И.А.Леенсон 26

Научный комментатор

РЕНТГЕН В НОВОМ ВЕКЕ. Л.Намер 30

Вещи и вещества

«КАМНИ НЕБЕСНЫЕ» С ЛУНЫ И МАРСА. С.И.Демидова 32

Здоровье

ВРЕМЯ ЕСТЬ. Н.Л.Резник 36

Проблемы и методы науки

ТОНКИЕ НИТИ СУДЬБЫ. В.П.Лебедев 40

Дневник наблюдений

ЖИЗНЬ НА КОСТЯХ. Н.Анина 43

Проблемы и методы науки

ЭКСКРЕМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ. Д.А.Жуков 46

Книги

ДЕРЕВЯННЫЕ ГОРЫ. Г.Ю.Любарский 50

О веществе по существу

САХАРИН И АСПАРТАМ. А.Паевский 53

Что мы едим

ЦИКОРИЙ. Н.Ручкина 54

Фантастика

ЛИАНА. Борис Богданов 56

Неизвестный Лем

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА. ВЕРНЕСХОТ 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 14 КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 62

ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ 16 ПИШУТ, ЧТО... 62

ИНФОРМАЦИЯ 42 ПЕРЕПИСКА 64

КНИГИ 60, 61



Редактирование человека

Е. Клещенко

Случилось то, что должно было случиться. Китайские ученые сообщили о редактировании генома человеческого эмбриона (Puping Liang et al, «CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes», «Protein & Cell», 2015, 6, 5: 363–372, doi: 10.1007/s13238-015-0153-5).

Фантастика

Сразу успокоим читателей: команда исследователей под руководством Цзюньцзю Хуана (Junjiu Huang) из Университета Сунь Ятсена в Гуанчжоу проводила опыты на нежизнеспособных эмбрионах, которые они получили из клиники репродуктивного здоровья. При оплодотворении «в пробирке» (и в естественных условиях тоже) в одну яйцеклетку иногда проникают два сперматозоида. Получается зародыш с одним лишним набором хромосом, который не может нормально развиваться, однако первые деления проходят как обычно. Все этические аспекты — наличие информированного согласия от доноров эмбрионов, соответствие Хельсинкской декларации об этике медицинских исследований человека, китайскому законодательству и т. д. — перед публикацией были тщательно проверены.

Исследователи попытались модифицировать ген, ответственный за развитие бета-талассемии — тяжелого заболевания крови. (Ген находится в 11-й хромосоме, называется HBB, кодирует белок бета-глобин.) Для этого они использовали технологию CRISPR/Cas9 — те самые молекулярные ножницы для ДНК, о которых мы писали год назад («Химия и жизнь», 2014, № 7; см. также рис. 1). Комплекс белка и РНК находит нужную последовательность в геноме и разрезает ДНК в строго определенной точке, что открывает путь к редактированию генома. Технология уже опробована на животных, вплоть до обезьян, и на человеческих клетках в культуре.

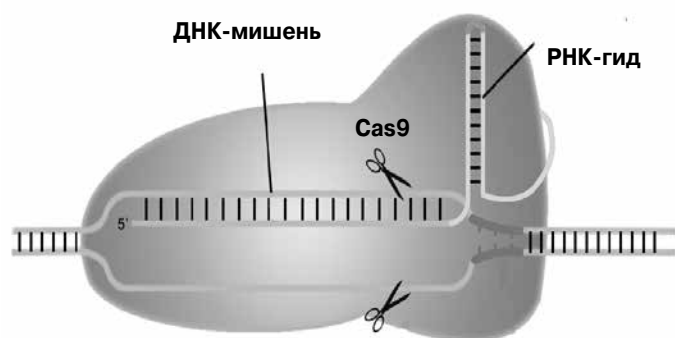
С одной стороны, прекрасно. До сих пор люди с наследственными заболеваниями были вынуждены отказываться от рождения детей — или играть в генетическую рулетку с высочайшей ставкой. Если хотя бы один из родителей гетерозиготен по ключевому для болезни гену, то есть одна из двух копий гена у него «больная», а другая «здоровая», можно повысить шансы с помощью экстракорпорального оплодотворения — вне организма женщины исследовать зародыши и отобрать для имплантации тот, из которого разовьется здоровый человек. Однако это не просто, дорого, не исключает ошибок, не говоря об этической проблеме — выбраковка эмбрионов с неподходящими генами для многих неприемлема. А теперь (пусть не прямо сейчас, но лет через десять) — дополним ЭКО маленькой манипуляцией с зародышем, и ребенок родится здоровым, как у всех. А может быть, научатся исправлять опечатки и в геноме взрослого? Например, корректировать ошибки в генах, привнесенные в течение жизни и провоцирующие развитие опухолей? Новая эра медицины начинается у нас на глазах: человечество избавится от генетического

груза, победит талассемию, гемофилию, муковисцидоз, как победило чуму и черную оспу.

С другой стороны, понятны опасения скептиков: если что-то может пойти не так, оно пойдет не так, и необратимых действий вообще следует избегать. Кто-то допустит ошибку при редактировании генома, появится на свет больной человек, передаст испорченный ген своим детям, и станет в мире больше горя, а не меньше. Кроме того, не все люди на свете хорошие и добрые. О коммерческом использовании генной модификации человека уже полвека пишут фантасты, и к этим ужасам можно было относиться несерьезно, пока идея не казалась осуществимой. Вспомним хотя бы лаборатории Архипелага Джексона в романах Лоис Буджолд, производящие модификантов для военных и прочих надобностей. Как говорили боссы Архипелага, если бы наши клиенты стремились к высокому и платили за это, мы бы только и делали, что строили храмы, но, к сожалению, люди хотят обогащаться, убивать врагов и предаваться нехорошим излишествам... До создания супербойцов и сексуальных монстров еще далеко, реальность выглядит намного скромнее, но ведь путь в тысячу ли начинается с одного шага.

Реальность

Когда читаешь экспериментальную часть статьи, становится понятно, что время для этических дискуссий у нас еще есть. Хуан и соавторы впрыснули в эмбрионы матричную РНК белка Cas9, РНК, специфическую к участку-мишени, а также одностратную ДНК, которая должна была стать заплаткой на месте разреза (рис. 2). Выждали 48 часов — достаточно, чтобы CRISPR/Cas9 успела провести замену, а эмбрионы выросли примерно до восьми клеток. Из 86 эмбрионов выжил 71, из них 54 ученые протестировали, чтобы проверить, сохранилась ли модификация при последующих делениях. Выяснилось, что лишь в 28 разрез в нужном месте был сделан, и только в четырех случаях замена прошла как надо. Мало этого: как бы ни были умны ножницы CRISPR/Cas9, а генетический анализ выявил множество незапланированных мутаций в других участках генома. Их оказалось существенно больше, чем в экспериментах на мышах или на человеческих клетках в культуре. И возможно, исследователи заметили не все такие мутации, поскольку они проверили только совокупность кодирующих участков генома, так называемый экзом. Так что о практическом применении пока рассуждать



1
Так работает CRISPR-Cas9 — конструкция, заимствованная у бактерий с некоторыми доработками. Комплементарное взаимодействие РНК-гида с ДНК-мишенью обеспечивает точность, а белок расщепляет обе нити ДНК



не приходится. «Если вы хотите делать это со здоровыми эмбрионами, то должны приблизиться к 100%, — говорит Хуан. — Вот почему мы остановились. Мы считаем, что метод еще слишком незрелый».

Статья китайских ученых вышла в «Protein & Cell» — редакция этого журнала находится в Пекине, а издает его концерн «Springer». «Nature» и «Science» статью отклонили, главным образом по этическим соображениям. «Это стремительно развивающаяся и сложная область, для которой мы не можем — и не должны — легко предлагать простые правила», — заявила Риту Дханд, ответственный редактор «Nature», и добавила, что издательская группа «Nature» консультируется с экспертами, чтобы выработать политику в этом вопросе. Со своей стороны, коллектив «Protein & Cell» полагает, что публиковать в данной ситуации правильнее, чем не публиковать. «Решение редакции выпустить в свет эту работу не следует рассматривать как одобрение этой практики или поощрение подобных попыток», — написал Сяосюэ Цзан, ответственный секретарь журнала, в редакционной статье. «У нас были серьезные дискуссии об этических аспектах статьи, — добавил главный редактор Цзыхэ Рао. — Мы ожидали, что будут различные мнения, но надо было это опубликовать, чтобы началось обсуждение». Надо заметить, решение приняли быстро: статья была представлена 30 марта и принята 1 апреля. Возможно, этому поспособствовали отзывы рецензентов «Nature» и «Science», замечания которых авторы учли в доработанной версии статьи.

Ведущие журналы беспокоил не только этический аспект. Как рассказал сам Хуан, рецензенты отмечали, что представленные результаты трудно назвать блестящими. Однако случаев отработать методику трансформации человеческого зародыша ни у кого еще не было — работа пионерская. А команда Хуана нашла этически приемлемую модель и продемонстрировала, что с человеком все куда сложнее, чем с макаками: «Мы хотели показать наши данные всему миру, чтобы люди знали, что в действительности происходит на этой модели, а не просто рассуждали о том, что могло бы произойти».

В будущем Хуан с коллегами планируют снизить число ошибочных мутаций, работая на других моделях и пробуя другие стратегии. Например, можно попытаться повысить точность связывания «ножниц», или ограничить время жизни CRISPR/Cas9 в клетке, чтобы они не успели порезать геном где не надо, или, наконец, поиграть с концентрациями фермента и молекул для репарации. В конце концов, на CRISPR/Cas9 свет клином не сошелся: есть еще, например, TALEN — искусственные ферменты, заимствованные у бактерий из рода *Xanthomonas* и разрезающие ДНК в определенном участке; эта система дает меньше мутаций.

Сомнения и решения

Научное сообщество на новость отреагировало скорее настроенно. Разумеется, об исследованиях Хуана с соавторами знали и до публикации, да и понятно было из общих сооб-



2

Упрощенная схема эксперимента по редактированию генома человеческого зародыша. Финальный этап — анализ ДНК — исследователей не порадовал

ражений, что кто-нибудь захочет это сделать. Еще в январе 2015 года в Напа, штат Калифорния, прошло мероприятие, которое комментаторы называли «новым Асиломаром». На Асиломарской конференции 1975 года эксперты выработали рекомендации для ученых, желающих модифицировать ДНК живых организмов. Теперь пришло время рекомендаций для тех, кто делает это с человеком.

Срочность возникла из-за технологии CRISPR/Cas9. До нее были и TALEN, и самая первая технология специфического разрезания ДНК в месте, выбранном экспериментатором, — нуклеазы с цинковыми пальцами (zinc-finger nuclease, или ZFN). («Пальцы» нуклеаз — это структурные элементы, стабилизированные ионами цинка; разные пальцы узнают различные нуклеотидные триплеты, так что можно сконструировать из этих пальцев фигуру, которая связывается с определенным участком ДНК, и только с ним.) Оба метода подарили генной инженерии новые возможности. Но в обоих случаях приходится каждый раз заново создавать белковый «скальпель», чтобы сделать разрез в новой точке генома. А CRISPR/Cas9 — универсальный инструмент: белок всегда один и тот же, меняется только РНК, комплементарная участку-мишени. Это делает технологию дешевой и, как следствие, доступной широкому кругу желающих.

Надо понимать, что так называемая прецизионная медицина — высокоточные терапевтические манипуляции с человеческим геномом — уже существует. Но до сих пор дело ограничивалось манипуляциями с соматическими, то есть неполовыми, клетками, которые затем возвращали в организм. Плюс этого варианта в том, что модификация не наследуется и поддается исправлению — срок жизни большинства соматических клеток сравнительно невелик. Специалисты в этой области китайский эксперимент не одобрили. В марте нынешнего года вышла статья «Не редактируйте зародышевые клетки человека» («Nature», 2015, 519, 410—411, doi:10.1038/519410a). В числе авторов были Эдвард Ланпье и Федор Урнов. Ланпье — президент компании «Sangamo BioSciences» (Ричмонд, Калифорния), которая, в частности, трансплантирует модифицированные Т-клетки пациентам с ВИЧ, и те перестают принимать антиретровирусные лекарства. Аналогичный способ лечения талассемии «Sangamo» довела до первой фазы клинических испытаний. Федор Урнов — выпускник МГУ, ведущий исследователь этой компании, тот самый человек, который придумал и создал нуклеазы с цинковыми пальцами. По мнению авторов статьи, попытки редактировать геном зародыша человека следует приостановить. После китайской публикации возник ажиотаж, теперь многие ученые начнут подобные эксперименты (по слухам, только в Китае этим занялись уже четыре научные группы) — кто-то, возможно, и с жизнеспособными эмбрионами. Кто-то использует новую технологию не для терапии, а для баловства, вроде изменения цвета глаз ребенка. Да и при лучших намерениях пока еще нельзя гарантировать рождение здорового человека: модифицируется ли нужный ген, только ли он, во всех ли клетках... А репутационные потери в случае

«ошибки метода» понесут все технологии редактирования человеческих генов, в том числе модификации соматических клеток, способные дать практически те же результаты и доказавшие свою безопасность. Есть у «соматических» генов инженеров и принципиальные возражения: «Мы люди, а не трансгенные крысы», — заявил Ланпье.

Джордж Черч из Гарвардской медицинской школы в Бостоне, знаменитый своим вкладом в создание новых технологий секвенирования, настроен менее сурово. Кстати, именно его лаборатория, пользуясь технологией CRISPR/Cas9, недавно встроила в геном клетки индийского слона гены мамонта, отвечающие за маленькие уши, цвет и длину шерсти и подкожный жир (<http://www.popsci.com/woolly-mammoth-dna-brought-life-elephant-cells>; речь только о клетках в культуре, мамонтообразного слона еще никто не вынашивает и не рождает!). Черч согласен, что мораторий на редактирование генома человеческих эмбрионов нужен, но только до тех пор, пока уровень безопасности не удовлетворит всех. Он предлагает отработать технологию на животных, что, собственно, и делается: например, группа самого Черча редактирует гены иммунной системы эмбрионов свиней, чтобы получить животных, чьи органы можно пересаживать людям. Однако он не видит причин, почему бы не работать и с человеческими эмбрионами, когда метод будет признан безопасным: ведь и ЭКО внушало страх, а теперь прочно вошло в медицинскую практику. Сейчас при искусственном оплодотворении множество эмбрионов, в которых найдены известные на сей момент гены заболеваний, приходится отбрасывать (и чем больше таких генов мы узнаем, тем больше будет выбраковка...). Новая технология позволит исправлять ошибки, поэтому еще вопрос, что этичнее. Верит в светлое будущее редактирования генома зародышей и нобелевский лауреат Крейг Мелло. Ланпье, однако, считает, что отбор здоровых эмбрионов при ЭКО хорошо себя показал и нет причин от него отказываться ради нового сомнительного метода.

Так или иначе, все сходятся на том, что безопасность CRISPR/Cas9 пока не на высоте, поэтому не следует поощрять применение данного метода к зародышевым клеткам человека и надо срочно начинать работать над законодательной базой: например, четко определить, в каких случаях подобное вмешательство допустимо, а в каких следует использовать другие методы. Кроме того, нужно уже сегодня информировать медицинских работников и общественность о новом методе, его положительных и отрицательных сторонах (что мы и делаем в этой статье). Ясность вопроса для широкой публики и открытые дискуссии, как показывает вся история создания трансгенных организмов, совершенно необходимы.



Атомные массы меняются?!



Два знака препинания в заголовке не случайны. Вопросительный означает, что атомная масса — это физическая (или, если угодно, химическая) константа, величина неизменная. С чего бы ей меняться? Восклицательный означает, что на самом деле атомные массы химических элементов, которые указываются в таблицах (в том числе на знакомых всем периодических таблицах), время от времени изменяются. Посмотрите в таблицу — наибольшие изменения произошли в XIX веке. Это связано с уточнением формул веществ и с усовершенствованием методов измерения.

Заметим, что со временем менялось само определение. В основном принимали $O = 16$, причем со временем физики и химики разошлись во мнениях — первые имели в виду изотоп кислород-16, а химики — природный кислород. Это называлось «физическая и химическая шкала атомных весов». Разница небольшая, в 1,000275 раза. С 1960 года (ИЮПАК) и 1961-го (ИЮПАП) за единицу принята $1/12$ от углерода-12. (ИЮПАК — это Международный союз теоретической и прикладной химии, а ИЮПАП — Международный союз теоретической и прикладной физики.)

Прежде всего бросаются в глаза необычные представления относительных атомных масс (согласно решению ИЮПАК, сейчас можно говорить, как когда-то, об атомных весах), приведенные в нижней строке таблицы. Мы привыкли, что эта величина всегда была представлена лишь одним значением — с большей или меньшей точностью. Однако для семи (из этих восьми) элементов атомные веса представлены двумя числами. Эти числа дают диапазон возможных изменений

атомного веса данного элемента, добытого из природы, — данная вариация отражает геологическую историю в течение миллиардов лет преобразования земной коры. Новшество коснулось также бора (10,806; 10,821), магния (24,304; 24,307), кремния (28,084; 28,086), брома (79,901; 79,707) и таллия (204,382; 204,385) (см. www.ciaaw.org/atomic-weights.htm). Со временем подобные «вилки» будут указаны и для других элементов.

Все процессы в большей или меньшей мере идут по-разному для разных изотопов — изменяются скорости диффузии, температуры плавления и скорости испарения. Поэтому в ходе образования тех или иных соединений, тех или иных минералов мог слегка изменяться изотопный состав. В результате для некоторых элементов данные сегодня приводятся всего лишь с четырьмя значащими цифрами, так что точность определения составляет сотые доли процента. Вот эти элементы: цинк: 65,38(2), стронций: 87,62(1) и молибден: 95,95(1). Связана такая относительно невысокая точность именно с вариацией изотопного состава в природных образцах, для подобных элементов нет смысла определять относительную атомную массу с предельно доступной высокой точностью.

Минимальная вариация значений атомного веса достигается для так называемых элементов-одиночек, представленных в природе единственным нуклидом (таких элементов 20). Для них значения атомных весов были в последние годы значительно уточнены, как это видно из сравнения данных, опубликованных ИЮПАК в 2001 и 2014 годах — во второй таблице. Цифры в скобках указывают погрешность в последнем знаке. Впечатляет точность определения атомных масс; для

нескольких элементов эта величина дается с 11 значащими цифрами, что означает относительную точность измерения в стомиллионные доли процента!

	2001	2014
Be	9,012182(3)	9,0121831(5)
F	18,9984032(5)	18,998403163(6)
Na	22,989770(2)	22,98976928(2)
Al	26,981538(2)	26,9815385(7)
P	30,973761(2)	30,973761998(5)
Sc	44,955910(8)	44,955908(5)
Mn	54,938049(9)	54,938044(3)
Co	58,933200(9)	58,933194(4)
As	74,92160(2)	74,921595(6)
Y	88,90585(2)	88,90584(2)
Nb	92,90638(2)	92,90637(2)
Cs	132,90545(2)	132,90545196(6)
Pr	140,90765(2)	140,90766(2)
Tb	158,92534(2)	158,92535(2)
Ho	164,93032(2)	164,93033(2)
Tm	168,93421(2)	168,93422(2)
Au	196,96655(2)	196,966569(5)
Bi	208,98038(2)	208,98040(1)

Сказанное вовсе не означает, что нужно срочно перепечатывать все учебники, справочники, монографии и отдельно выпущенные таблицы элементов. Содержащиеся в них данные более чем достаточно практически для всех расчетов и анализов. В то же время новые данные об атомных весах — прекрасное свидетельство научного прогресса.

И.А.Леенсон

Автор	Год	Относительные атомные массы элементов							
		H	He	Li	C	N	O	S	Cl
Дальтон	1803	1	—		4,4	4	5,66	14,4	
Берцелиус	1826	1	—	12,88	12,26	14,18	16,02	32,24	35,48
Жерар	1842	1	—		12	14	16		
Менделеев	1906	1,008	4,0	7,03	12,0	14,04	16,000	32,06	35,45
Сиборг	1945	1,008	4,003	6,940	12,010	14,008	16,000	32,06	35,457
ИЮПАК	2001	1,00794(7)	4,002602	6,941(2)	12,0107(8)	14,0067(2)	15,9994(3)	32,065(5)	35,453(2)
ИЮПАК	2014	1,00784, 1,00811	4,002602(2)	6,938, 6,997	12,0096, 12,0116	14,00643, 14,00728	15,99903, 15,99977	32,059, 32,076	35,446, 35,457



Художник В. Камеев

Тайны киотского леса

С.М. Комаров

- Вы откуда приехали на конкурс?
- Из Сахары.
- Так там же леса нет!
- Вот теперь нет...

Из анекдота про конкурс лесорубов

Лес — сложный объект. С одной стороны, он — базовый элемент глобальной экосистемы, обеспечивающий стабильность множества растений и животных, включая человека. Такой элемент лучше не трогать, а предоставить ему жить по своим законам. А с другой стороны, лес — это источник ресурсов, как пищевых, так и технологических, поэтому он подлежит хозяйственному освоению. Более того, современная экономическая наука смогла взять в оборот даже самую глобальную роль леса, объявив его поставщиком экологических услуг, которые можно учесть и монетизировать, то есть выразить в деньгах. Например, пчелы оказывают услуги по опылению растений. Если пчел не будет, некому станет опылять яблони, абрикосы, сливы и многие другие растения. В результате фермеры понесут убытки — их размер и будет мерой экологической услуги пчел. Вот другой пример: озеро оказывает услугу предприятию, которое сливает в него сточную воду, очищая ее. Стоимость такой услуги — затраты предприятия на дополнительную очистку сточной

воды. В то же время озеро оказывает и другую услугу — обеспечивает рыбой местных жителей, а чистой водой и чистыми пляжами — курортников. Если местные жители скинутся, купят предприятие и закроют его, то есть перекупят первую услугу озера, они привлекут больше туристов и смогут компенсировать затраты за счет его второй услуги. Точно также и судьбой обочитанного леса начинает управлять экономическая целесообразность, выстраивается баланс между прибылями и убытками, скажем, между стоимостью оказанной лесом услуги и возможной прибылью от сведения этого леса, например, под застройку или новое поле. Поэтому в зависимости от того, попал лес в зону хозяйственного освоения или нет, его судьба сложится по-разному.

Захоронение углерода

Одна из важнейших услуг, которые лес оказывает планете и живущему на ней человечеству, — стабилизация климата, а именно захоронение углерода и солнечной энергии. И эта услуга обчислена в соответствии с Киотским протоколом: раз квоты на выбросы углекислого газа стоят денег, значит, аналогичным образом можно высчитать, какова премия за его изъятие. В Европейском союзе такая премия составляет 10 евро за тонну углекислого газа. Поэтому на нынешнем этапе хозяйственного освоения наряду с традиционным образом леса — источника строевой древесины, сырья для производства бумаги и лесохимии — важными становятся энергетический лес и киотский лес. Первый служит возобновляемым источником энергии, а второй — средством изъятия из атмосферы углекислого газа. Если потом древесину киотского леса не сжигают, а превращают в предметы длительного пользования вроде мебели или строительных конструкций, изъятый газ (а также энергия, пошедшая на рост древесины) захоранивается на десятилетия, а то и столетия. Получается, что замена архаичным деревом таких символов XX века, как стекло и бетон, помогает бороться с парниковыми газами. Что же касается леса, который пришлось вырубить для получения древесины, то он снова вырастет.

Казалось бы, энергетический лес — не новость, ведь дрова человек использует с незапамятных времен. Новость же в том, что технически развитое общество вспоминает об этой функции дерева отнюдь ради наблюдения за игрой огня в камине долгим зимним вечером. Продукты переработки древесины должны стать серьезным источником энергии, потеснить в этом качестве гораздо более калорийное ископаемое топливо, причем и в частных домах, и на теплоцентралях. Согласно расчетам, долговременное использование древесины для получения энергии не только сводит к нулю баланс между выбросами и поглощением парниковых газов, но даже смещает его в сторону поглощения. Как следствие таких расчетов, в планах Еврокомиссии — законодателя моды в деле сохранения климата — топливу из древесины отведена немалая часть тех 20% энергобаланса, которые к 2020 году должны обеспечить возобновляемые источники энергии. Топливо представлено различными видами: пеллеты и брикеты из измельченной древесины, древесный уголь, получаемый частичным пиролизом, жидкое топливо — этанол и бутанол. Топливные брикеты из лигнина могут стать побочным продуктом получения таких спиртов, если технология отделения лигнина от целлюлозы (см. «Химию и жизнь», 2009, № 5) найдет свое применение. О масштабах производства и потребления дров в странах Западной Европы свидетельствуют такие числа: годовое потребление древесных пеллет с 2008 по 2010 год выросло с 8 до 11,5 млн. тонн, причем импорт не превышает 10% этого количества. Оценить, много это или мало, можно по тому, что у нас за год на отопление дома площадью 100 квадратных метров идет 2—4,5 тонны пеллет.

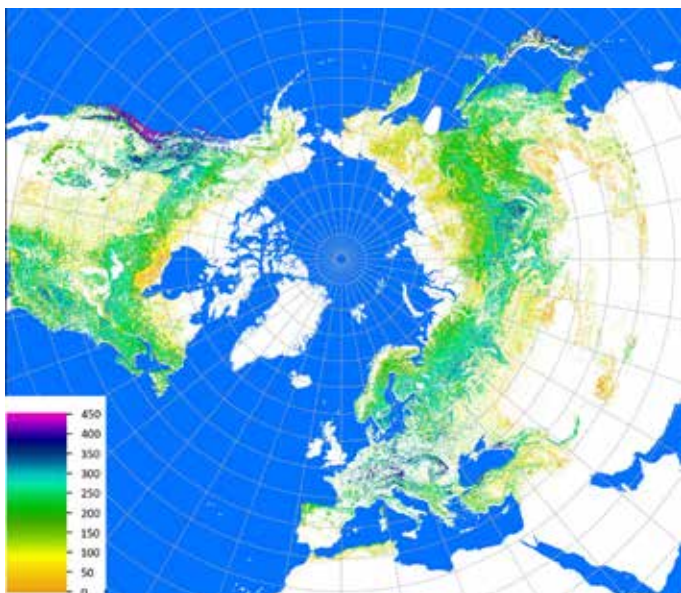
Получать топливо из древесины можно двумя принципиально разными способами. Один — это сбор веток, пеньков, вершин деревьев, остающихся на лесосеке, мелких деревьев, которые



удаляют во время прореживания леса. Сейчас древесные остатки попросту сжигают — если этого не делать, они, высыхая, создают угрозу пожара. Например, осенью 2014 года Москву не раз накрывало облако дыма от сжигаемых в Подмосковье елей, которые вырубали для борьбы с нашествием короедов. При хозяйском подходе все это надо собрать и превратить в тот или иной вид подготовленного топлива — тогда запасенная в дереве энергия не будет потрачена впустую. Есть и оценки, сколько такой древесины пропадает из хозяйственного оборота. Например, если бы в Швеции пустить на дрова все подобные остатки, то за год вышло бы 66 ТВт.ч энергии — примерно в два раза больше, чем нынешнее производство ветровой энергии в Германии. Швеция вряд ли смогла бы использовать все это топливо, но при отправке его на экспорт дровяное предприятие, по оценкам Лизы Эрикссон из университета Средней Швеции (агентство «AlphaGalileo», 2008), вполне могло бы оказаться рентабельным. Правда, на эти же остатки деревьев претендуют лесные жители, прежде всего грибы, а также насекомые и мелкие млекопитающие, которые находят в них убежище после рубки леса. Если оставить чистую землю, им будет плохо.

Помимо использования древесного мусора, в сущности, побочного продукта производства деловой древесины, есть и принципиально иная идея энергетического леса, точнее, рощи — возделывание плантаций с быстрым оборотом деревьев. Такую плантацию уже нельзя назвать лесом, скорее это сырьевая база предприятия по изготовлению дров. Суть идеи состоит в том, чтобы заложить плантацию ивы, тополя, орешника, эвкалипта — выбор быстрорастущего вида зависит от климатического района — и затем раз в несколько лет срезать побеги по мере подрастания. Так планируют поступать не только с деревьями и кустарниками, но и с многолетними гигантскими травами вроде мисканта или слоновьей травы. Поскольку деревья большими не вырастают, земля не затеняется и не пропадает из сельскохозяйственного оборота — в междурядьях, если почва плодородна, можно сажать какие-то съедобные растения. Однако зачастую такие плантации разводят на бесплодных землях, например, ива неплохо растет на заброшенных торфяниках. Ива вообще привлекает много внимания — создав из нее энергетическую рощу, можно решить еще и задачу очистки городских стоков: дерево поглотит из воды соединения азота и фосфора, использовав их как удобрения. Энтузиасты считают, что ивовое фильтрование могло бы совершить революцию в очистке сточных вод, если бы не косность мышления специалистов в этой области и недостаток позитивной информации.

Энергетические рощи рассчитаны на несколько десятилетий, причем уборку древесины на них ведут раз в два-три года. А используют древесину для производства строительных материалов либо как топливо. Согласно докладу Европейского энергетического агентства «Оценка совместимого с окружающей средой биоэнергетического потенциала сельского хозяйства» от декабря 2007 года, в 2005 году в странах ЕС земли, отведенные под выращивание сырья для биотоплива, занимали 3,6 млн. га. Из них 83% приходилось на масличные



Плотность леса в Северном полушарии особенно высока на западном побережье Северной Америки, на юге сибирской тайги, в Альпах и на восточном побережье островов Хонсю и Сикоку: 350—450 кубометров на гектар. Это следует из карты, построенной по данным 70 тысяч снимков, которые сделал спутник ЕКА «Энвисат» с октября 2009 по февраль 2011 года

культуры, а на леса с быстрым оборотом — лишь 2%. В 2030 году такие леса вместе с зарослями многолетних гигантских трав будут давать половину всей энергии, вырабатываемой в ЕС из биотоплива. При этом в странах-лидерах — Италии, Испании и Венгрии эта доля составит от двух третей до трех четвертей. Ожидается, что благодаря потребности в биотопливе площадь искусственно насаженных европейских лесов станет расти, а потребление дерева в других отраслях, прежде всего в целлюлозно-бумажной, сократится.

Киотский лес

Если при выращивании энергетического леса идет переход на нейтральное по отношению к выбросам углекислого газа топливо и экономическая целесообразность всего мероприятия определяется снижением киотского штрафа за такие выбросы, то хозяин киотского леса в принципе получает доход за счет изъятия углекислого газа из атмосферы. И тут возможны две экономические стратегии, подробно рассмотренные В.Л.Гавриковым из Сибирского федерального университета и Р.Г.Хлебопросом из МНЦ исследований экстремальных состояний организма КНЦ СО РАН («Вестник РАН», 2014, 84, 6, 519). Выбор стратегии определяется законодательством, в котором должно быть указано, за что хозяин леса получает вознаграждение. Если за ежегодную утилизацию углекислого газа, то будут одни правила игры, а если за ежегодное удержание парникового газа в связанном состоянии — другие. В первом случае он заинтересован в максимальном ежегодном приросте древесины, во втором — в наибольшей продолжительности жизни леса. Дело в том, что накопление лесом углекислого газа — существенно нелинейный процесс. Свежезаложённая плантация бурно растет, поскольку кроны еще не сомкнулись и все саженцы получают достаточно солнечного света и пространства для развития. На втором этапе наступает период борьбы за существование уже не со средой, а с собратьями по лесному сообществу. Тогда скорость роста замедляется, однако общий объем древесины становится все больше. В зрелом же лесу может идти обратный процесс: старые деревья погибают и начинают разлагаться. При этом запасенный углерод высвобождается вследствие дыхания разрушающихся

древесину грибов, микробов и прочих живых существ, питающихся отмершей древесиной.

Очевидно, что при первой стратегии хозяин заинтересован лишь в начальном этапе, а после завершения бурного роста лес следует сводить и продавать, выплатив тем или иным способом штраф за последующее высвобождение углекислого газа при использовании этой древесины. При второй стратегии наиболее интересен второй этап, точнее, его продолжительность. При переходе же к третьему лес нужно опять-таки рубить, иначе начнутся сплошные убытки. В целом вторая стратегия может принести большой доход, но значительно отложенный во времени. В первом же варианте выгодно сажать такой загущенный лес, какого и в природе не бывает, но сразу получать большое вознаграждение. При этом возрастает затраты на сами саженцы, раз их требуется гораздо больше.

Авторы приходят к выводу, что в современных условиях РФ при рассмотрении проблемы киотского леса надо отдавать предпочтение первому варианту, с платой за ежегодную утилизацию углекислого газа. Это соответствует установившейся за четверть века традиции отечественного предпринимательства ждать прибыли от проекта уже завтра. Затраты же можно сократить, обойдясь совсем без саженцев, но используя природные семена, а плантации закладывать на заброшенных из-за нерентабельности бывших полях. Тогда на них сразу поселятся быстрорастущие березы и осины, затем их сменяют более ценные хвойные растения. Это принципиально отличается от нынешней практики лесоразведения, когда сажают сосны для получения деловой древесины.

При каком же уровне киотского вознаграждения подобные проекты становятся выгодными — предмет расчетов. Естественно, остаются и такие варианты лесопользования, как сбор грибов, ягод, охота. Более того, всякий грибник знает, что именно молодой лес, выросший, скажем, на месте пожара, — самый продуктивный, а в старом дремучем лесу надеяться на поживу не стоит.

При выращивании густого киотского леса, впрочем, нужно иметь в виду печальный опыт американских лесоводов. Борьба с лесными пожарами на Среднем Западе была очень успешной. Однако пожар в хвойном лесу — важный элемент регулирования экосистемы: раз в десять лет он прореживает лес и обеспечивает удобрение почвы. А без пожара плотность деревьев оказалась в десятки раз больше! Массово погибая от загущенности, они создали топливо для катастрофического верхового пожара. В 2011 году такой пожар в восточной Аризоне уничтожил подчистую 160 тыс. гектаров леса, а угроза имеется для 70 млн. га сосновых боров и 120 млн. га еловых лесов (агентство «NewsWise», 8 июня 2011 года). Поэтому густой киотский лес, предоставленный сам себе, может в одночасье обратиться в золу, введя хозяина в огромные расходы. А вот дальше потомки содержателя долгорастущего киотского леса через столетия будут благодарить предка. Например, в Йосемитском национальном парке США старых огромных деревьев, проросших четыреста лет назад, не более одного процента. Зато их вес и соответственно количество изъятых из атмосферы углекислого газа составляют половину от веса всех остальных растений. Работники парка берегут этих великанов и перед проведением санитарных пожаров вручную убирают молодняк поблизости от них (агентство «NewsWise», 30 апреля 2012 года).

Как бы то ни было, в результате ли действия Киотского протокола, вследствие ли интенсивного лесоводства, экономического ли кризиса, деятельности ли защитников природы XXI век переломил многовековую тенденцию сведения лесов. В большинстве стран с умеренным климатом площадь лесов перестала сокращаться, а плотность деревьев в лесах существенно возросла. Так, в США с 1953 по 2007 год площадь лесов увеличилась на 1%, а запасы биомассы в них — на 51% (агентство «NewsWise», 17 июня 2011 года).

Лес рубят...

Ускоренное наращивание биомассы деревьями, впрочем, интересует не только гипотетических создателей киотских лесов. Ведь строевой лес в средней полосе растет около века. Поэтому плодами многолетних трудов по его возделыванию смогут воспользоваться хорошо если дети, а то и внуки первого арендатора делянки. Помещики позапрошлого века со своим неспешным бытием и казавшимся неизбежным имперским мироустройством еще могли себе это позволить. А для сверхскоростного XXI века долгие десятилетия, разделяющие вложение капитала и его возврат, — недопустимая роскошь, которая делает проект разведения леса непривлекательным.

Выходов два. Первый — рубить лес от души, но под тяжелым взглядом государева ока, которое следит, чтобы такие рубки выполнялись по правилам, то есть обеспечивали самовосстановление леса и не подрывали основу жизни будущих поколений. Секрет успеха известен уже много веков: нужно заменять сплошные рубки выборочными. Вот как об этом рассказывал классик отечественной лесной науки профессор Г.Ф. Морозов на лекции в симферопольском Таврическом университете в 1921 году: «Мы скоро увидим одну глубоко интересную, характерную, отличительную черту лесоводства от всех других видов растениеводства — что лес может создаваться в процессе потребления его; рубку или пользование им можно так организовать, как и устраивают лесоводы, что по мере постепенной выборки спелых деревьев будет вырастать под пологом убираемых новое поколение леса. Вот при таком, как говорят, естественном возобновлении леса чрезвычайно важную роль играет то обстоятельство, что вновь лес образуется не только из семян местного климата и местной почвы, но и с лучших деревьев, то есть тех, которые не просто выросли в данном



В Австралии, где плотность населения низкая, много места для закладки новых плантаций. На фото — сосновые плантации в штате Квинсленд



Современные технологии позволяют использовать молодые тонкие деревья для изготовления прочных композитов, что уменьшает время выращивания леса до технической зрелости и увеличивает плотность посадки деревьев.

На фото — плантация норвежской сосны в США



Уборка плантации быстрорастущих тополей в Чили



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

климате и на данной почве, но выдержали в этих условиях конкуренцию с весьма и весьма многочисленными особями, с ними боровшимися, что они отмечены естественным отбором, как наиболее сильные и наиболее приспособленные не только к данной физико-географической обстановке и для данной социальной среды».

Ну а уж если вырубил лес подчистую, то нужно его сажать, иначе восстановление будет очень длительным. Сведения о том, как обстоит дело сейчас в нашей стране, можно почерпнуть из принятой в мае 2014 года госпрограммы «Развитие лесного хозяйства в 2013—2020 годах». Из нее следует, что в 2012 году доля древесины, заготовленная выборочными рубками, составляет 19,2%, а к 2020 году должна достигнуть 25,3%. При этом доля вновь засаженных площадей, подвергнутых сплошным рубкам, изменится с 17,2% до 23,2%. А протяженность вновь построенных лесных дорог растет ускоренными темпами: с 5400 до 6200 км. То есть упор сделан именно на расширение площади леса, попадающего под хозяйственное освоение, а восстанавливаться на трех четвертях мест вырубок он будет своими силами.

Интересно, что предположение о расширении использования прежде недоступных лесов в странах Азии, Африки, Латинской Америки и республиках бывшего СССР вследствие усилий по сохранению лесов в США и Евросоюзе сделали еще в 1999 году Brent Сонген из университета Огайо и Роберт Мендельсон из Йельского университета. По их расчетам выходило, что каждые двадцать гектаров леса, выведенных из обращения в развитых странах, делают экономически выгодным освоение одного нового гектара прежде недоступных лесов в развивающихся (агентство «NewsWise», 26 мая 1999 года).

Таинственным образом, несмотря на освоение прежде недоступных лесов, доля площади, вышедшей из лесного фонда РФ в результате пожаров и рубок, должна упасть в 2020 году до 0,14% или ниже по сравнению с нынешними 0,158%, а лесистость территории — остаться на неизменном уровне не менее 46,6%.

Быстрорастущий лес

Экстенсивное освоение леса имеет существенный экономический недостаток: для продвижения на новые лесные территории требуется развитие инфраструктуры, прежде всего строительство дорог. То есть вложение средств. По мере удаления мест рубки от традиционных потребителей — заводов по производству бумаги, лесохимии, пиломатериалов — возрастает и стоимость транспортировки. В один прекрасный день оказывается, что дальнейшее углубление в лес нецелесообразно: получается слишком дорого. И тогда кто-то вспоминает, что можно обратиться к другому способу ведения хозяйства — посадке нового леса на месте старой вырубки, к которой уже подведены дороги, а расстояние до предприятий-переработчиков невелико.

Если привлечь к решению задачи достижения современной науки, можно существенно снизить главное препятствие, мешающее движению по этому пути, — низкую скорость оборота

капитала. Сократит сроки ожидания так называемый быстрорастущий лес. В соответствии с упомянутой программой, первые 20 тыс. га такого леса должны быть заложены в 2015 году, а к 2020-му его площадь составит уже 100 тыс. га.

Для таких плантаций нужны особые деревья, и сейчас для умеренного климата есть три претендента. Из хвойных (а именно они дают древесину для строительства) это так называемая сосна скрученная из Северной Америки, где она обитает на территории от Калифорнии до Аляски. Эта сосна ежегодно растет на пару недель дольше, а хвоинки имеет длиннее и более долгоживущие, чем привычная нам сосна обыкновенная. Она и в росте прибавляет гораздо быстрее, так что лес созревает для рубки не к 90—100 годам, а к 65—70. Разговоры о том, что нужно бы использовать сосну скрученную для закладки быстрорастущих плантаций в северных районах России, идут с переменным успехом по крайней мере с двадцатых годов XX века. Пробные плантации в десятки гектаров закладывают в различных районах от Северного Урала до Карелии, однако в разных климатических зонах сосна скрученная оказывается то лучше, то хуже сосны обыкновенной. Порой она значительно, в два-три раза, обгоняет по приростам обычную сосну, но это может продолжаться пятнадцать — двадцать лет, а потом деревья сравниваются.

Видимо, эта неопределенность до сих пор не позволяет сделать долговременные вложения и заложить промышленную плантацию такой сосны, хотя она очень хороша — у нее меньше смолы, что облегчает ее использование для производства бумаги, а при загущенном выращивании получается прекрасная

деловая древесина. А вот в Швеции рискнули и в 30-х годах взялись за промышленное выращивание сосны скрученной. Рубку ее начали в конце XX века, и тогда выяснилось, что, сократив цикл на треть века, с тех же площадей удастся собрать на 65% больше древесины. В семидесятые годы в Швеции ежегодно высаживали 35—40 млн. саженцев, и сейчас под этой сосной занято 700 тыс. га с ежегодной посадкой на 14 тыс. га. В нашей стране за десятилетия созданы маточные плантации сосны скрученной, достаточно взрослые, чтобы давать семена и обеспечить создания (создание) быстрорастущего леса, если соответствующее решение будет принято.

Из лиственных пород наибольшее внимание привлекает тополь. В северной части России это семейство представлено единственным видом — тополем дрожащим, он же осина, а всего известно 110 видов тополей, его леса в Северном полушарии занимают 75 млн. га, из них 90% приходится на Канаду, Россию и США. Площадь искусственных плантаций, которые сосредоточены главным образом в КНР, тоже велика — 8,6 млн. га, из них на 5,9 млн. га выращивают древесину, остальные используют как защитные лесополосы. Главное достоинство тополя — он очень быстро растет, причем в самых разных условиях. Например, в 1937—1940 годах плантации тополя были заложены в Ленинградской области. В 1987 году обмеры тех деревьев, которые сохранились до сих пор, показали, что диаметр тополя на уровне груди (то есть на высоте 130 см) был 36 см, березы — 23, ели — 11 см. Лучшие же деревья при высоте 36 метров имели диаметр 70 см! И это всего за пятьдесят лет.

Сукцессия

По поводу того, какова нормальная судьба леса, впрочем, как и любого другого крупного растительного сообщества, называемого фитоценозом, или, шире, биогеоценозом, есть несколько сильно различающиеся точки зрения, дискуссии о которых проходили в первой трети XX века. Вот как об этом рассказывал академик АН СССР В.Н.Сукачев во время дискуссии в Ботаническом институте АН СССР «Что такое фитоценоз?» 23 марта 1934 года.

На тот момент существовало четыре разные школы. Американская школа, основы которой заложены трудами геоботаника Фредерика Клементса, возникла в ходе колонизации освобождаемых от индейцев земель Северной Америки, когда требовалось понять, что за растения имеются на новых землях, как с ними обращаться, индикаторами каких условий среды служат те или иные растительные сообщества. Согласно идеям Клементса, развитие рас-

тительности сходно с жизнью индивида: у сообщества есть юность, когда оно формируется на очищенной земле, зрелость и старческий период, называемый климаксом, когда растительное сообщество приходит в равновесие с окружающей средой.

Швейцарская школа, сформировавшаяся на основе изучения альпийских пастбищ, разделяла растительный мир на ассоциации, считая, что каждая ассоциация характеризуется только ей свойственными видами. Шведская школа предпочитала изучать растительность на специально заложенных площадках, проводя статистическую обработку и характеризуя получаемые сообщества — социации — постоянно встречающимися видами (константами), доминирующими в них; при этом взаимоотношения растительности со средой и внутренним связям сообщества почти не уделялось внимания.

Российское же направление фитоценологии возникло благодаря решению так называемого степного вопроса: помещикам потребовалось увеличить плодородие истощенных степных почв, а лесозаводчикам — развести в степи лес для обеспечения строительными материалами. Рентное лесное хозяйство дореволюционной России с принципом постоянства пользования требовало изучения вопросов естественного возобновления леса. Следствием же стало пристальное внимание к взаимодействиям как внутри сообществ, так и со средой. Появилось такое направление, как фитосоциология, уподобляющая тот же лес не индивиду, а обществу, в котором взаимоотношения между организмами ведут к борьбе за существование и вза-

имной помощи в этой борьбе, причем человек оказывается одним из участников процесса. Марксистские исследователи фитосоциологию критиковали, поскольку находили в ней намеки на то, что любое природное сообщество живых существ, в том числе и человеческое общество, устроено на принципах борьбы за существование и посему нет надежды на создание справедливого мироустройства. Вот, например, цитата из Г.Ф.Морозова, одного из сторонников фитосоциологии: «И на самом деле, без борьбы за существование и без выделения, стало быть, угнетенных классов, нельзя достигнуть главной цели лесоводства: нельзя выращивать древесину высоких технических качеств, как это требует все в большей и большей мере современный рынок.

Соответственно у разных школ сильно различается и представление о климаксе. Если сообщество развивается на основе внутренней борьбы, то достигнуть некоего стационарного состояния оно ни в коем случае не может, ведь источник развития неустраним — это постоянно меняющиеся взаимоотношения всех компонентов сообщества, как живых — растений, животных, насекомых, микроорганизмов, так и неживых — почвы, влаги, воздуха, климата. Иллюзию того, что достижение климакса возможно, создает тот факт, что порой процессы изменения существенно замедляются и человеку кажется, что наступила стабилизация. На самом же деле в сообществе идет медленная подготовка к его смене.

Сторонники теории климакса сталкиваются с проблемами при попытках конкре-

Осознать, что ты живешь в мире, где нет конечного состояния, — трудно, однако нужно понимать: в таком мире попытки затормозить перемены вряд ли будут удачны...

ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА



Неудивительно, что тополя привлекают пристальное внимание как лесоводов, так и биотехнологов. Сотрудники архангельского Северного НИИ лесного хозяйства Н.А.Демидова и Т.М.Дуркина последовательно доказывают, что именно тополь может стать основой быстрорастущих лесов на севере нашей страны, несмотря на то что основной его ареал гораздо южнее. Причиной для оптимизма служат многолетние опыты по выращиванию экспериментальных плантаций тополя под Архангельском. Так, с 1975 по 1984 год было посажено более 600 тополей разных видов и гибридов из коллекции института. А в 1989—1990 годах был создан так называемый клоновый архив тополей, чтобы выяснить, какие именно растения смогут жить в суровых условиях северной зоны тайги. Всего в архиве оказалось более 1700 саженцев трех видов и двух гибридов тополей. В 2012 году пришла пора подводить итоги. Как выяснилось, большинство посаженных тополей обгоняли местную осину по скорости роста. А лучше всего себя показал тополь невский, который в 23 года имел высоту под двадцать метров, а диаметр ствола — 20 см. Общий объем древесины составил 342 м³ на гектар. Этот гибрид получил в 1934 году селекционер П.Л.Богданов скрещиванием тополей канадского и бальзамического.

По мысли Демидовой и Дуркиной, плантации тополей смогут решить проблему сырья, с которой столкнулись Сыктывкарский лесопромышленный комплекс, Архангельский и Котласский ЦБК. Тополь — не лучшее дерево для производства бумаги, поскольку его целлюлозные волокна в два раза короче, чем у ели, однако современные технологии позволяют компенсиро-

вать этот недостаток, а скорости роста у этих деревьев несопоставимы. Из тополя получают и хорошие дрова, и сырье для производства древесных плит.

Уже из этой истории видно, какое долгое дело — подбор культур для быстрорастущего леса: почти век прошел от создания гибрида до разговоров о его промышленном использовании. Ускорить движение могут современные биотехнологические методы. Они позволяют выявить генетические признаки, обеспечивающие наилучшие свойства дерева, чтобы затем отобрать саженцы с такими признаками либо просто клонировать деревья, изготавливая саженцы из специально созданной культуры ткани, взятой от лучших экземпляров. Таким способом можно получить гораздо больше саженцев, нежели скрещиванием, например, созданная в воронежском ВНИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии методика дает за год получать до 500 тыс. саженцев от одной березы с ценным генофондом. Однако масштаб новых посадок леса настолько превышает возможности питомников, что быстро обеспечить лесное хозяйство качественными семенами и саженцами будет трудно. Например, в той же программе сказано, что доля семян с улучшенными наследственными свойствами должна вырасти с нынешних 1,5% до 2,5% в 2020 году. Доля лесных культур в искусственных насаждениях, созданных за счет растений с улучшенными наследственными свойствами, — с 4,7 до 10,1%.

Другой способ ускорения — не заниматься долгой селекционной работой, не искать растения-акселераты для их последующего клонирования, а осуществить генную модификацию и сразу получить растения с требуемым набором свойств.

АРХИВ

тизировать это понятие. Так появились климатический климакс, определяющий стабильное сообщество при данном климате, а также биотический, вызванный, например, постоянной пастьбой, или пожарный климакс. Всего в 1962 году насчитывали 35 разных терминов, использующих слово «климакс» при характеристике растительных сообществ. Поэтому возникло мнение, что растительность редко достигает климакса и скорее нужно говорить о том, что есть более и менее продолжительные стадии непрерывного процесса сукцессии — смены растительного покрова. Внешние же воздействия могут такие изменения как ускорить, так и определить их направление.

Вот несколько примеров того, как проходит сукцессия. На севере лес стремится стать еловым, несколько южнее — дубовым, вблизи субтропиков — буковым, однако для этого ему надо пройти долгий путь. Представим себе место, освободившееся от леса: участок сплошной вырубки, заброшенное поле или пожарище. Первыми этот место заселят береза и осина, на севере — ольха. А ель и сосна там вырасти не смогут — первая страдает от солнечного света, от заморозков, вторая растет слишком медленно, и ее заглушает трава.

За несколько десятков лет березняк или осинник смыкается кронами и создает тень. Она препятствует росту трав, и приходит время сосны. Спустя сто лет бор приходит на смену осинника или березовой рощи. Однако в тени высоких деревьев новые сосны, будучи относительно светолюбивыми, расти не будут. Зато ель там прекрасно себя чувствует. Получается

сосновый лес с еловым подлеском, а через некоторое время на месте бора появится темный ельник. Под его пологом никакие крупные деревья вырасти уже не могут. А на юге сосновый лес сменится дубравой.

Казалось бы, это и есть климакс, конечное состояние растительного сообщества на севере. Но тогда в природе не было бы никаких боров, ведь все они давно должны были заместиться ельниками. На самом же деле это не так, и причина — в пожарах. Низовой пожар, уничтожающий валежник, сухие лишайники и тому подобный горючий материал, не губит как взрослые сосны, так и достаточно высокий сосновый подлесок. А вот ель с ее поверхностной корневой системой погибает. Лес осветляется, и снова наступает время сосны.

Что будет, если пожар или короед не уничтожит еловый лес? В нем будут высокие старые деревья и молодые чахлые елочки, которые годами не растут и ждут своего часа — когда высокое дерево погибнет и ветер его повалит. Тогда молодые елки быстро растут и заполняют просвет. Такой лес всегда разновозрастный.

А вот в буковых крымских лесах процесс иной. Они состоят из деревьев примерно одного возраста, молодые буки в них не растут. Так может продолжаться и полвека, и век. Но вот, достигнув 250-летнего возраста, деревья начинают массово погибать. Образуются обширные прогалы, на них быстро пускаются в рост молодые буки и за сто лет возмещают потерю, после чего лес опять переходит в состояние с медленно идущими процессами. Несведущий человек может воспринять этот естественный процесс как катастрофу.

А как сообщество растений само, безо всяких внешних воздействий может подготовить новый этап сукцессии? Это хорошо видно на примерах расширения территорий сообщества. Вот какие события порой разворачиваются на севере зоны леса. Там, на границе с тундрой, почва в лесу сухая с покровом из лишайника. Но вот на опушке формируются дернины из осоки. Трава собирает влагу и предохраняет почву от высыхания. Появляется мох, быстро образующий торфяную подушку. Влаги становится еще больше. Формируется ковер из сфагнума, что обеспечивает дальнейшее накопление торфа, который затрудняет доступ воздуха к корням деревьев. Лес начинает слабеть. В средней полосе так может идти заболачивание. Однако в вечной мерзлоте торф еще и препятствует движению тепла, почва перестает оттаивать летом, деревья гибнут, и тундра наступает.

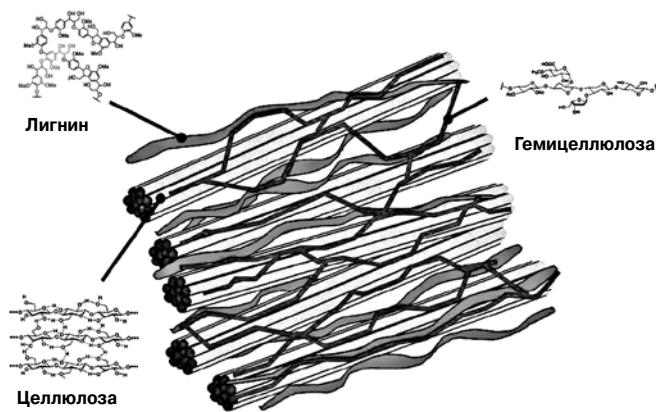
На другой границе идет наступление леса на степь. Почва в степи более соленая, и деревьям в ней плохо. Но вот здесь поселился степной кустарник. Он задерживает снег, тот при таянии выщелачивает почву и готовит ее для поселения деревьев. Если бы не травоядные животные, поедающие всходы деревьев, зона степи была бы гораздо меньше.

Подготовлено по статьям из сборника: В.Н.Сукачев. «Избранные труды в трех томах»; том 3, «Проблемы фитоценологии». Л.: Наука, 1975.

Целей у такой модификации может быть несколько: ускорение роста, приспособление к суровым условиям, устойчивость к гербицидам и получение таких растений, которых нет в природе. В последнем случае речь идет прежде всего о решении проблемы лигнина.

Вот что написано в госпрограмме по развитию биотехнологий до 2020 года (см. «Химию и жизнь», 2015, № 1): «Биотехнологические формы деревьев являются сырьевой базой современной лесоперерабатывающей промышленности. Значительная часть расходов в процессе переработки древесины приходится на отделение древесной целлюлозы от лигнина, который представляет собой вещество, связывающее волокна древесины. При этом используются едкие щелочные растворы, высокие температуры и давление. Использование древесины, содержащей меньше лигнина и больше целлюлозы, существенно повышает конкурентоспособность лесоперерабатывающей промышленности. Быстрорастущие деревья являются также одним из эффективных способов борьбы с изменением климата в качестве поглотителей углекислого газа. Другим направлением использования быстрорастущего леса является его использование в качестве сырья для биотоплива».

Большинство биотехнологов выбрали для опытов с лигнином быстрорастущий тополь. Начинались эти работы с идеи снизить содержание лигнина в древесине. Идея смелая, ведь лигнин — основной компонент стенок древесных клеток. Снижение его содержания уменьшает их жесткость, что может сказаться на прочности древесины. Сможет ли такой ослабленный тополь вырасти до тридцатиметровой высоты и не сломаться от ветра и снега — серьезный вопрос. А значит, надо быть готовым к



Древесина состоит из волокон целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина

тому, что такую плантацию придется рубить в раннем возрасте. С одной стороны, это неплохо — раньше будет получен доход от возделывания плантации. С другой — чем моложе дерево, тем больше коры и сучьев относительно объема ствола, то есть ниже качество древесины.

Сейчас концепция меняется — ученые предлагают не уменьшать содержание лигнина, но модифицировать его так, чтобы он лучше растворялся. Например, встроить в него фрагменты

Расти, дерево, большое и крепкое

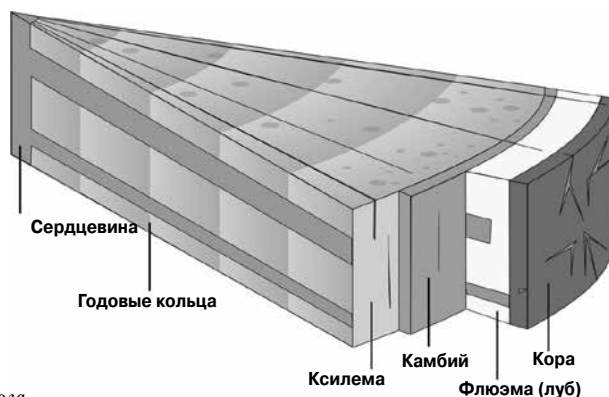
Для хозяйственников, которые рассматривают лес как источник древесины, важно, чтобы деревья росли быстро. Не удовлетворяясь подбором быстрорастущих пород и селекцией, специалисты предлагают несколько вариантов генетической модификации, ускоряющей рост деревьев. Работать они предпочитают с разными видами тополей, поскольку эти деревья быстро растут и легко поддаются генетической трансформации.

В 2004 году испанские ученые из университета Малаги и Технологического парка Андалусии ввели в тополя ген глутаминсинтазы (ГС) сосны («New Phytologist», 2004, 164, 137—145). Исследователи рассудили, что рост растения зависит от его способности усваивать неорганический азот из почвы. Эта реакция идет при участии ГС, которая катализирует включение аммония в аминокислоту глутамин. Следовательно, чем больше фермента, тем он активнее, и тем быстрее будут расти деревья. И действительно, разница между

трансгенными и контрольными деревцами была хорошо заметна с первого года, а на третий уже достигала 41% в высоту и 36% в диаметре. Рекордсмены были выше семи метров. Трансгены запасали много азота в стволе и листьях, их молодая листва содержала в два раза больше белков, в том числе ГС, чем в контроле. Различий в сроках цветения исследователи не обнаружили. Ученые полагают, что изменение экспрессии ГС поможет улучшить рост тополей для коммерческого применения.

Сотрудники Манчестерского и Даремского университетов под руководством профессора Саймона Тернера предложили ускорить деление клеток древесины, введя в растение дополнительные копии регуляторных генов («Current Biology», 2015, 25, 1050—1055, doi:10.1016/j.

sub.2015.02.023). Древесина, она же ксилема, это сосудистая ткань, по которой поступают вода и минеральные вещества. Ее клетки образуются в результате деления клеток камбия — тонкого слоя регенеративной ткани между древесиной и флоэмой (лубом), тканью, по которой перемещаются синтезированные растением органические вещества (см. рис. 1). Скорость их деления регулирует сигнальный каскад, который запускает белок — продукт гена *CLE41*, взаимодействуя с рецептором киназы *PXY*. Исследователи предположили, что усиленная экспрессия этих генов ускорит деление клеток камбия и, следовательно, рост дерева. Они ввели конструкции, содержащие дополнительные копии *CLE41* и *PXY*, в кусочки листа гибрида осины обыкновенной *Populus tremula* и тополя осинообразного *P. tremuloides*. Когда на



1 Срез древесного ствола

с эфирными связями. Заставить дерево синтезировать такой лигнин непросто — порой растение воспринимает подобную модификацию как атаку вредителей и начинает тратить силы на ее отражение. Предосторожность не лишняя: бактерии и грибы — вредители древесины — наверняка оценят по достоинству легко растворимый лигнин и станут разрушать его с той же целью, что и люди, — высвободить вкусную целлюлозу.

Опыты с увеличением скорости роста также требуют тщательности, эта задача не решается в лоб. Например, если активировать соответствующие гены во всех тканях, то растение зачахнет, а если только в некоторых — тополь будет расти вдвое быстрее («Current Biology», 2015, 25, 8, 1050—1055; doi: 10.1016/j.cub.2015.02.023).

Как бы то ни было, модифицированные тополя пока что не вышли за пределы хорошо охраняемых от контактов с окружающей средой экспериментальных теплиц и участков.

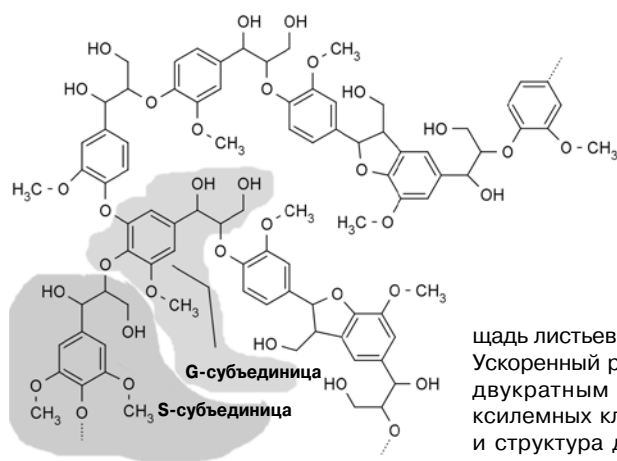
Российские же специалисты из пушкинского научного центра РАН еще в 2006 году занялись генетической модификацией березы и осины. Эту работу координирует К.А.Шестибратов из Института биоорганической химии РАН им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова. Задача та же: создать быстрорастущие породы на основе природных, то есть адаптированных к северным климатическим условиям, видов и по мере возможности избавиться от лигнина, чтобы заинтересовать в возделывании таких плантаций изготовителей бумаги, а в перспективе, в связи со спадом в бумажной промышленности из-за перехода офисов и СМИ на электронный формат, — изготовителей жидкого биотоплива.

Сейчас плантации, заложенные и три, и шесть лет назад в

питомниках ИБХ РАН, показывают, что молодые трансгенные березы и осины дают приросты на четверть больше, чем обычные, а прирост объема древесины, приходящийся на гектар, увеличился на 20—40%. Что будет с более зрелыми деревьями, должно показать время. Пробные плантации таких деревьев с участием пушкинских ученых думают заложить и в Белоруссии, где меньше законодательных ограничений на работу с генно-модифицированными организмами. Однако до разговоров о каком-либо промышленном внедрении еще далеко, поскольку экспериментальные плантации — это сотни деревьев. Их хватает лишь для оценки воздействия трансгенных организмов на окружающую среду — необходимый первый этап в таком деле. Очевидно, что подобные плантации могут появиться уже в рамках следующей программы по развитию биотехнологий и лесного хозяйства. Сами же потенциальные потребители быстрорастущих лесов уверены, что толку от них не будет и лучше потратить деньги на строительство дорог и освоение нетронутых лесов, чем разводить плантации в уже освоенных районах.



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР



2
Структура лигнина

специальной среде из тканей листа стали формироваться растения и появились корешки, их пересадили в почву и выращивали в теплице. Оказалось, однако, что экспрессия генов должна быть тканеспецифичной. Обычно *CLE41* работает во флоэме, *PXY* — в камбии. Их активность в других тканях трансгенного растения приводит к нарушению структуры древесины, а рост не ускоряет. Пришлось добиваться специфичности, подбирая регуляторные элементы.

Когда каждый из генов заработал только в той ткани, в которой положено, количество клеток древесины увеличилось уже на третьей неделе. Спустя полгода осинка

выглядит как прутик с листьями, в этом возрасте трансгенные растения были на 35% толще и на 56% выше, чем контрольные. Отличались они и скоростью роста: в шесть месяцев каждый саженец имеет в среднем 90 междоузлий, а контрольные растения только 60. Длина междоузлий и площадь листьев у трансгенов тоже больше.

Ускоренный рост сопровождается почти двукратным увеличением количества ксилемных клеток, при этом их размер и структура древесины не отличаются от нормы. Исследователи не исключают, что сигнальный путь *PXY/CLE* влияет и на другие аспекты развития растения.

Другая задача, решаемая генными инженерами, — добыча биотоплива из древесины. Его получают ферментацией целлюлозы, но этому процессу мешает другой полимер древесины, лигнин (о лигнине см. «Химия и жизнь», 2006, № 2). Он и сам не расщепляется, и загораживает ферментам доступ к целлюлозе. Исследователи разных стран активно изучают пути биосинтеза лигнина в растении. В результате им удалось повлиять на работу нескольких генов и получить тополя, древесина которых содержит на 20—50% меньше лигнина, чем обычно. К сожалению, сосуды у таких деревьев хрупкие, ломкие, нередко закупорены воздушными пузырями. Древесина и листья местами

отмирают, дерево растет медленно и в конце концов погибает. Очевидно, деревья с низким содержанием лигнина не годятся для промышленного разведения.

Специалисты из университета Британской Колумбии (Канада) и Университета Пердью (США) пошли иным путем. Они изменили качество лигнина, не влияя на его количество («New Phytologist», 2012, 194, 91—101, doi: 10.1111/j.1469-8137.2011.04031.x). Лигнин — сложный полимер. В лиственных породах он состоит в основном из мономеров двух типов: гваяциловых (G-субъединицы) и сирингильных (S-субъединицы), доля которых составляет около 65% (рис. 2). Изменяя соотношение между ними, можно сохранить жесткость полимера, но увеличить растворимость, что облегчает отделение целлюлозы. Исследователи получили трансгенные растения тополя с повышенной экспрессией гена ферулат-5-гидроксилазы (*F5H*), лигнин таких деревьев содержит до 93% S-единиц. S-лигнин легче поддается деградации. Исследователи подобрали режим предварительной обработки древесины, при котором S-лигнин деградирует, после чего целлюлоза почти полностью гидролизует и эффективность получения биотоплива из такой древесины существенно возрастает. Поскольку содержание лигнина в ксилеме остается прежним, трансгенные деревья растут не хуже обычных и прекрасно себя чувствуют.

Н. Л.Резник

Полезная говядина

В корову внедрен ген синтеза правильного жира.

«Biotechnology Letters», май 2015 года: doi: 10.1007/s10529-015-1827-z

Диетологи считают полиненасыщенные омега-кислоты одним из основных компонентов здорового питания, причем особенно важно соблюсти баланс между потреблением омега-3 и омега-6 жирных кислот (то есть таких, у которых вторая двойная связь находится между 3-м и 4-м или 6-м и 7-м атомами углерода, если считать с хвоста молекулы). Получаем мы эти кислоты либо с растительным маслом, прежде всего оливковым, либо поедая рыб, которые, в свою очередь, питались одноклеточными водорослями и рачками, поедающими те же водоросли. В организмах животных омега-3 кислоты не синтезируются. Однако масла мы едим мало, а мяса — много, и получается дисбаланс. Биотехнологи хотят этот дисбаланс убрать. Так, специалисты из КНР и Японии уже провели опыты по внедрению генов шпината или нематоды, ответственных за синтез омега-3 кислот, в геномы коров молочных пород, свиней и овец. Теперь настала очередь мясной коровы.

Китайские технологи из Национального центра улучшения говядины в провинции Шаньси во главе с Чэн Гуном построили работу так. Ген, выделенный из знаменитой нематоды *Caenorhabditis elegans*, они встраивали в клетки кожи, изъятые у эмбриона коровы. Затем эти клетки перепрограммировали, изготовили с их помощью зародыши и подсадили коровам. В результате от 94 коров родилось 20 телят, 17 из которых вскоре умерло. Случилось это из-за воспалений и пороков развития, что связывают с недостатками процедур перепрограммирования и последующей подготовки зародыша. Три теленка выжили и были, по мнению их создателей, вполне здоровы. Анализ же показал, что цель достигнута: соотношение омега-6 и омега-3 кислот снизилось с 5,33 : 1 до практически равного — 0,95 : 1. Так было показано, что с помощью трансгенной технологии можно достаточно быстро получить стадо коров с составом жирных кислот, более подходящим для диеты современного человека.

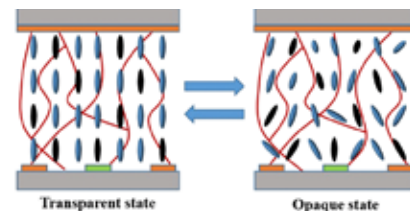
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Стекло-хамелеон

Окно превратится в экран по электрическому сигналу.

«AIP Advances», 2015, 5, 047118; <http://dx.doi.org/10.1063/1.4918277>

Очки-хамелеоны меняют цвет в зависимости от яркости света. А чтобы превратить окно в дисплей, изобразив на нем красивый вид вместо глухой стены соседнего дома, нужно по воле человека сделать его непрозрачным. Добиться этого можно с помощью жидких кристаллов: под действием электрического поля пленка из такого вещества способна менять свою прозрачность. Однако пока что не удавалось так перекрыть поток света извне, чтобы совсем избавиться от надоевшего вида: тот все время влезал в транслируемое теми же кристаллами изображение. Кроме того, для сохранения нужного уровня прозрачности приходилось постоянно держать электричество включенным.



Южнокорейские исследователи из Пусанского национального университета во главе с Ён Тхэхоном придумали, как решить обе проблемы: они добавили к жидким кристаллам краситель, а сверху и снизу оптической ячейки расположили блоки электродов. Краситель этот пропускал только свет, поляризация которого не совпадала с осью его молекулы.

В норме все молекулы были выстроены вдоль нитей жидких кристаллов, и ячейка пропускала две трети падавшего света. Но вот подали ток на электроды. Они создали электрические поля хитрой конфигурации, которые расшатали все молекулы красителя, сделав их расположение случайным. В таком состоянии они поглощали свет с любой поляризацией, ячейка темнела. На переключение потребовалось напряжение 10 вольт, что в пять раз меньше, чем в известных конструкциях. После же выключения электричества прозрачность мгновенно восстанавливалась. Теперь нужно получить на созданном темном фоне новое изображение, ну и добиться, чтобы солнечный свет и кислород воздуха не разрушили всю эту систему.

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

Геном шмеля

У медоносных насекомых недоразвит иммунитет?

Агентство «AlphaGalileo», 27 апреля 2015 года

Массовая гибель колоний пчел в развитых странах заставила агрономов разводить других опылителей растений — шмелей. Уже появились и шмелезаводчики, и выделено несколько видов шмелей, которые лучше всех подходят для разведения. Однако, как выясняется, и с ними все нехорошо: в США, откуда пошла пчелиная напасть, шмели тоже исчезают с полей.

Поскольку нет разумных ответов на вопросы, кто виноват и что делать, приходится идти путем длительных научных исследований. Этот путь привел в геном: восемь лет назад Сет Баррибау и Бен Зедд из щорихской Высшей технической школы инициировали изучение генома шмелей, и сейчас эта работа закончена. Оказалось, что в нем есть большая странность — за иммунную систему отвечают всего 150 генов из 20 тысяч. Это в два с лишним раза меньше, чем у дрозофил или комаров, и только у пчел да паразитических ос столь же скромный арсенал. Раньше биологи предполагали, что пчелы, будучи общественными насекомыми, могут поддерживать гигиену и поэтому в особо развитом иммунитете не нуждаются. Однако семьи шмелей организованы проще, так что теперь это объяснение не подходит. Пришлось выдвинуть новую концепцию: насекомые, поедающие нектар и пыльцу, имеют дело с относительно чистой пищей, не то что комар, оттого у них и не развился иммунитет. Не исключено, что в индустриальном веке это и сыграло с насекомыми злую шутку: они оказались не готовы к встрече с массово распространившимися из-за промышленного пчеловодства инфекциями. Вдобавок у шмелей обнаружили всего несколько генов, ответственных за детоксикацию. А это уже намек, что им трудно справляться с ядохимикатами, попадающими на пыльцу и в нектар. Так обе рабочие гипотезы причины исчезновения пчел — воздействие паразитов и ядохимикаты — получили свое обоснование и в случае шмелей.

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

Лекарство для шмеля

Большой шмель лечится нектаром с никотином.

Агентство «AlphaGalileo», 27 апреля 2015 года

Если в кишечнике шмеля поселится одноклеточный паразит *Crithidia bombi*, дни насекомого сочтены: оно плохо ориентируется в пространстве, пытается брать нектар с цветов, в которых его нет, и погибает от голода. Так гласит теория. Но вот исследователи из Лондонского университета во главе с доктором Дэвидом Баракки обнаружили интересную особенность: больные шмели охотно потребляют нектар с добавками никотина. При этом активность паразита резко ослабевает, правда, на продолжительности жизни шмеля это не сказывается. Здоровому же насекомому такой нектар на пользу не идет: как и у людей-курильщиц, никотин снижает у шмеля аппетит. В общем, столкнувшись с этим странным феноменом, исследователи делают вывод, что роль никотина в жизни шмелиной семьи еще нужно поизучать. Однако можно сделать и другой вывод: большое насекомое посещает любые цветы, встретившиеся ему на пути, не потому, что «забыло», как выглядят и пахнут медоносы, возможно, оно просто ищет лекарство. Самое же поразительное — откуда больной шмель знает, что ему нужен именно нектар с никотином? Ведь здоровые шмели предпочитают не собирать такой нектар, да и фармацевтического справочника в гнезде не имеется. Кстати, в феврале 2010 года прошла новость, что пчелы всегда предпочитают нектар с никотином. А ведь у них есть аналогичный паразит — *Crithidia mellificae*. Не исключено, что, выращивая табак вблизи пасеки, можно уменьшить заболеваемость крылатых друзей-опылителей.

Смертельная еда

Переход на меню среднего американца всего за две недели резко повышает риск развития рака кишечника.

«Nature Communications»
2015, 6, № 6342;
doi: 10.1038/
ncomms7342

Хорошо известно, что многие американцы потребляют не самую здоровую пищу. Например, в ней мало растительных волокон, зато много животных жиров и белков. Одно из следствий — высокий уровень заболеваемости раком кишечника: 65 случаев на 100 тысяч жителей. А вот там, где едят грубую нежирную пищу с большим количеством волокон, например в сельских районах ЮАР, уровень заболеваемости всего 5 человек на 100 тысяч. Исследователи из Питтсбургского университета во главе с профессором Стивеном О'Кифом вместе с коллегами из лондонского Королевского колледжа провели эксперимент с участием двадцати чернокожих добровольцев из США и ЮАР. При обследовании у каждого второго американца в кишечнике нашли полипы, которые вполне могут развиться в злокачественные образования. У африканцев же ничего такого не было. Затем участникам обеих групп поменяли диету.

Результат поразил исследователей: у первых воспалительные процессы пошли на спад, а биомаркеры риска развития рака, который определяют по составу слизи кишечника, резко снизились. У вторых же, наоборот, резко выросли. И все это за какие-то две недели! Сам по себе эффект смены диеты давно известен — например, у японцев, переживших жизнь на Гавайи и пристрастившихся к американской пище, всего за одно поколение низкая частота рака кишечника меняется на высокую. «Быстрая вестернизация образа жизни африканцев в связи с этими данными настораживает, — отмечает профессор О'Киф. — С другой стороны, тот факт, что традиционная африканская пища с высоким содержанием растительных волокон всего за две недели снижает риск, может служить добрым знаком — никогда не поздно повернуть процесс вспять». Причиной же считают существенное увеличение выработки кишечными микробами масляной кислоты и ее производных при усвоении пищевых волокон: эти вещества угнетают опухолевые клетки и способствуют развитию нормальных клеток эпителия.

Пищевые волокна — целлюлоза, лигнин, пектин и другие полисахариды, не усваивающиеся при пищеварении, но полезные для здоровья, — это то, чем богаты прежде всего отруби, сушеные яблоки, абрикосы и изюм, черный хлеб, жареные грибы и прочие растительные продукты.

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

Жидкое охлаждение

Избавившись от вентилятора в компьютере, можно сэкономить миллиарды долларов.

Агентство «NewsWise»,
27 апреля 2015 года

Казалось бы, тепловые трубки, которые с помощью легкокипящей жидкости перекачивают тепло от более нагретого тела к менее, давно известны инженерам, а широко применяются с начала космической эры для так называемого пассивного, то есть не требующего подвода энергии, охлаждения приборов. А вот в персональных компьютерах для охлаждения процессоров уже которое десятилетие используют вентиляторы. Они не только шумят, загрязняются пылью и ломаются, но еще и потребляют электричество. Пусть каждый — немного, но, когда речь идет о миллиарде устройств во всем мире, затраты оказываются огромными. Только в США эти вентиляторы пускают на ветер 6,3 млрд. долларов в год. Спрашивается, почему их давным-давно не заменили на тепловые трубки? Возможно, из-за капризного поведения таких труб: если температура окажется слишком мала или велика, фазовое превращение не произойдет и труба станет отводить тепло как обычный кусок металла. В общем, экспериментальные установки были, а вот промышленного пассивного охладителя для домашних компьютеров сделать не удалось.



Дипломник Алабамского университета Нгуен Куонг, работая под руководством доктора Джеймса Смита-младшего, решил доказать, что надежную систему охлаждения, основанную на этом принципе, сделать можно. Он не стал накручивать тепловые трубки на радиатор процессора, а проделал в нем канал, через который и пропустил поток жидкости — фторуглерода FC-72 от компании 3M (температура кипения 56°C, полная биологическая инертность, отсутствие электропроводности). Обошелся он и без медных трубок, заключив охладитель в прозрачные пластиковые, соединять которые гораздо проще. Двенадцатичасовые испытания при высокой нагрузке на процессоры Intel Pentium-4 и Core-3i показали, что решение вполне надежно: температура процессора колебалась вокруг 56°C. По оценкам Куонга, экономический эффект от внедрения его системы составит 540 млн. в год только за счет отказа от вентиляторов и связанных с ними проводов.

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

Трансдеревья

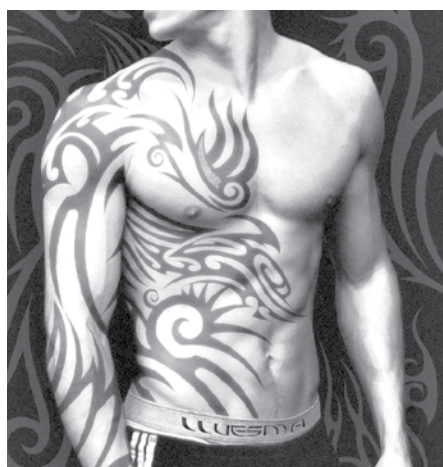
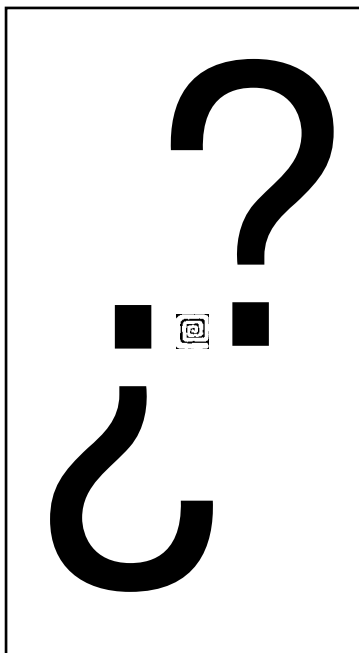
Трансгенные деревья расселяют по США.

Агентство
«NewsWise»,
6 и 16 мая 2015 года

Весной 2015 года сотрудники колледжа SUNY по окружающей среде и лесоводству из штата Нью-Йорк заложили первые экспериментальные делянки трансгенных деревьев каштана американского. Дело в том, что густые леса этих деревьев в начале XX века подверглись нашествию китайского грибка, который практически уничтожил их — выжили сотни деревьев из миллионов. И вот появилась возможность восстановить каштановые леса, тем более что это быстрорастущий вид, который и дает вкусные орехи, и годен к рубке в возрасте 80 лет.

За четверть века исследований в колледже получили здоровые саженцы со встроенным геном пшеницы. Он разрушает оксалиновую кислоту, вырабатываемую грибом. До сих пор опыты проходили в теплице, теперь же по полтора десятка трансгенных деревьев высадили на трех делянках: собственной земле колледжа и участках, предоставленных Обществом восстановления каштанов и клубом Лагерного костра — организации, которая более столетия занимается экологическим воспитанием школьников. «Каштан — символ нашего клуба, из него было построено наше главное здание. Участвуя в акции по восстановлению каштанового леса, школьники смогут сказать своим потомкам: эти леса восстановлены с моей помощью», — говорит Престон Брюэн, выпускник колледжа, ныне возглавляющий природоохранный комитет клуба. Биотехнологи надеются, что через семь лет, когда каштаны вступят в пору плодоношения, будут получены все разрешения на посадку трансгенных деревьев. И сажают рядом с трансгенами обычные саженцы платана — переопылившись, они дадут гибриды, что увеличит биоразнообразие вновь сажаемых лесов.

В 2005 году цитрусовые плантации во Флориде поразила бактерия, которая нарушает сосудистую систему дерева, и оно засыхает. Сейчас больные деревья есть чуть ли не на каждой плантации штата. Естественно, аграрии забили тревогу, и крупнейшая компания — «Южные фрукты» — профинансировала работу ученых. В частности, доктора Эрика Микова из техасского исследовательского центра «Агрилайф», который давно уже получил патент на использование гена, выделенного из шпината, для борьбы с такими бактериями. Тот факт, что ген выделен из съедобного растения, существенно ускорил процедуру внедрения трансгенных деревьев, и 30 апреля 2015 года Агентство охраны окружающей среды США дало разрешение на проведение широкомасштабных экспериментальных посадок цитрусовых, устойчивых к болезни. Пока что соков из их плодов делать не собираются, испытания должны показать, действительно ли шпинатный ген защитит от инфекции. Параллельно будут наблюдать за влиянием плантации трансгенов на окружающую среду.



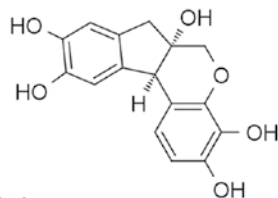
Правда ли, что татуировка реагирует на магниторезонансную томографию?

Да, известны случаи, когда пациенты при МРТ-обследовании жаловались на неприятные ощущения, а иногда и на сильное жжение и боль в области татуировки. Что же происходит с татуировкой в томографе? Чтобы ответить на этот вопрос, надо разобраться, какими красками выполнены рисунки на коже.

Чернила для тату представляют собой тончайшую взвесь пигментов в жидкости. Роль последней чаще всего играют этиловый спирт и дистиллированная вода, хотя бывает, что используют пропиленгликоль, глицерин, другие спирты

и даже ядовитый этиленгликоль. Химическая палитра пигментов намного обширнее. В разные времена использовали разные красящие вещества, но в целом картина выглядит так.

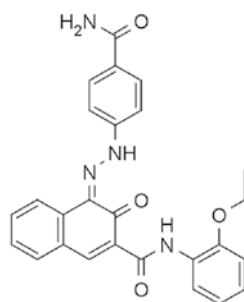
Черный пигмент делали из измельченного минерала магнетита (Fe_3O_4) либо из сажи. Причем степень измельчения магнетита такова, что он не теряет свои магнитные свойства. В черной и темно-фиолетовой гамме работает и краситель гематоксилин, который извлекают из темной сердцевины кампешевого дерева, произрастающего в Центральной Америке:



Гематоксилин

Красители, экстрагируемые из кампешевого дерева, его еще называли кроваво-красным из-за цвета древесины, использовали в хлопчатобумажной промышленности. Пигмент красной древесины быстро окислялся и темнел на воздухе — до темно-фиолетового и почти черного. Из сока его коры, к которой добавляли соли железа, изготавливали черно-фиолетовые чернила.

Пигментом для коричневых чернил служила охра — оксиды трехвалентного железа, смешанные с глиной. При прокаливании она приобретала красный цвет. Красные чернила содержали киноварь, или сульфид ртути HgS , селенид кадмия $CdSe$, оксиды железа и органический краситель нафтоловый красный, который сегодня широко применяют при изготовлении акриловых красок:

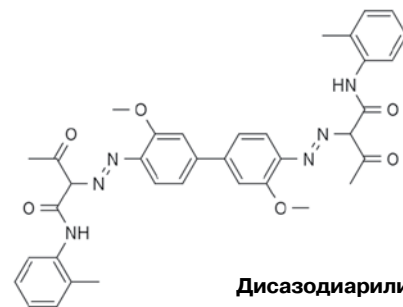


Нафтоловый красный

Понятно, что киноварь и селенид кадмия — откровенно ядовитые вещества.

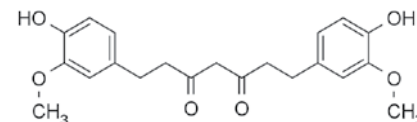
Оранжево-желтую гамму чернил обеспечивают такие неорганические пигменты, как охры, сульфид кадмия, сульфид-селенид кадмия, сульфид кадмия-цинка, хромат свинца в смеси с сульфидом свинца. Есть и желтые ор-

ганические красители: синтетический дисазодиарилид:



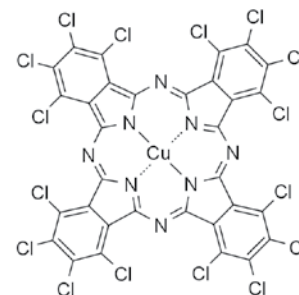
Дисазодиарилид

и природный полифенол куркумин, извлекаемый из куркумы длинной *Curcuma longa* — заменителя шафрана:



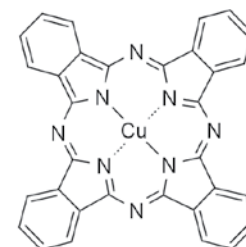
Куркумин

Зеленые чернила своим цветом обязаны оксиду хрома Cr_2O_3 , малахиту $Cu_2(CO_3)(OH)_2$, хромату свинца $PbCrO_4$, смеси ферроцианида калия (желтого цвета) и ферроцианида железа (прусский синий), фталоцианина меди и алюминия.



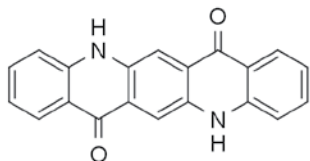
Фталоцианин зеленый

Пигменты в голубых чернилах — это карбонат меди (минерал азурит), натрий-кальциевый алюмосиликат с примесью сульфид-ионов (минерал лазурит), силикат меди и кальция $CaCuSi_4O_{10}$ (египетский синий), другие оксиды алюминия, кобальта и хрома. Самые безопасные — синие и зеленые медные соли, такие, как фталоцианин меди, которыми окрашивают детские игрушки и контактные линзы.



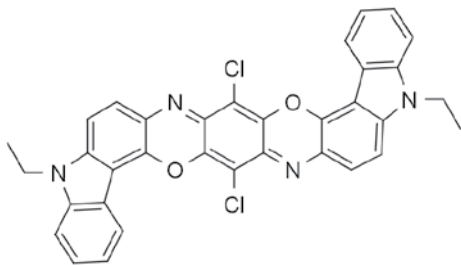
Фталоцианин голубой

Для фиолетовых чернил используют неорганический пигмент марганец фиолетовый — аммоний-марганец пиродифосфат ($\text{NH}_4\text{MnP}_2\text{O}_7$) и различные соли алюминия, а также синтетические органические красители квинакридон:



Квинакридон

и фиолетовый 23 — карбазолдиоксазин:



Фиолетовый 23

Есть даже белые чернила для татуировки, цвет которым придают карбонат свинца PbCO_3 , диоксид титана TiO_2 , сульфат бария BaSO_4 , оксид цинка ZnO .

Из этого перечня, впрочем — не исчерпывающего, видно, что красящую основу чернил для татуировок составляют вовсе не растительные пигменты, как многие думают, а преимущественно неорганические (оксиды и соли металлов) либо синтетические органические красители. Если татуировка содержит оксиды железа (магнетит), то она будет «магнитной» — чувствительной к импульсам томографа. Магнитные компоненты татуировки могут преобразовывать импульсы томографа в электрический ток, вот почему возникают жжение и боль.

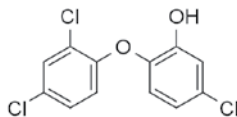
Но даже если этих симптомов нет, татуировка может исказить отсканированное изображение. Поэтому если у вас есть татуировка, перед обследованием расскажите об этом врачу. Возможно, вам лучше подойдет рентгеновская компьютерная томография или ультразвуковое обследование, которое назначают людям с металлическими имплантатами и кардиостимуляторами. И разумеется, прежде, чем делать татуировку, подумайте, нужна ли она вам, и обязательно поинтересуйтесь у мастера, чернила какого состава он использует.



Мыло с триклозаном безопасно для человека?

История применения триклозана как антисептической добавки к мылу, дезодорантам, гелям и зубной пасте насчитывает уже более 50 лет. Это вещество создала швейцарская компания Ciba-Geigy в начале шестидесятих годов прошлого века.

Триклозан, или 5-хлор-2-(2,4-дихлорфенокси)-фенол, — порошок белого цвета с легким фенольным запахом:



Он плохо растворяется в воде (всего 0,012 г в литре при 20° С), но значительно лучше — в щелочных растворах и уж совсем хорошо — в этаноле, метаноле, диэтиловом эфире, жирах.

Этот замещенный дифениловый эфир, как и многие фенольные соединения, оказался прекрасным антисептиком, убивающим практически все бактерии.

Механизм этого убийства ученые раскрыли в 90-х годах прошлого века, когда после двадцатилетнего затишья произошел всплеск исследований в этой области. Сегодня мы знаем, что молекула триклозана легко проникает через клеточную мембрану бактерии и избирательно блокирует фермент еноилредуктазу (ENR), который участвует в синтезе жирных кислот. Фермент выходит из строя, и бактерия страдает от дефицита жирных кислот, жизненно необходимых для строительства клеточной мембраны и других важнейших функций.

О том, что триклозан блокирует синтез жирных кислот в бактериальных клетках и тем самым убивает их, первыми объявили научному сообществу в 1999 году американские

исследователи Ричард Хиз и Чарльз Рок из отделения биохимии детской больницы Св.Иуды в Мемфисе, штат Теннесси, вместе с соавторами опубликовавшие статью в «The Journal of Biological Chemistry» (1999; 274, 16, 11110—11114). Практически одновременно с этой публикацией в журнале «Nature» вышла статья другой группы американских ученых из Центра адаптационной генетики и резистентности к лекарствам университета Тафта (Бостон, Массачусетс). Они исследовали мутантные штаммы *E. coli*, резистентные к триклозану, и независимо и параллельно подтверждали механизм действия триклозана, предложенный коллегами из Мемфиса.

Открытый механизм, детальное исследование которого активно продолжилось в начале XXI века, многое объяснил. Почему, например, триклозан действует только на бактерии? Потому что он избирательно блокирует бактериальный фермент, которого нет у человека.

Но вернемся к вопросу — опасен ли триклозан для нашего здоровья? С точки зрения предложенного механизма его действия — нет. Между тем сегодня Интернет пестрит сообщениями о независимых исследованиях, утверждающих, что триклозан вреден и для окружающей среды, и для человека. Понимая, что наши знания не полны, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (Food and Drug Administration, FDA) вместе с Агентством по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency, EPA) финансируют дальнейшие исследования токсических свойств триклозана и его возможного влияния на окружающую среду. И хотя пока, с точки зрения FDA, доказательная база не убедительна и нужно продолжать исследования, на сайте FDA черным по белому написано, что нет никаких явных преимуществ у мыла с триклозаном перед обычным мылом.



ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ

Простое мыло с водой так же прекрасно отмывает руки.

Вообще, с позиций здравого смысла добавление триклозана в мыло, пусть и немного (0,1—1%), — мера избыточная и ненужная. Более того, она в каком-то смысле даже вредна. Тотальное уничтожение микробов повсюду помещает нас в микробиологическую пустыню, в которой наши шансы приобрести иммунитет стремительно падают. Ведь именно микроорганизмы тренируют нашу иммунную систему.

Каждое вещество должно быть на своем месте. Вот и триклозану, уникальному мощному антисептику, место в инфекционных отделениях больниц и в местах вспышки инфекционных заболеваний, то есть применять это вещество, как и любое другое, надо по назначению.

Шестнадцатого мая 2014 года губернатор штата Миннесота Марк Дейтон подписал законопроект, запрещающий использование триклозана в большинстве потребительских товаров для личной гигиены. Запрет начнет действовать в этом штате с 1 января 2017 года. И правильно. Человечество несколько не пострадает, если из мыла исчезнет триклозан.



Правда ли, что в детекторах дыма содержится радиоактивный элемент?

В ионизационных детекторах дыма, которые были созданы в 70-х годах прошлого века, действительно установлен источник ионизирующего излучения — крошечное количество америция-241 (доли микрограмма). Он размещен в специальной камере внутри устройства, которое устанавливают в помещениях на потолках. Собственно, эта камера — сердце детектора, потому что в ней происходит распознавание дыма.

В камере находятся два электрода, катод и анод, в виде пластинок одна над другой с воздушным зазором в один сантиметр. В нижней пластине также закреплен источник ионизирующего излучения, который непрерывно испускает альфа-частицы (ядра гелия). Они ионизируют молекулы кислорода и азота в воздухе, выбивая из них электроны, и воздух приобретает некоторую электрическую проводимость. Электроны отправляются к катоду, положительно заряженные ионы — к аноду. В результате через зазор между электродами в ионизационной камере постоянно проходит ток определенной силы.

Но стоит только дыму попасть в камеру детектора, как картина меняется. Частицы дыма захватывают ионы и нейтрализуют их. В результате ионы не добираются до электродов, и сила тока между ними падает. Система немедленно реагирует на эти изменения громким сигналом.

Активность америция в детекторе очень слабая и составляет 0,9 микрокюри, или 33,3 тысяч распадов в секунду. Для сравнения: человеческий организм содержит природный радионуклид калий-40, активность которого лишь в девять раз меньше, 0,1 микрокюри.

Альфа-излучение в таком варианте опасности не представляет. К тому же альфа-частицы легко задерживаются любыми преградами. Так что излучение не выходит за пределы детектора дыма.

Есть и другой тип детектора, фотоэлектрический. В его детектирующей камере установлен светодиод, который постоянно испускает луч света. О том, что светодиод работает, мы узнаем по миганию красной лампочки на детекторе, установленном на потолке. Камера сконструирована так, что луч света от светодиода не попадает на фотоэлемент, а проходит над ним, поэтому электрическая цепь в камере разомкнута. Но когда дым достигает камеры детектора, он рассеивает луч света, поэтому его часть попадает на фотоэлемент, возникает ток и раздается громкий сигнал тревоги. В этом устройстве нет радиоактивного элемента.

Оба типа детекторов вполне действенны, однако ионизационный быстрее реагирует на пылающий огонь с мелкими частицами сгорания, а фотоэлектрические датчики — на тлеющие пожары, где много дыма.



Что такое мерсеризованный хлопок и мерсеризованная шерсть?

В последнее время этот вопрос задают часто, поскольку в магазинах продавцы рекламируют носки, футболки, поло и рубашки, сделанные из хлопка, обработанного по «новой технологии». Но в технологии мерсеризации на самом деле нет ничего нового. Она появилась 170 лет назад стараниями британского химика Джона Мерсера. Он экспериментировал с хлопковым волокном, погружая его в растворы щелочей, и заметил, что хлопок в этих растворах набухает, становится более прочным и лучше поддается крашению.

Но тогда, в 1844 году, этот процесс не заинтересовал промышленников, потому что хлопковое волокно в растворе щелочи давало усадку. Прошло 46 лет, прежде чем Хорас Лоу догадался обрабатывать щелочными растворами волокна под натяжением, чтобы они не садились. В результате этой усовершенствованной технологии волокна еще и становились блестящими, похожими на шелк.

Сам процесс довольно прост. Нити обрабатывают 18—23%-ным раствором щелочи при комнатной температуре в течение нескольких минут, затем щелочь отмывают и нити протягивают над специальными горелками, чтобы опалить и удалить с поверхности микроволокна, то есть пушок. Это придает нитям и тканям дополнительную гладкость и защищает их от дальнейшего пилинга (образования катышков).

А вот при изготовлении ниток мулине (для вышивания) применяют двойную мерсеризацию — сначала обрабатывают щелочным раствором волокна, а затем, второй раз, уже готовые нити. В результате мягкость, прочность, шелковистость, восприимчивость к крашению, стойкость и яркость окраски еще больше усиливаются.

Что же происходит с хлопковым волокном в процессе мерсеризации? В щелочном растворе основа волокна, целлюлоза, взаимодействует со щелочью с образованием алкалицеллюлозы $(C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH)_n$. Поглощение NaOH сопровождается сорбцией воды, в результате волокно набухает. И если исходное волокно хлопка похоже на сдавленные трубочки, причем слегка скрученные, то во время набухания оно превращается в правильные выпрямленные цилиндры. Благодаря набуханию поверхность волокон натягивается и разглаживается, а за счет натяжения само волокно распрямляется и фиксируется в этом состоянии.

Мерсеризовать можно и волокна, и нити, и ткани, и даже готовые изделия. Выигрыш от этой процедуры большой. Хлопковое волокно получается гладким и блестящим, как шелк, оно лучше впитывает воду, лучше поглощает краситель и потому хорошо и прочно окрашивается в объеме, дает яркий, насыщенный и стойкий цвет. Оно прочнее, меньше мнется, легко стирается и не садится после стирки.

Кстати, мерсеризации поддаются не только хлопковые, но и смешанные волокна — из хлопка с полиэстером (полиэфирами). Что же касается шерсти, то ей мерсеризация противопоказана. Шерсть состоит не из целлюлозы, а в основном из фибриллярного белка кератина, то есть из цепочек аминокислот. Поэтому встреча шерсти с растворами щелочей губительна для нее — она попросту растворяется. Вот почему, кстати, для стирки шерстяных вещей надо использовать специальные мягкие моющие средства, чтобы кофточка не скукожилась или не расплзлась. Шампунь, которым мы моем голову, для ручной стирки шерсти надежнее всего.

Тем не менее в Интернете рекламируют мерсеризованную шерсть. Однако собственно мерсеризация к ней не имеет никакого отношения. Просто ее производители использовали известный термин, чтобы дать понять: эта шерсть не простая, а улучшенная. Конечно, ее не обрабатывают щелочью. «Мерсеризация» шерсти заключается в том, что на поверхность шерстяных волокон наносят тончайший слой силиконового полимера. В результате шерсть становится более шелковистой, более тонкой на ощупь, текучей. И главное — такую гладкую шерсть легче пряхать, а изделия из нее легче стирать.



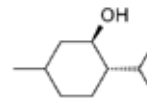
Что происходит в светильнике «Пульсар»?

У нашего журнала есть друзья — Лаборатория научного искусства SAVE, которую создали художник Юлия Боровая и кандидат химических наук Эдуард Рахманов при химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова. Лаборатория занимается не только художественными проектами в области Science Art. В этом году команда SAVE придумала, разработала и начала выпускать настольные светильники «Пульсар». Большая запаянная стеклянная колба, по форме напоминающая яйцо, располагается на ножках-держателях над источником тепла и света — лампочкой в металлическом патроне. Лампочка освещает и греет колбу снизу, и через некоторое время мы можем наблюдать волшебные превращения, происходящие в стеклянной емкости.

В колбе с ярким фиолетовым свечением находится небольшая навеска иода. При нагревании иод возгоняется и колба заполняется красивым фиолетовым паром. Пары иода постепенно конденсируются на более холодных стеклянных стенках колбы и кристаллизуются. Колбу с иодом можно подержать и над газовой горелкой или плитой (со всеми предосторожностями), и возгонка произойдет быстро. А дальше можно будет вернуть колбу на место в светильник и наблюдать за кристаллизацией иода. Можно оставить светильник на пару часов при минимальном свете лампочки, дающей слабое тепло, и в колбе начнут расти большие кристаллы. Если в комнате выключить свет полностью, то свет от светильника очень яркий: кристаллики иода с гладкой поверхностью отражают свет лампы и буквально светятся.

В другой разновидности светильника колба заполнена ментолом — органическим веществом, которое встре-

чается в природе в эфирном масле мяты и некоторых других растений:



Сегодня ментол умеют синтезировать для промышленных нужд. Это кристаллическое вещество легко плавится при небольшом нагреве (без возгонки), а при остывании начинает кристаллизоваться. Ментол в колбе нужно полностью расплавить — для этого мощности лампочки светильника вполне достаточно. После того как образовалась прозрачная жидкость, надо колбу плавно поворачивать, чтобы облить все внутренние стенки расплавленным ментолом, и вернуть на место. Брать колбу в руки можно без опаски — стекло теплое, но не горячее. Теперь свет лампы можно сделать меньше и наблюдать, как на внутренней поверхности колбы будут формироваться причудливые картины и узоры, образованные кристаллизующимся ментолом.

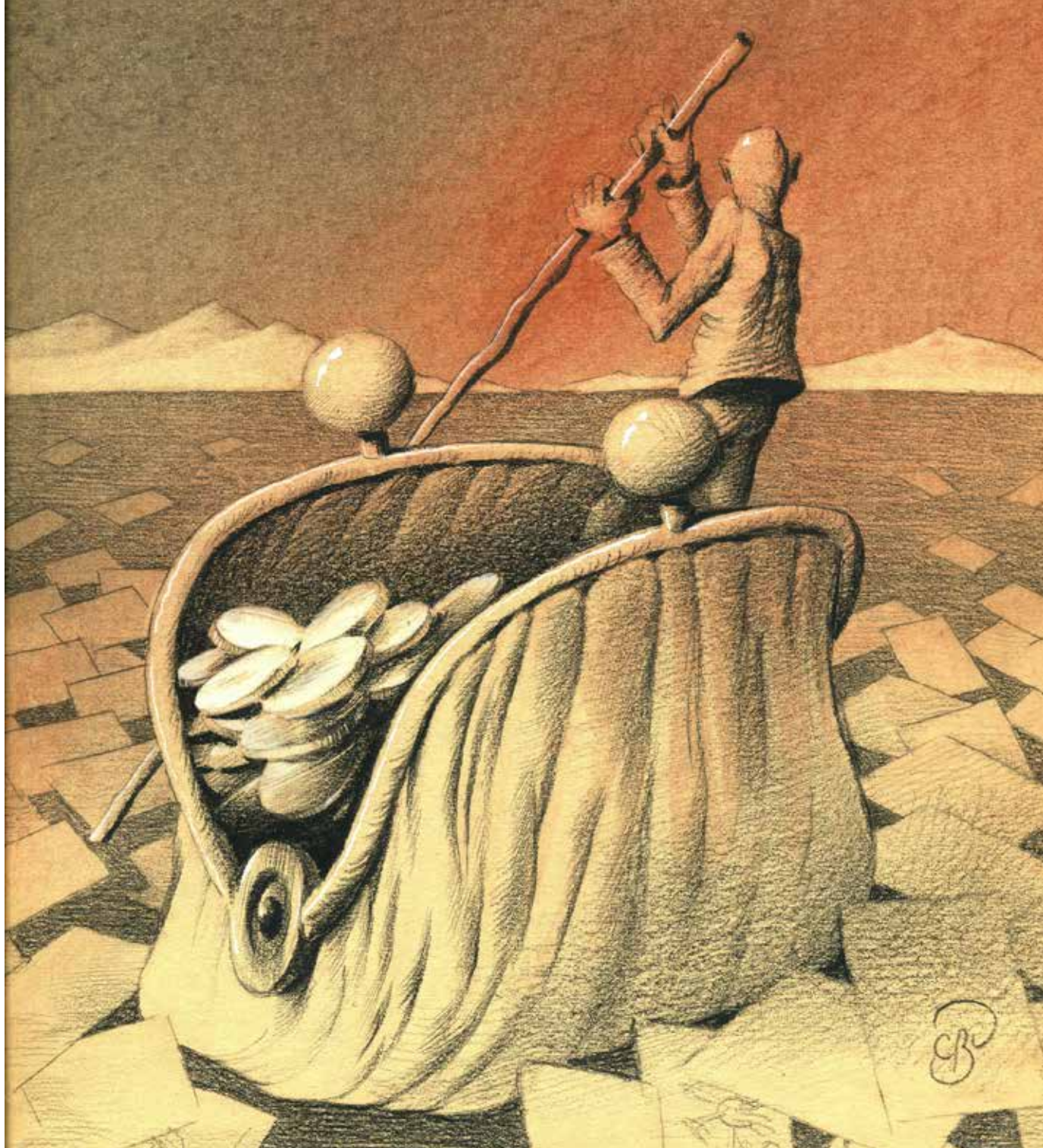
Есть еще и третья разновидность «Пульсара», с нафталином. Он тоже плавится, а при остывании образует на стенках колбы белые кристаллы в форме дендритов.

Светильники «Пульсар» могут работать как ночники, дающие приятное и необычное освещение. Однако, на мой взгляд, это отличный демонстрационный прибор, с помощью которого можно показывать и наблюдать различные агрегатные состояния вещества и переход из одного в другое. Если вам захочется приобрести «Пульсар», отправьте заявку в редакцию по электронной почте, и мы с удовольствием передадим ее в лабораторию SAVE. А можно сделать заказ на сайте <http://pulsarlight.ru>.

На вопросы отвечала
Л.Викторова



ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ



Художник С. Дергачев

Американские химики – в цене

О зарплатке инженера-химика в США

В.М.Хуторецкий

Химическая (в том числе нефтехимическая и фармацевтическая) промышленность США насчитывает примерно 13 500 действующих или готовых к действию установок, которые выпускают 70 тысяч наименований продуктов и которыми владеют 9 тысяч компаний. Она ежегодно производит товаров на 812 миллиардов долларов (15—16% мирового объема химического производства). Китай делает вдвое больше, Россия – в десять раз меньше. В 2013 году в отрасль, включая инфраструктуру и оборудование, было инвестировано 35 миллиардов, однако на исследования и разработки потратили больше — 56 миллиардов.

В американской химической индустрии занято почти 800 тысяч человек. Их средняя годовая зарплата в районе 58 тысяч долларов, что существенно больше, чем в среднем по стране. Из них 33,5 тысячи — это инженеры.

Журнал «Chemical Processing» («Химическая технология») в апреле этого года опубликовал ежегодный обзор результатов опроса инженеров-технологов, посвященный не только данным об оплате их труда, но и тому, как они относятся к своей работе и ее оплате. Данная статья во многом базируется на результатах этого опроса, хотя в нее включены и некоторые другие материалы, а также комментарии автора. Данные по другим отраслям производства США мы приводили ранее (см. «Химию и жизнь», 2013, № 6, с. 13—17), правда, только для молодых сотрудников.

Инженер-химик, ныне — менеджер солидной химической компании, которому я показал эту статью, посоветовал читателям принимать ее с долей скептицизма. Во-первых, на опросы такого рода чаще отвечают состоявшиеся, утвердившиеся в своей профессии люди, поэтому картина складывается более радужная, чем на самом деле. Во-вторых, низкие цены на нефть крайне неблагоприятно сказываются на делах в нефтедобывающей промышленности США. Отнюдь не безоблачно выглядит и фармацевтический сектор — только в штате Нью-Джерси за последние шесть лет занятость упала на 20%, закрылись некоторые производственные площадки крупнейших мировых производителей лекарств, таких как «Авентис», «Эбботт», «Мерк» и многих других. Сокращать зарплату при этом не принято, а увольнять персонал — сколько угодно. В-третьих, из-за высокой стоимости каждого рабочего места фирмы чрезвычайно требовательны при найме: в некоторых университетах лишь каждый четвертый выпускник находит работу по специальности.

Что такое хорошо и что такое плохо

Давайте сразу с этим определимся, чтобы было с чем сравнивать. Общее число миллионеров в США 7,1 миллиона человек, миллиардеров — всего 513. Губернатор штата и астронавт, который пробудет на орбите целый год, получают зарплату 140—145 тысяч долларов (все зарплаты здесь и далее исчисляются в год, если не оговорено другое). Многие знакомые «программисты» всех мастей зарабатывают больше, особенно те, кто работают в финансах. В то же время половина налогоплательщиков США получили за 2011 год 27 тысяч долларов и меньше. Средний доход семьи в 2014 г. был чуть ниже 54 тысяч долларов. Две трети американцев зарабатывают до 42 тысяч долларов (www.tyubudget360.com/). Бедных в США 15%, ими считаются те, кто получают менее 11,7 тысячи на одного или 23,5 тысяч долларов — на семью из четырех человек.

Есть хорошая новость — высокие зарплаты действительно имеются в изобилии, и есть плохая — чтобы их получить, надо долго учиться и иметь степень выше бакалавра. В десятке наиболее высокооплачиваемых профессий семь относятся к здравоохранению. Хирург получает 233 тысячи, но ему, как и всем врачам, нужно учиться и стажироваться десять лет после получения степени бакалавра. Терапевт зарабатывает 187 тысяч, психиатр и дантист — больше. Адвокат и фармацевт получают 114 и 117 тысяч соответственно.

Не забудем, что попасть на эти специальности можно, только напряженно трудясь с 9 класса школы (из 12) и через жесткий конкурс. Средний (у кого-то, значит, и больше) долг выпускника медицинских вузов в 2013 году составлял 175 тысяч долларов, так что высокие зарплаты им очень нужны, проценты-то набегают. Там, где медицина связана со STEM (наука, технология, инженерия, математика), уровень зарплат уже другой — средняя зарплата нейрохирурга, например, 340 тысяч долларов. Сравнимый уровень стресса испытывают только авиадиспетчеры (122 530 долларов), но им не требуется аналогичная подготовка. Инженер на буровой зарабатывает 84 тысячи. Школьный учитель в среднем получает около 55 тысяч.

Среди обладателей степени бакалавра и выше в возрасте 25 лет и старше средняя зарплата мужчин 72 тысячи долларов, женщин — только 54,5. Распределение по расам в этой же категории тоже отнюдь не равномерное: чернокожие - 50,4 тысячи;

латинос — 52,4; белые — 63,4; азиаты — 69 тысяч. Вероятно, сказывается количество обладателей более высоких степеней.

Прогноз и зарплата инженеров-химиков

Очередной ежегодный отчет Американского совета по химии содержит прогноз умеренного роста перерабатывающей и химической промышленности на ближайшие несколько лет, и большинство участников рассматриваемого опроса согласны с таким прогнозом. В 2009 году зарплата инженера-химика была максимальной за последние десять лет (107,6 тысяч долларов в год), но потом резко упала в результате рецессии до 97 тысяч и плавно росла до 2014 года. Из 1247 человек, приславших свои ответы в 2015 году, почти 60% заявили, что они не беспокоятся о надежности своей работы, — это на 4% больше, чем было в прошлом году. Более того, 70% опрошенных согласны с утверждением, что у них есть лишь ничтожная или нулевая вероятность потерять работу в течение ближайших двух лет. Только 24% осторожных считают, что этот шанс умеренный. Остальные 6%, по-видимому, можно отнести к тем, кто занят на устаревших установках или понимают недостаточность своего уровня квалификации.

Несмотря на такой оптимизм, средняя зарплата за 2014 год несколько уменьшилась: 104,5 тысяч долларов против 107 тысяч в предшествующем году. Ежегодная прибавка в зарплате тоже уменьшилась в этом году с 4,26% в 2013 до 4,06%. Почти у половины прибавка составила от 2,5 до 5%, а еще у 32% — меньше 2,5%. Вероятное объяснение такого парадокса заключается в некотором омоложении респондентов. Надо ли напоминать, что с возрастом, а значит, и со стажем и опытом, растет и зарплата? Если в прошлогоднем обзоре средний возраст инженера-химика в США составлял 51,6 года, то в этом (2015) он снизился до 50 лет, причем число инженеров, образующих самую многочисленную группу 50—59 лет (35,5%), уменьшилось на 2%, а тех, кому за 60, — на 3%. Доля инженеров в возрасте 20—39 лет возросла на 4,5% по сравнению с опросом 2014 года. По государственной статистике, средняя зарплата инженера-химика в мае 2012 года составляла 94,35 тысяч долларов.

Блага

В Америке получаемые от работы блага (компенсация за работу) включают в себя не только зарплату, которая для белых воротничков исчисляется за год, а не за месяц, но и пакет (он же — бонусы и бенефиты). В пакет зачастую входят, в разных сочетаниях: бонус (премия по итогам года); участие в прибыли своего предприятия и/или выдача его акций (обычно с оговоркой, что их нельзя забрать или продать, пока не проработаешь год—два); медицинская страховка; отпуск (довольно короткий, одна — три недели); оплачиваемые больничные дни (6-10 в год, справка от врача не требуется), их количество, как и отпуск, обычно растут со стажем; пенсионный план 401k; изредка что-нибудь еще, например оплата образования для сотрудника или его детей. Молодые компании, вроде «Гугл», своих сотрудников бесплатно кормят и завтраком, и ланчем, очень даже вкусно; кофе даром предоставляют многие.

Государственную пенсию в США платят всем, кто проработал 40 кварталов, то есть десять лет, зарабатывая хотя бы 4880 долларов в год. Срок выхода на пенсию единый для мужчин и женщин, для получения полной пенсии он составляет 67 лет. Если вы хотите уйти раньше, это можно сделать с 62 лет, но сумма пенсии будет заметно меньше, причем навсегда. Есть максимум пенсии для всех, который в 2015 году составляет 2663 доллара в месяц (средняя-то величина — 1328 долларов, но к инженерам это отношения не имеет). Однако если вы проработаете до 70 лет, то максимум составит 3501 доллар в месяц.

Не так и плохо. Но человеку, привыкшему к высокой зарплате, снижение более чем вдвое ощутимо. Поэтому большинство дополнительно накапливают деньги, откладывая их в пенсионный план 401k. Суть его в том, что солидные компании на доллар,

отложенный его работником, добавляют свой вклад (от 25 до 100%). Даже если компания ничего не добавляет, этот план имеет потолок, который в 2015 году составляет 18 тысяч долларов/год. Выгода такого плана еще и в том, что с вкладываемых в него денег работник не платит налог немедленно, а он при упомянутых выше зарплатах никак не меньше 35%. Получается, грубо говоря, так: вкладываешь в план 100 долларов, а получка уменьшается только на 65.

Потом, на пенсии, когда эти условные 100 долларов за истекшее время при разумном управлении выросли до 200 или больше, начинаешь расходовать эти деньги. Но у вас уже нет прежнего дохода, только пенсия, поэтому и процент налога на снимаемые суммы (это теперь ваш доход) будет не 35%, а 15—20%. Если же просто положить свои деньги в банк или фонд, то с них сразу возьмут налог, а потом, когда они подрастут, возьмут налог с разницы (народ шутит: налог с инфляцией). Когда-то, еще лет пять—семь назад, были пенсии от компаний, сейчас эта практика сошла на нет.

Любой гражданин США в возрасте 65 лет имеет право на государственную медицинскую страховку (Medicare), которая оплачивает 80% расходов на многие, но отнюдь не все виды лечения и лекарства. Однако эти расходы в США так велики, что и оставшиеся 20% могут быть совершенно неподъемными. Разновидностей медицинских страховок очень много. Различия связаны с тем, что конкретно страховка покрывает: каких врачей (например, многие не оплачивают услуги дантиста и окулиста), какой госпиталь, какие операции, процедуры и лекарства, включено ли выхаживание после операции и т. п. Страховка может распространяться только на самого работника или также на членов его семьи (супруг/супруга, дети до 26 лет). При этом оговаривается минимум, который должен заплатить пациент, прежде чем начнет действовать страховка, а также доля расходов, которую оплачивают страхователь и застрахованный. Так что американец, устраиваясь на работу, интересуется не только зарплатой, но и социальным пакетом. Поэтому попасть на госслужбу, где зарплата зачастую совсем не велика, очень трудно: работа стабильная и медицинское обслуживание всей семьи даром, что, может быть, поважнее, чем размер зарплаты.

В солидных местах, а именно там обычно работают инженеры-химики, медицинская страховка и план 401к, конечно, входят в пакет бенефитов. Премиальные же могут быть весьма разные. Хорошо зарабатывающие компании больше делятся со своими служащими: согласно опросу 2015 года, бонус подскочил до 7071 от 6439 в 2014 году; в каждом третьем случае он превышал 10 000 долларов. Один из респондентов хвастал: «Я получаю достаточную компенсацию за свою роль в компании. Моя базовая зарплата больше 150 тысяч, а премия и доля в прибыли превышают половину зарплаты». Из тех, кто получил ежегодный бонус (но получили его, увы, не все), 66% полагают, что его размер был обусловлен выполнением или превышением ожидаемых показателей, а 55% — финансовыми успехами их подразделения.

На всех не угодишь

Один из респондентов, комментируя вечные жалобы о зарплате и бенефитах, напоминает, что если есть кто-то лучше других, то это неизбежно означает, что есть тот, кто хуже. Только 56% опрошенных считают, что получают суммарную компенсацию, соответствующую их уровню знаний и умений, профессионализму. Соответственно чуть ли не половина полагает, что им недодают. Например: «Мне платят сообразно моему уровню образования и опыту. Я только хотел бы, чтобы компания давала мне бонус, который отражал бы мой личный вклад в организацию. Сейчас нам не платят бонусов вообще».

Там, где бонус платят, неоднократно поднимается вопрос о личном вкладе, например: «Я думаю, что получаю справедливую компенсацию за работу на моей нынешней должности. Хотелось бы, однако, чтобы программа бонусов и ежегодных повышений зарплаты в нашей компании была бы теснее связана

с качеством работы отдельных лиц или групп в ней, а не всей компании в целом».

Деньги — это не все

Как выясняется, у инженера главный фактор удовлетворенности своей работой — это не деньги, а сложность задачи, вызов, который бросает ему работа. Попросту говоря, ему скучно решать простейшие рутинные вопросы. Так считают 45% опрошенных. Только 22% поставили на первое место зарплату и бенефиты, 12% — устойчивость работы и 11% — нематериальное признание.

Среди ответов респондентов на вопрос, что им больше всего нравится в их работе, список возглавляют тот самый «вызов и стимулы от начальства» (70%), бенефиты и зарплата (53%) и радость от общения с коллегами (49%). Рабочую среду и производство нужных людям продуктов отметили 36% и 31% ответивших, соответственно.

Вот примеры высказываний инженеров-химиков о своей работе: «Не ходите сюда за деньгами, но идите в поисках того, как вы можете сделать жизнь лучше» или: «Это отличная область, если вам нравится преодолевать препятствия. Временами приходится собраться, чтобы понять, как же пробиваться дальше». Более половины (51%) счастливы или вполне удовлетворены своей работой, еще 37% считают, что она в порядке (нормальная), но остальные недовольны своей судьбой.

Недовольство

Недовольство на работе у инженеров-химиков вызывают отсутствие признания (39%), рабочее окружение (31%), перегруженность объемом и продолжительностью работы (30%), зарплата и бенефиты (28%), проблемы с командировками и тем, как добираться на работу (24%). Принятая в США рабочая неделя составляет 40 часов, однако 86% опрошенных работают больше, а 22,5% — гораздо больше. Никаких сверхурочных инженеру не полагается. В России это называется «ненормированный рабочий день».

Заметим, что и рабочие в химической промышленности трудятся в среднем 42,9 часа в неделю, что, вероятно, отражается в их зарплате — после 40 часов идет коэффициент 1,5. «Бенефиты отличные. Зарплата и отношение начальства — так себе. Долгие рабочие часы за малую оплату, и очень слабая обратная связь в виде мотивации от руководства», — констатирует один. «Работа с хорошими людьми и руководством, которое верит, что их сотрудники хорошо справляются с делом, превращает трудную задачу в забаву. Если же люди в вашем офисе не доверяют и кричат друг на друга — ищите другую работу», — советует другой.

Как и в прошлогоднем опросе, наибольшая неудовлетворенность респондентов связана с чрезмерной нагрузкой. Впрочем, новичков предупреждают: «Готовьтесь к большой нагрузке и длинным рабочим дням». Надо заметить, что это касается и начинающих врачей, и юристов, и финансистов, и бизнесменов, — недостающее вставьте сами. А вот дельный совет от одного из респондентов: «Не становитесь инженером ради денег. Если вы любите математику, науку и технологии, тогда это хороший способ очень прилично обеспечивать себя, но если нет, то вы станете несчастным, ведь есть более легкие пути зарабатывать на жизнь». Отметим мимоходом, что в колледже будущие инженеры-технологи посвящают куда больше времени изучению математики, чем химии, поскольку инженер-химик скорее специалист по процессам и аппаратам.

Знающие люди понимают, что плотно работать по 60 часов в неделю можно полгода-год, дольше даже молодые не выдерживают. Сотрудник отдела кадров одной из компаний как-то сказал начальству, что он удивлен: не так уж много технологов ушло за время выматывающего трехлетнего периода, когда наращивали мощность установки, — всего лишь треть. Вот как комментирует это высказывание Дирк Виллард, выпускающий

Российская цена

Л.Стрельникова



РАЗМЫШЛЕНИЯ

редактор того же «Chemical Processing». Во-первых, отделы кадров не должны заниматься лишь возмещением потерь. Их сотрудники обязаны отслеживать, кто и сколько работает, посещать установки, обсуждать с инженерами, кто что делает и когда, а затем организовывать помощь перегруженным работникам. Во-вторых, выложившемуся человеку необходимо время на восстановление. Несправедливо после нескольких недель 14-часового рабочего дня и пусконаладочных работ до глубокой ночи требовать, чтобы сотрудник явился на работу в обычное время. Дайте ему хотя бы по свободному дню за каждую такую неделю, ведь условия на установке редко столь уж напряженные, чтобы нельзя было обойтись без человека пару дней. Наконец, во многих компаниях относительно отпуска действует правило «не используешь — потеряешь». Руководители вместо того, чтобы радостно приветствовать и рассматривать как преданность делу неиспользование отпуска, должны настаивать на том, чтобы сотрудник отдыхал. Если уж чрезвычайные обстоятельства препятствуют этому, надо позволять накапливать отпуск. А отделам кадров следует внимательно присматриваться к тем группам, где «чрезвычайные обстоятельства» случаются часто.

Трения между сотрудниками и руководством возникают и на почве личных нужд. Пойти на похороны или на собрание выпускников своей школы, университета — это святое, и здесь руководству совсем не обязательно занимать жесткую позицию.

Что в будущем?

Инженеры-химики уходят на пенсию, кто придет им на смену? Этим обеспокоены все предприятия отрасли, поэтому они не жалеют ресурсов на создание положительного образа химической промышленности, на преодоление негативного восприятия отрасли обществом (по крайней мере, 44% респондентов отметили, что их беспокоит такое восприятие) и тем самым привлечение в отрасль молодых химиков-технологов. Созданы сайты, специализирующиеся на популяризации химических технологий среди молодежи, по ТВ и в YouTube циркулируют серии роликов вроде «Зачем быть инженером?» производства ExxonMobil и много других. Корпорация Emerson привлекла звезду Интернета Хэнка Грина (миллионы подписчиков у SciShow на YouTube) к этой компании, даже задействовала его в бесконечном популярном телесериале «Теория Большого взрыва», который я собираюсь посмотреть — когда-нибудь.

«У Америки проблема. Недостаточное количество студентов-американцев выбирают инженерную карьеру. Попросту не хватает соискателей с подходящими навыками, чтобы заполнить все наиболее многообещающие позиции в промышленности XXI века. Отсутствие навыков особенно остро сказывается в тех видах работы, которые все сильнее полагаются на науку, технологии, инженерное дело и математику. Это, конечно, беспокоит нас в научно-ориентированной ExxonMobil. Но еще более тревожно то, что это ставит под сомнение будущую конкурентоспособность Америки в глобальной экономике», — пишет Кен Коэн, вице-президент ExxonMobil по связям с правительством и обществом. Замечу из скромного личного опыта, что среди студентов, которые такую карьеру выбирают, велика доля тех, кто не справляется с учебой и переходит на более гуманитарные направления, благо в Америке это сделать совсем просто.

А вот что думает один из респондентов: «Техника и химическая технология в особенности дает задействованным в ней людям возможность внести свой вклад в решение наиболее трудных задач, стоящих перед человечеством, таких, как снабжение его достаточным количеством пищи, питьевой воды и многих других вещей, необходимых все растущему и все более требовательному населению Земли. Причем сделать это надо так, чтобы не разрушить саму планету. Решение этих задач требует изобретательности и практического мышления, которым обладают только инженеры». Все верно, поэтому инженеры-химики в США в цене.

После прочтения статьи «Американские инженеры-химики — в цене» невольно возникает вопрос: а как обстоят дела у нас? Но прежде позвольте еще раз привлечь ваше внимание к трем важным, на мой взгляд, моментам в статье В.М.Хуторецкого.

Во-первых, статья подтверждает, что американцы любят и умеют работать и работают много. Именно этой черте американского народа США обязаны своим благосостоянием и процветанием. Этому отношению к труду стоит поучиться и европейцам, и нам. Во-вторых, в США и мужчины, и женщины уходят на пенсию в 67 лет. Кто-то скажет: слишком поздно, сколько можно работать, и надо давать дорогу молодым. Но с другой стороны, инженер — как коньяк, с годами он становится только лучше. И польза стране от такого опытного специалиста, прошедшего огонь, воду и медные трубы, огромная.

Что же касается «давать дорогу молодым», то здесь у нас с США много общего. Из статьи В.М.Хуторецкого следует, что средний возраст инженера в химической отрасли больше пятидесяти лет и омоложение происходит очень медленно. Найти точные данные государственной статистики по этому вопросу в России не представляется возможным. Хотя некоторые крупные компании иногда выкладывают в Интернете эти данные о своем персонале. Но и без статистики мы знаем, что химические предприятия, и не только химические, всеми силами держатся за опытных спецов. Уход на пенсию начальника какого-нибудь цеха — едва ли не катастрофа, потому что найти замену почти невозможно.

За последние 20 лет ряды инженерного пула России сильно обезлюдил. В 90-е годы отечественные предприятия разоряли, банкротили и закрывали, вынуждая опытных инженеров менять профессию. Иными словами, дорогой коньяк многолетней выдержки пустили на протирку стекол по цене моющего средства. В результате сегодня мы оказались в очень сложной ситуации. Пусть с опозданием, но пришло понимание,





что отечественная промышленность России нужна, государство уже готово выделять субсидии на новую индустриализацию. Но вот проблема: где взять опытных инженеров? Преемственность нарушена.

Этой зимой в Нижнем Новгороде мне рассказали историю про женщину, которая всю жизнь работала на предприятии инженером-конструктором. Последние 15 лет она жила на даче, поскольку в свое время ее и ее коллег сократили. Но вот предприятие зашевелилось, стало оживать. Тут-то и выяснилось, что нет на предприятии людей, которые могут прочитать технологические чертежи и регламенты тех специфических процессов, которыми занята эта организация. И вот уже два года даму, о которой я рассказываю и которой уже за семьдесят, каждое утро забирают на машине и везут на работу на то самое предприятие. Таких историй на самом деле много.

И в США, и в России нынешняя молодежь неохотно выбирает профессию инженера, а хочет заниматься творчеством — дизайном, архитектурой, кинематографом, психологией. Хотя профессия инженера, как и врача, — несомненно, творческая. Не говоря уже о том, что инженер легко может стать дизайнером, психологом и даже банкиром. Правда в том, что учиться на инженера трудно, а нынешняя молодежь к трудностям не приучена и старается их избегать. Хотя, Высшая инженерная школа во Франции — по-прежнему самое престижное высшее учебное заведение в этой стране, куда очень сложно поступить, и ценятся ее выпускники высоко. Так что есть мировые примеры, на которые стоило бы обратить внимание, поскольку нам необходимо срочно усиливать женерное образование. Следует помнить, что инженерный опыт передается от наставника к ученику, и очень важно, чтобы эта преемственность не прерывалась.

Что же касается зарплат российских инженеров-химиков, то глубоким и основательным ее анализом с ежегодными социологическими опросами инженеров у нас централизованно не занимаются. Нет, возможно, и занимаются, но доступа к информации такого рода нет. И в этом отличие России от США, где лидеры отрасли, государ-

ственные и общественные институты, скажем, Американский совет по химии, Американское химическое общество или Американский институт инженеров-химиков, постоянно изучают и анализируют ситуацию, в том числе и в области фактического заработка инженеров-химиков, условий их труда, и предоставляют свободный доступ к этой информации всем желающим. Отличие не в нашу пользу.

Тем не менее некоторые интернет-ресурсы, которые ищут работу для желающих, самостоятельно анализируют рынок труда и периодически выкладывают информацию о средних зарплатах. Один из них, russia.trud.com, сообщает, что в 2014—2015 году зарплата инженера-химика в России составляла 27,5—70 тысяч рублей в месяц. На нижней границе — Астрахань, на верхней — Москва, в промежутке Новосибирск, Екатеринбург, Обнинск — 50 тысяч рублей, Санкт-Петербург — 45 тысяч, Тольятти — 40 тысяч, Самара, Волгоград, Владивосток, Рязань — 35 тысяч, Тула — 30 тысяч рублей. Мало, конечно, и пока далеко от американских стандартов.

С другой стороны, в Интернете я нашла вакансию инженера-химика «по разработке рецептур и производству строительных материалов на основе полиуретановых, эпоксидных, акриловых, алкидных смол» в компании «Дабл энтри» в Рязани. Предлагаемая оплата труда — 150—250 тысяч рублей в месяц плюс ежегодная премия (бонусы). А это уже почти американский уровень.

В любом случае, такого рода анализ рекрутинговых агентств опирается лишь на зарплаты по открытым вакансиям, но никак не на реальные зарплаты и доходы инженеров-химиков. Поэтому предложенная картина не соответствует действительности.

Разумеется, прямо сопоставлять зарплаты инженеров в США и в России не очень корректно. Хотя бы потому, что у нас разная система налогообложения. В США очень сложная прогрессивная шкала. Американские инженеры-химики, занимающие определенное место на этой шкале, платят с дохода 35%, у нас — 13%. У нас разный образ жизни, разные потребности, не говоря уже о

том, что в России обходиться малым и не комплексовать по этому поводу — норма. К слову, умение ограничивать свои потребности крайне актуально для человечества сегодня. Если бы все страны в один прекрасный день начали потреблять ресурсов столько же, сколько США, то коллапс случился бы в считанные годы.

Главным критерием здесь, на мой взгляд, должно служить самоощущение инженера, как он сам оценивает свой доход, достаточно ли его, чтобы обеспечить нормальный, в его представлении, уровень жизни. Короче говоря, хватает на жизнь или нет. Разумеется, не стоит рассматривать крайние патологические случаи — «не хватает на пятую яхту». А для этого нужны регулярные социологические опросы. И если химическая индустрия в России хочет развиваться, то она должна заняться этой работой. Из статьи В.М.Хуторецкого явно следует, что американские инженеры-химики чувствуют себя вполне обеспеченными людьми.

Несомненно, есть в России спецы, которые зарабатывают сопоставимо с американскими инженерами-химиками. Но это скорее исключение. Однако ситуация будет меняться. У нас провозглашены импортозамещение и новая индустриализация. Так что, дорогие инженеры-химики, готовьтесь решать трудные, но интересные задачи. Время пришло.





Художник Е. Станникова

НАНОФАНАСТИКА

Я поддерживаю наши войска

Валерий Кашпур

Своего очередного клиента Джед заприметил по наклейке в виде ленточки на бампере его машины: «Я поддерживаю наши войска». В работе коммивояжера очень важно уловить слабую струнку потенциального потребителя, на которой можно сыграть при первом контакте. Сама машина как нельзя лучше соответствовала приметам успешной сделки. Кузов красной «тойоты» лоснился свежим лаком недавно сошедшего с конвейера автомобиля, но великолепии густого багрянца уже портила здоровенная царапина над правым крылом. Старик в потертой камуфляжной куртке хлопотал вокруг «тойоты», любовно поливая ее водой из шланга.

Джед принял вправо, припарковался. Взять кейс с образцами, нацепить свою фирменную улыбку, энергично вылезти из машины. С самыми искренними нотками в голосе он обратился к старику:

— Добрый, день. Не смог проехать спокойно в День поминовения мимо ветерана в беде.

— Я ничего покупать не буду и в посредниках поговорить с Господом тоже не нуждаюсь, — вместо приветствия хмуро буркнул тертый калач потребительского рынка.

— Ха, вы приняли меня за мормона или коммивояжера? — ничуть не обиделся Джед и кивнул на своего «мустанга». — Видели когда-нибудь у них такие машины?

Недоверчиво хмуря кустистые брови, старик воззрился на аэрографическую раскраску, которая обошлась Джеду в семь тысяч долларов. От заднего колеса к переду «мустанга» по дверям художественной росписью вихрился сонм зеленых листьев, в котором у самого бампера угадывалась стилизованная голова дракона.

— Ну и что? Вчера ко мне подкатывали хлыщи на армейском «хаммере» и подряжались задешево заасфальтировать подъезд к дому, — равнодушно бросил старик.

— Да не нужны мне деньги! Еду, смотрю у ветерана машина новая, но с дурацкой царапиной. Вот и решил помочь. У меня дед тоже в армии был!

— Что, помочь без денег?

— Я с вас никаких денег не возьму, — заверил его Джед, открывая кейс. — Вот, это мне друг на день рождения подарил. Пластырь для восстановления поверхности кузова. Новейшая технология! Наклеиваете так, чтобы он с запасом перекрывал повреждения. Малюсенькие нанороботы пробегутся по вашей машине, соберут мельчайшими частями металл, лак и краску. Для энергии они используют тепло мотора. Прогреете машину минут десять, и царапина заделается в лучшем виде. Эти наномалютки запрограммированы на воссоздание поверхности кузовов всех моделей.

— Гм. — Старик взял в руки серебристую упаковку с броской надписью «Пластодон от Нанотеха». — Оно не испортит в других местах машину?

— Да нет же, говорю вам, чтобы заделать царапину, берется материал со всей машины! Ну, это как скинуться нашему президенту по одному центру на ремонт его особняка. Никто не заметит у себя уменьшения счета, а за эти деньги резиденцию отделают каррарским мрамором.

— Не знаю, может, как-нибудь и попробую, а сейчас мне недосуг.

Старик сердито сунул пластодон в карман куртки, но по опыту Джед знал, что стоит ему отъехать, как старик бросится наклеивать пластырь.

— Тогда счастливо оставаться! — С самым невозмутимым видом Джед откланялся суровому ветерану.

— Эй, погоди-ка, сынок, неправильно это — брать подарок, ничего не давая взамен, — остановил его старик. — На-ка, возьми в память о деде.

Джед взял протянутую ему наклейку «Я поддерживаю наши войска» и горячо поблагодарил:

— Вот это да! Спасибо, давно мечтал о такой.

Под умиленным взглядом ветерана он наклеил подаренную полоску на бампер своего красавца «мустанга», там, где заканчивался хвост лиственного дракона.

Помахав напоследок владельцу «тойоты», Джед с резким ускорением умчался прочь. Все удалось! Старому скряге придется раскошелиться! После восстановления покрытия пластырь потребует кругленькую сумму, да так, что не отвертишься.

Внезапно Джед заметил грязно-зеленое пятно на капоте. Оно росло на глазах, стремительно покрывая гладь металла. Во множестве мест на противной зелени проклюнулись желтые клыксы, которые в свою очередь начали разрастаться. Чертыхнувшись, Джед остановил «мустанг» и выскочил из него. Его машина представляла жалкое зрелище — вместо изящных листьев теперь она была раскрашена в жуткий камуфляж, на задней двери располагалась крупная надпись «Я поддерживаю наши войска», а под ней мелкими буквами значилось: «Покраска от Нанотех завершена. Сканируйте бар-код и оплатите, в противном случае будет активирована программа коррозионного разрушения».





Рентген и его лучи

И.А.Леенсон

Случайность или закономерность?

Открытия иногда происходят почти случайно, в результате совпадения нужных условий — Рентген говорил, что ему выпал «великий жребий». В научных кругах такое специфическое везение называют серендипностью — термин ввел в 1754 году писатель Хорас Уолпол, взяв это слово из названия сказки «Три принца Серендипа» (так в старину называли Цейлон). Герои сказки совершали неожиданные, будто бы случайные открытия благодаря своей наблюдательности и проницательности. В приветствии, посланном Рентгену Берлинской академией наук, говорилось: «Именно Вам, свободному от всех предубеждений исследователю, сочетающему законченное искусство эксперимента с высочайшей научной добросовестностью и внимательностью, должно было выпасть счастье сделать это великое открытие».

Но почему же открытие не сделали другие, имевшие для этого все возможности? Луи Пастер сказал, что «случай помогает только подготовленному уму». Это очень общее утверждение, его можно уточнить — должны быть в наличии: 1) готовность поверить в сами наблюдаемые факты и почувствовать «запах жареного», 2) желание и умение тщательно исследовать, 3) полезны также некоторая способность строить модели явления и способность представить себе следствия, например практические применения. Некоторые исследователи фактически держали в руках новый вид излучения, но не обратили на это внимания. Один заметил, что его фотографические пластинки засвечиваются, когда находятся вблизи работаю-

щей разрядной трубки. И все, что он сделал, это отодвинул пластинки подальше. Другой вернул «испорченные» пластинки поставщику. Многие физики могли открыть «рентгеновы лучи» — порчу пластинок, которые имели несчастье лежать не там, где надо, видели и Никола Тесла, и Уильям Крукс, и Генрих Герц, и Филипп Ленард. Но никто не спросил себя: а почему они засвечиваются, если катодные лучи до них добраться никак не могут? (О том, что такое разрядная трубка и катодные лучи, мы вместе с читателями вспомним в следующих главах.) Более того, фактически первую рентгеновскую фотографию сделали в 1890 году Артур Гудспид и Уильям Дженнингс — у них на пластинке лежали две монетки, после проявки обнаружилось два кружочка — и они решили, что это случайность! Позже они опубликовали в «Science» статью со словами: «У нас не может быть никаких притязаний на открытие, потому что никакого открытия не было. Нужно только помнить, что еще за шесть лет до Рентгена первый в мире снимок был сделан в физической лаборатории Пенсильванского университета».

Кстати, за два года до момента, который наступит абзацем ниже, физик и врач Герман Гельмгольц предположил, что излучение с длиной волны меньше, чем для ультрафиолета, могло бы иметь большую проникающую способность. Оказался проницателен!

Тайна ночи

Именно так — «das Geheimnis einer Nacht» называл один из биографов Рентгена событие, произошедшее в ночь с 8 на 9 ноября 1895 года. Есть разные версии о том, как именно произошло открытие. Некоторые писатели уверяли, что Рентген перед уходом погасил в лаборатории свет, но забыл отключить высокое напряжение на разрядной трубке (для него такое было немислимо!), потом вспомнил, вернулся и тут увидел... Были и ошибки в переводах с немецкого. Так, слово Leuchtschirm (флуоресцирующий экран) некоторые русские беллетристы переводили как «световая ширма».

В принципе, все более или менее достоверные версии отличаются только деталями. Некоторые подробности мы знаем благодаря статье американского писателя и научного журналиста Генри Дама. В начале 1896 года он взял у Рентгена интервью в его лаборатории и описал свои впечатления в статье, опубликованной в апрельском номере журнала «McClure's Magazine» за 1896 год. Она называлась пространно: «Новое

Окончание. Начало в № 5.

чудо фотографии. Визит к профессору Рентгену в его лаборатории в Вюрцбурге. Его собственный рассказ о великом открытии. Интересные эксперименты с катодными лучами. Практическое использование новой фотографии». Завершалась статья фразой: «Когда-нибудь результаты исследований, начатых Рентгеном, займут намного больше томов, чем абзацев в моем кратком отчете». Как в воду глядел.

В тот вечер пятницы Рентген засиделся в лаборатории, экспериментируя с разными разрядными трубками. Не исключено, что он все-таки хотел понять, почему засвечиваются фотопластинки, находящиеся поблизости от работающих разрядных трубок, — явление хорошо известное, но никем не изученное, естественная цель для практикующего физика. У него появилась мысль, что катодные лучи, возможно, могут пройти не только через окошко, с которыми работали Герц и Ленард (тонкую алюминиевую фольгу), но и отчасти через стеклянную стенку трубки. Он выпустил катодные лучи в воздух и наблюдал, как за окошком под действием катодных лучей светится (флуоресцирует) желтовато-зеленым светом бумажный экран с тетрацианоплатинатом бария (тогда эту соль называли платиносиноеродистой).

Чтобы лучше видеть слабое свечение экрана, Рентген закрыл разрядную трубку чехлом из плотной черной бумаги и полностью затемнил комнату. Затем перешел к опытам с другой разрядной трубкой, без окна для вывода пучка. Убедился, что из закрытой черной бумагой трубки не пробивался ни один луч света от электрического разряда в ней. И заметил в абсолютной темноте зеленовато-желтое мерцание, примерно в метре от трубки. Это светился тот самый экран, покрытый солью бария. Было известно, что это вещество светится (флуоресцирует) под действием солнечного и ультрафиолетового света, а также катодных лучей. Однако в комнате было темно, а катодные лучи в воздухе проходят не более нескольких сантиметров.

Звонит третий звонок, занавес раздвигается. Последующие три недели физик работает непрерывно, причем первые несколько дней спит и ест в лаборатории. За это время Рентген детально — насколько это было возможно на том примитивном оборудовании — изучил условия генерации излучения и его проникающую способность, взаимодействие с электрическим и магнитным полем, преломление, отражение и рассеивание, получил на экране изображения (тени) предметов. Трудно придумать, что еще могло быть изучено на том оборудовании. А сколько всего смог бы открыть этот человек, работая (тогда, не сейчас!) в Лондоне или в любом хорошем американском университете. В них-то было все, что тогда могли пожелать себе физики. Резерфорд позже говорил, что выдающиеся открытия Фарадея и других ученых сделаны с помощью «сургуча и веревочки», но сам-то он работал в Лондоне, в очень хорошо оборудованных лабораториях. И вообще — надо ли ничету возводить в принцип?

Однако изображения на экране невозможно сохранить, и Рентген пускает в ход фотопластинки, которые даже не нужно вынимать из упаковки: черная бумага не помеха для его лучей. Он работает в одиночестве, тщательно планируя эксперименты, его ассистенты ведут занятия со студентами, даже с женой он почти не общается, а она отмечает, что он плохо выглядит и стал раздражительным. Однако первой, кому Рентген приоткрыл тайну, была его Берта: ее рука — на первом рентгеновском снимке (фото в начале статьи). Это негатив, в углу нацарапана дата — 22 Dec 1895. В литературе обычно воспроизводится другое изображение, со штампом Физического института Вюрцбургского университета, которое хранится в Немецком музее в Ремшайд-Леннепе. Надпись сверху: «Рука с кольцом. § 2, No 14»; внизу: «Собственность проф. Цендера, Фрайбург». Рентген отправил этот снимок своему бывшему ассистенту Людвигу Цендеру (меньше чем через год Цендер сделает первый рентгеновский снимок всего человека).

Рентген срочно пишет статью, в конце декабря — заседание Вюрцбургского физико-медицинского общества и номер жур-



нала с отчетом о заседании. Рентген очень хотел, чтобы его статья «О новом виде лучей. Предварительное сообщение» была как можно скорее напечатана в журнале. Он принес ее секретарю Общества с просьбой о срочной публикации, хотя еще не сделал доклада на заседании, и это противоречило правилам. Получив статью, ко всему прочему еще и рукописную, тот решил отказать, но потом увидел фотографию руки Берты. К вопросу о роли женщин — статья была принята и через четыре дня (это не ошибка) опубликована. Название журнала «Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg» символично — физика и медицина. И журналисты тоже были начеку, об открытии тут же рассказала крупнейшая венская газета «Neue Freie Presse».

Три статьи

В этой и двух последующих статьях Рентген пунктуально излагает ход экспериментов и наблюдений: «Если работающую разрядную трубку трех разных конструкций плотно обернуть черной бумагой, то в совершенно темной комнате можно увидеть, что бумажный экран, покрытый платиносиноеродистым барием и помещенный вблизи трубки, ярко светится». Поясним: внутри трубки из металлического катода, расположенного в одном ее конце, под действием высокого напряжения начинается эмиссия электронов, тогда это называли «катодные лучи». Впервые их наблюдал и исследовал физик и химик Иоганн Гитторф (1824—1914). Используемая Рентгеном платиновая соль флуоресцирует под действием ультрафиолетовых, а также катодных лучей. Катодные лучи (ускоренные электроны) проходят через очень тонкие листочки разных металлов, но в воздухе при тех же энергиях — не более нескольких сантиметров. Однако в его опытах экран находился не на пути катодных лучей и вообще в двух метрах от трубки. Рентген тщательно исследует зависимость пропускания этих лучей от материала преграды и толщины, воздействие на них электрического и магнитного поля, ионизацию ими воздуха, ставит опыты по преломлению, рассеянию и отражению. Он делает также вывод о том, что эти лучи нельзя сфокусировать, что свойства катодных и X-лучей совершенно различны, но они связаны вот чем: X-лучи исходят из того места, на которое падают катодные лучи. Он исследует генерацию лучей, выясняет, что они возникают при попадании катодных лучей на все материалы, но лучший из того, что у него было, — платина.

И наконец, он делает предположение о природе X-лучей: «Если поставить вопрос, чем собственно являются X-лучи (катодными лучами они быть не могут), то, судя по их интенсивному химическому действию и флуоресценции, их можно отнести к ультрафиолетовому свету. Некоторое родство между новыми лучами и световыми лучами, по-видимому, существует». Однако сам Рентген далее пишет об этом предположении: «На это я не мог решиться и стал искать другое объяснение». Он попытался доказать волновые свойства X-лучей, проведя эксперимент по их дифракции на кристаллах кальцита, однако на этом «оборудовании» получить не могло даже у него. Позже Рентген усовершенствовал аппаратуру и поднял мощ-

ность излучения так, что X-лучи проходили через железную пластинку толщиной 4 см, а свечение экрана было заметно на расстоянии 37,5 м. Рентген установил также, что «исходящее от разрядной трубки излучение состоит из смеси лучей различной поглощаемости и интенсивности», — то есть сделал первый, хоть и весьма примитивный спектральный анализ. А волновую природу X-лучей — о которой теперь говорится в любом школьном учебнике — доказали через 17 лет Макс фон Лауэ и его сотрудники.

Сенсация

Выходящий в Вюрцбурге журнал был малоизвестным, поэтому 1 января 1896 года Рентген принес в почтовое отделение Вюрцбурга 90 конвертов, в каждом из которых лежал оттиск его статьи. На конвертах были адреса физиков, живущих по всей Европе. А в двенадцать конвертов Рентген положил также по девять рентгеновских снимков, они предназначались его друзьям и наиболее выдающимся ученым. Среди них были Анри Пуанкаре в Париже, Уильям Томсон (лорд Кельвин) в Глазго, Хендрик Лоренц в Лейдене, Фридрих Кольрауш в Страсбурге, Людвиг Больцман в Мюнхене, Петр Николаевич Лебедев в Москве. На ближайшем заседании Московского физического общества он сделал доклад о рентгеновых лучах и написал об этом Рентгену — письмо хранится в Немецком музее Рентгена в Ремшайд-Леннепе. Лебедев, вероятно, первый правильно определил природу рентгеновских лучей как ультра-ультра-фиолетовых.

Рентгеновские снимки разных объектов были сделаны в начале 1896 года во многих лабораториях Москвы, Петербурга, Риги, Харькова, Киева, Казани, Одессы; лучи Рентгена демонстрировались на публичных лекциях в городской думе. В январе лекции о новых лучах стали читать в Санкт-Петербургском и Московском университетах. В марте рентгеновские снимки уже применяли для диагностики переломов.

Благодаря оперативности журналистов в январе об открытии узнал весь читающий мир — Интернета не было, но были телеграф и газеты. Некоторые историки науки считают, что раньше такую сенсацию среди широкой публики вызвало только открытие Галилеем спутников Юпитера в январе 1610 года. Рентгена засыпали письмами со всего света. Ему писали монархи, государственные деятели, ученые, простые люди. Но он вовсе не стремился к славе, шума вокруг его имени раздражала и даже приводила в ужас. Он писал в одном из писем: «Целых четыре недели я не мог вернуться к работе. Другие люди могли работать, только я не мог. Вы не представляете себе, как это происходило».

Кайзер Вильгельм поздравил его и попросил рассказать в частном порядке об открытии. Рентген приехал в Берлин, 14 января продемонстрировал перед монархом и придворными X-лучи, показал некоторые опыты. Он сделал доклад на конференции Германского физического общества в Берлине и тут же сделал снимок руки известного немецкого анатома и зоолога Альберта фон Кёлликера (фото 1). В открытии Рентгена привлекала простота оборудования. Все нужное для получения рентгеновских снимков имелось во многих лабораториях, и многие ученые начали изучать таинственные лучи. О них вскоре написали и энциклопедии — в словаре Брокгауза и Ефрона уже в 1899 году появилась статья с фотографией (фото 2).

До и после

Открытие Рентгена, как и любое научное открытие, было сделано не на пустом месте — и в теоретическом, и в экспериментальном плане. Чтобы открытие стало возможным, необходим некоторый предшествующий уровень развития науки и приборное оснащение. В данном случае нужны были газоразрядная лампа — трубка Гейслера, ее развитие в сторону высокого вакуума — трубка Крукса, источник высокого напряжения — катушка Румкорфа, открытие «катодных лучей» и практика работы с ними (Евгений Гольдштейн, Уильям Крукс, Дж.Дж. Томсон), наконец — выпуск катодных лучей в атмосферу (Генрих Герц). Катодные лучи должны были превратиться в некую экспериментальную реальность, в то, с чем работают. Например, было известно, что они обладают энергией, даже могут вращать легкое колесико с лопастями, помещенное на их пути.

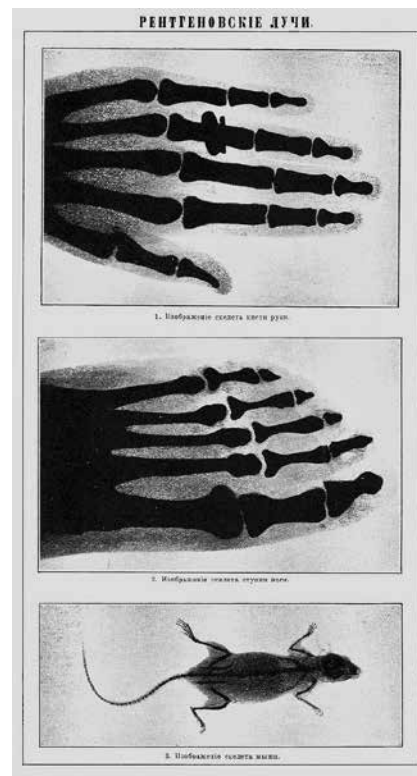
А что произошло после открытия? Физики сразу поняли, что перед ними новая неисчерпаемая область исследований. Работы по X-лучам начали проводить во всем мире, трудно было найти лабораторию, в которой не воспроизвели бы опыты Рентгена, — все необходимое имелось даже в гимназиях. Поэтому исследователи могли свободно работать и публиковать статьи об усовершенствовании рентгеновских трубок (только за 1896 год появились 32 их разновидности), о различных способах получения более мощных источников X-лучей, дающих более четкие изображения. Всего три статьи Рентгена привели к тому, что только за 1896 год об X-лучах было опубликовано полсотни книг и свыше тысячи статей! Такого ажиотажа еще не было в истории науки, и сравнить его можно только с открытием через 90 лет высокотемпературной сверхпроводимости.

Когда Рентген провел первое рентгеноскопическое исследование, медики во всем мире увидели потрясающие перспективы и немедленно взялись за разработку революционного метода



3
Рука и дробишки

А что у нас в легких?



2
Рентген уже в энциклопедии





5

Таможня дает добро

диагностики. В том же году они уже исследовали переломы, определяли инородные тела в организме, нарушения в желудке и кишечнике. Многие издания перепечатали фотографию кисти охотника, пострадавшего от случайного выстрела, в которой застряло множество маленьких дробинок (фото 3). В британских войсках уже в 1896 году были рентгеновские аппараты для обнаружения у раненых пуль и осколков, а также для диагностики переломов. В 1898 году рентгеновские установки начали устанавливать на военных кораблях США. А во время русско-японской войны в госпиталях Маньчжурии, Порт-Артура и на кораблях тихоокеанских эскадр были установлены десятки рентгеновских аппаратов. В годы Первой мировой войны Мария Кюри оборудовала рентгеновскими аппаратами 20 автомобилей, не считая множества стационарных установок, через которые прошло более миллиона раненых. И сама вместе с дочерью Ирен обследовала многих раненых во французских и бельгийских госпиталях. Всего за более чем столетие после открытия Рентгена миллионы и миллионы человеческих жизней были спасены в результате рентгеновского обследования (фото 4), а также облучения опухолей. Уже на следующий год после открытия французская таможня применяла рентген для контроля багажа (фото 5).

Нобель за нобелем

Открытие Рентгена вскоре привело к не менее выдающемуся достижению. В 1896 году Антуан Беккерель присутствовал на заседании Академии наук, когда Анри Пуанкаре высказал ошибочное предположение, что эти лучи связаны с флуоресценцией стекла в разрядной трубке и возникают одновременно с этим видом свечения. Можно просто облучать ярким солнечным светом какое-нибудь вещество, которое в таких условиях хорошо флуоресцирует. Беккерель выбрал для проверки очень удачное вещество — уранилнитрат, ярко флуоресцирующий на солнечном свете, и обнаружил радиоактивность.

Открытие Рентгена не только привело к множеству изобретений, но и послужило основой для пятнадцати Нобелевских премий; такого история еще не знала. Первым ее получил в 1914 году Макс фон Лауэ — за открытие дифракции рентгеновских лучей. Он сначала предсказал это явление, а потом вывел уравнения, позволяющие с помощью рентгеновских лучей изучать структуру кристаллов. Интересно, что открытие предшествовало пари фон Лауэ и бывшего ассистента Рентгена Эрнста Вагнера на коробку шоколада: Вагнер не верил, что опыт удастся. Фон Лауэ выиграл пари благодаря молодому Паулю Книппингу. Вначале опыт с дифракцией никак не получался. Потом оказалось, что фотографическая пластинка была поставлена неправильно, под углом к кристаллу медного купороса, и на ней ничего не отображалось. Трещавшая весь день в лаборатории рентгеновская установка мешала Книппингу, который работал над своей темой. И тогда он потихоньку поставил пластинку по ходу рентгеновских лучей, чтобы на ней хоть что-то появилось. И появился как раз то, что требовалось!



Рентгеноструктурные исследования кристаллов позволили впоследствии установить строение многих молекул, в том числе и биологически активных — белков и нуклеиновых кислот.

В 1915 году Нобелевская премия присуждена отцу и сыну Уильяму Генри и Уильяму Лоренсу Брэггам, которые с помощью рентгеновских лучей сумели точно определить расстояния между атомами в кристаллах и этим заложить практические основы рентгеноструктурного анализа. Следующим, в 1917 году, был Чарлз Баркла, показавший, что лучи Рентгена, как и световые, представляют собой поперечные электромагнитные волны. А его открытие характеристического рентгеновского излучения разными веществами позволило определять химический состав вещества. В 1922 году премию получил Нильс Бор: на основании рентгеновских спектров химических элементов он разработал теорию строения атомов и Периодической системы элементов. За изучение внутриатомных процессов, которые приводят к рентгеновскому излучению, премию в 1924 году получил Карл Сигбан. Это подтвердило боровскую теорию строения атомов.

В 1927 году премия присуждена Артуру Комптону за открытие рассеяния рентгеновских лучей на электронах. Эффект Комптона сыграл важную роль в развитии квантовой теории. В 1936 году Нобелевскую премию по химии вручили Петеру Дебаю; он использовал рентгеновские лучи для изучения сложных молекулярных структур. Ровно через десять лет премию, на этот раз по физиологии и медицине, получил Герман Мёллер. Он обнаружил и изучил мутации, возникающие под действием рентгеновских лучей.

В 1962 году в этой же номинации премию получили Уотсон, Крик и Уилкинс за открытие структуры ДНК методом рентгеноструктурного анализа. С этого началась современная молекулярная биология. Лауреаты Нобелевской премии по химии того же года — М.Перуц и Дж. Кендрию, установившие этим же методом структуру гемоглобина. В 1979 году Нобелевской премии по физиологии и медицине были удостоены Алан Кормак и Годфри Хаунсфилд за разработку метода компьютерной томографии с использованием рентгеновского излучения.

Через два года нобелевским лауреатом по химии стала Дороти Кроуфут-Ходжкин; с помощью того же метода она определила структуру белков и ряда биологически активных соединений. В том же 1981 году премию по физике присудили сыну Карла Сигбана — Каю (редкий, но не единственный случай в истории науки). Он разработал метод рентгеновской электронной спектроскопии, который широко применяется в химии. В 1985 году премию по химии получили американские ученые Джером Карле и Херберт Хауптман. Они создали прямой метод расшифровки сложных молекулярных структур с помощью рентгеновской кристаллографии. В 2002 году премию по физике получил Риккардо Джаакони за изобретение рентгеновского телескопа и создание рентгеновской астрономии. Исследования с применением X-лучей, 120 лет открытия коих мы отмечаем, продолжают. Вот уже их научились фокусировать, вот уже и в нанометрологии применили, вот и о новом космическом телескопе задумались...

Так что не упускайте возможности — посмотреть, что это там светится в темноте.

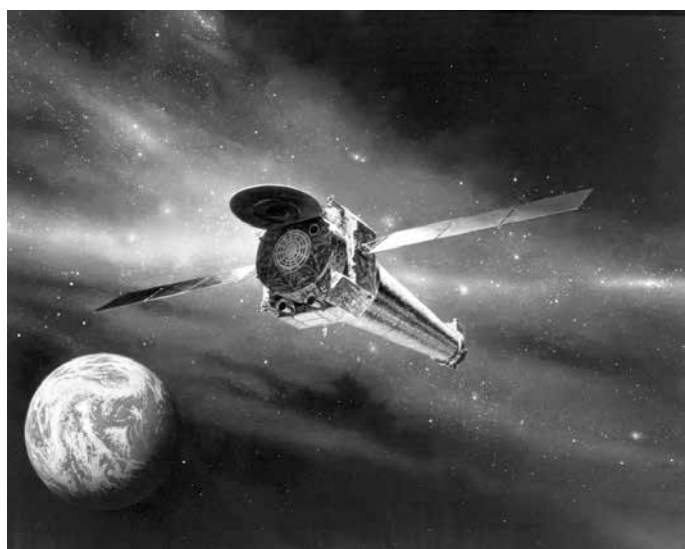
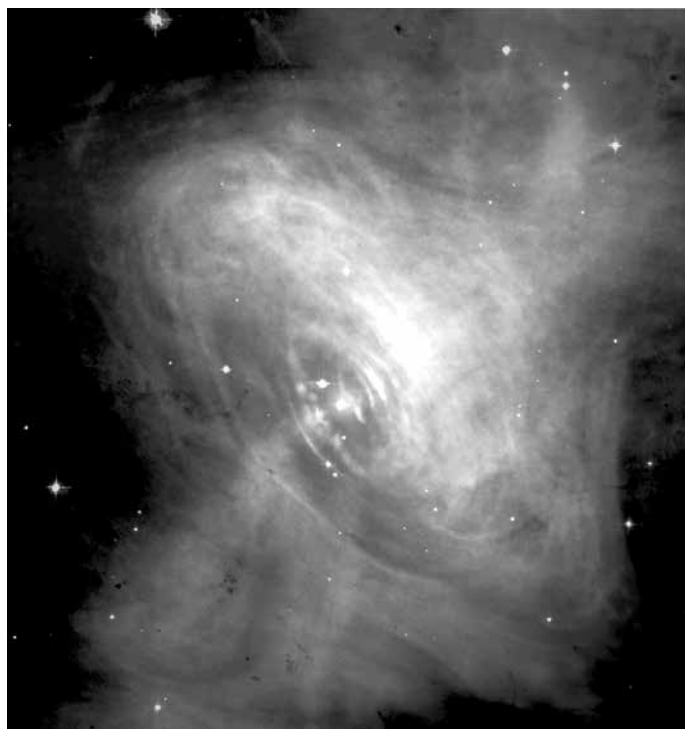
Рентген В НОВОМ ВЕКЕ

Рентгеновское излучение — это электромагнитные волны, как и обычный свет. Со светом работают, преломляя, отражая, поглощая, рассеивая и другими методами. Скажем, линзы и призмы — это прежде всего преломление. С рентгеном так не выйдет — он хорошо поглощается и плохо преломляется. Однако оказывается, что если ограничиться элементами с малыми атомными номерами до 12–14 и исхитриться сделать линзу с радиусом кривизны один микрон и менее, то рентгеновское излучение можно сфокусировать. Материалы: кремний, алмаз, полимеры, стеклоуглерод. Прочитать об этом можно в журнале «Успехи физических наук» (2008, 1, 61). Здесь и далее — все журналы выложены открыто на своих сайтах, а годы, номера и страницы указаны на тот случай, если вам захочется посмотреть сами статьи.

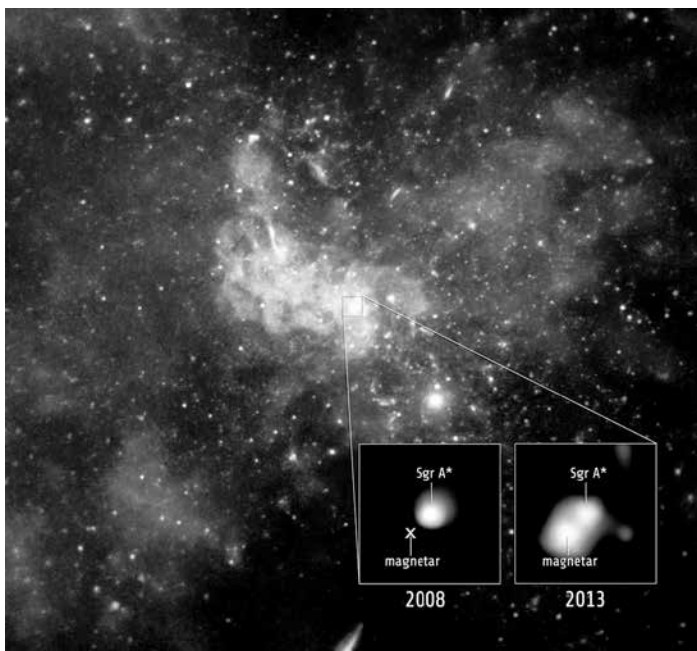
Для получения больших токов эмиссии используют автоэлектронные и взрывные катоды. Первые используют автоэлектронную эмиссию, при которой электроны покидают катод, туннелируя сквозь потенциальный барьер, суженный электрическим полем высокой напряженности. Напряженность поля усиливается на вершинах тонких выступов — нитей, вискерсов, нанотрубок, лезвий, пленок и т. п. Взрывная эмиссия — следующая стадия: этот выступ нагревается протекающим током, испаряется, пар ионизируется и из плазмы полем вытягивается ток эмиссии. Для большинства применений важно, из каких областей катода идет ток. Можно было бы направить поток электронов на люминесцентный экран, просто увидеть его распределение на экране и по нему рассчитать распределение на катоде. Но плотности токов при авто- и взрывной эмиссии таковы, что экран придется менять после каждого импульса. Есть решение — сделать анод просто металлическим и массивным, но фотографировать рентгеновское излучение, которое возникает при торможении потока электронов на аноде («Письма в Журнал технической физики», 2008, 14, 1).

Вот другая, тоже плазменная ситуация. Для многих исследований требуется источник рентгеновского излучения малого размера. Например, он нужен всегда, когда мы хотим сфотографировать в рентгеновских лучах что-то очень маленькое. Самые маленькие мощные источники получаются из импульсного дугового разряда, сжатого своим собственным магнитным полем (Z-пинч). Излучающая область имела диаметр 7 мкм и длину 17 мкм. И через эти микроны шел, летел... трудно подобрать слово... ток более 200 кА. Такой источник позволяет исследовать объекты толщиной от микрона до миллиметра с пространственным разрешением 10 мкм и временным — 2 нс («Журнал технической физики», 2010, 11, 73).

Рентгеновская интерферометрия — относительно новое направление в современной экспериментальной физике. Со дня своего возникновения метод продемонстрировал уникальные возможности в различных областях изучения конденсированных сред: при измерении фундаментальных физических констант, оптических констант в области жесткого рентгеновского излучения, прецизионном измерении параметра кристаллической решетки и изучении структурных дефектов в монокристаллах. Такой интерферометр может служить «ангстремной линейкой», используемой в метрологии.



Изображение Крабовидной туманности получено совмещением двух изображений: оптического — с телескопа «Хаббл» и рентгеновского — с телескопа «Чандра»



Область вокруг черной дыры в центре нашей Галактики. Изображение с телескопа «Чандра». Вставка — центр крупным планом, изображения 2005–2008 годов, когда магнетар (нейтронная звезда с весьма сильным магнитным полем) не был обнаружен, и в 2013 году, когда он был обнаружен. Видимо, он гравитационно связан с ней



Синтезированное изображение горячей туманности вокруг звезды Вольфа-Райе HD 50896, синий — рентгеновское изображение от «ХММ-Ньютон», красный — оптический, линия H-альфа зеленый — линия [O III].

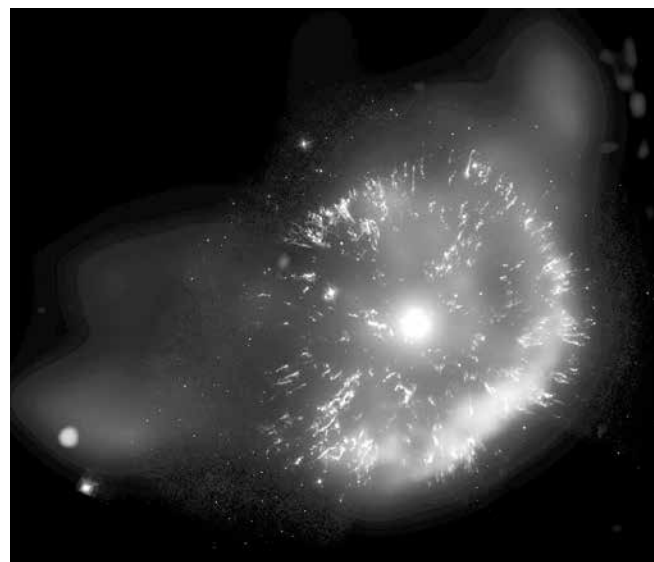
О состоянии всех направлений метода рентгеновской кристаллической интерферометрии можно прочитать в журнале «Успехи физических наук» (2014, 1, 1217).

Для чего только не применяют рентгеновское излучение и в науке, и в технике! Причем если в науке от рентгеновских установок и приборов требуются иногда обычные значения параметров, а часто и рекордные, то в технике среди важных свойств оказываются надежность, неприхотливость, не слишком большая стоимость, малые габариты. Малогабаритным рентгеновским трубкам посвящен обзор в журнале «Успехи физических наук» (2013, 7, 727), где рассказано и об истории открытия, и о применениях.

А теперь перейдем к космическим объектам. Два механизма работы сверхъярких рентгеновских источников — аккреция вещества на черные дыры промежуточных масс (более 100 масс Солнца) и аккреция в сверхэддингтоновском, то есть



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР



Последствия взрыва сверхновой GK Персея — туманность Фейерверк. Синтезированное изображение — рентгеновское серым от «Чандра», оптическое от Хаббла и в радиодиапазоне (0,7–400 см) от VLA. Рентгеновское излучение от горячего газа, радиоизлучение от электронов, оптическое — от материи, выброшенной при взрыве.

очень быстром, режиме на черные дыры существенно меньших, звездных масс. Часть источников излучает по первому механизму, как Скорпион X-1 в галактике M82, а некоторые — по второму, как P 13 в галактике NGC 779311. Объект P 13 — это двойная система с периодом обращения 64 суток, сверхгигант с массой 18–23 масс Солнца и черная дыра. В результате нескольких лет наблюдений с помощью рентгеновских и оптических телескопов и построения моделей показано, что масса черной дыры составляет не более 15 масс Солнца, то есть это рентгеновский источник с черной дырой звездных масс, и его рентгеновская светимость примерно в два раза превышает эддингтоновскую («Успехи физических наук», 2015, 1, 112).

Вообще же, если посмотреть вверх — давайте это иногда делать, хорошо? — то можно при хорошей фантазии увидеть не только небо в рентгеновских источниках, но и космические рентгеновские телескопы «Чандра» и «Ньютон». А какой праздник будет у космологов в 2028 году, когда полетит «Афина»... Большую, очень большую часть знаний о той Вселенной, которая нам досталась, мы имеем благодаря рентгеновской астрономии. Представление об этом можно получить, обратившись к обзору в журнале «Успехи физических наук» (2013, 7, 752).

Л.Намер

«Камни небесные» с Луны и Марса

Кандидат
геолого-минералогических наук
С.И. Демидова

О классификации

Один из основных источников информации о составе космического вещества Солнечной системы — метеориты. Среди них есть редкие гости с Луны и Марса. О том, как их обнаружили, как их распознать и о многом другом пойдет речь в этой статье.

Сначала напомним несколько основных понятий. Метеориты бывают железные, железокаленные и каменные. Каменные метеориты состоят в основном из силикатов (оливина и пироксена) и, в свою очередь, подразделяются на два подкласса: хондриты и ахондриты. Хондриты получили свое имя благодаря тому, что они все (за редким исключением) содержат хондры, сферические образования менее миллиметра в диаметре, преимущественно силикатного состава, образовавшиеся в результате короткого локального нагрева небулярного газа и пыли. Метеориты этого подкласса образовались в протопланетном облаке.

Ахондриты не содержат хондр и представляют собой магматические (изверженные) породы либо брекчии, обломочные породы, возникшие в результате дробления и перемешивания в ходе ударных процессов. Ахондриты образовались не в протопланетном облаке, а уже в космических телах. Из-за плавления, причем в планетарных масштабах, и последующего фракционирования (разделения) расплавов и твердого вещества ахондриты так или иначе отличаются по составу от исходного хондритового материала. Поэтому по степени дифференцированности вещества материнского космического тела различают примитивные и дифференцированные ахондриты.

К дифференцированным, в частности, относятся лунные и марсианские

метеориты. Именно марсианские называют также SNC-метеоритами — по имени метеоритов Shergotty, Nakhla, Chassigny. По этим метеоритам дали название и соответствующим подгруппам — шерготтиты, наклиты, шассиньиты. Для каждой из подгрупп характерны свои типы пород и составы.

Немного истории

Свидетельства о падениях метеоритных камней прослеживаются с VII века до н. э., они упомянуты в Библии, китайских рукописях, работах Ливия и Плутарха. В русских летописях падение метеорита впервые отмечено в 1091 году: «...Спаде превелик змий от небес, ужасошася вси людье. В се же время земля стукну, яко мнози слышаша...» (Лаврентьевская летопись).

В древности метеоритам приписывалось божественное происхождение, они были предметом почитания. Объяснить их природу пытался еще Диоген. Парацельс высказал мнение, что метеориты — внеземные объекты. Впервые о возможности падения на Землю камней с Луны заговорил итальянский астроном Джованни Батиста Ричолли еще в 1651 году. Тем удивительнее, что в период бурного развития науки в XVIII веке ученые пришли к заключению о невозможности падения метеоритов на Землю, что задержало развитие науки о метеоритах. Перелом в отношении ученых к метеоритам наступил на рубеже XVIII—XIX веков, в частности, благодаря работам выдающегося ученого, члена-корреспондента Петербургской Академии наук Э.Ф. Хладни.

На заре становления научной метеоритики предполагалось, что все метеориты (тогда их называли аэролитами) имеют лунное происхождение. Позднее эта гипотеза была математически обоснована и широко пропагандировалась. В те годы в газетах публиковались прогнозы о предстоящем падении камней с Луны, а в Париже торговали лунными камнями. Последующие многолетние исследования показали, что большинство метеоритов прибы-

вает на Землю из пояса астероидов, идея о метеоритах с Луны была забыта на долгие годы. О возможности существования марсианских метеоритов в то время даже не помышляли.

Триумфальные космические программы XX века, доставка на Землю 382 кг лунных образцов в ходе миссий «Аполлон» и «Луна» в 1969—1976 годах позволили изучить их всеми доступными на тот момент методами и создать основательную базу знаний о составе Луны. Несмотря на это, первый лунный метеорит Yamato 791197, обнаруженный в ноябре 1979 года во льдах Антарктиды 20-й японской антарктической экспедицией, не смогли идентифицировать сразу из-за его внешнего сходства с некоторыми углистыми хондритами. Он долгое время оставался неизученным, поэтому первым лунным метеоритом считается ALHA81005, найденный в 1982 году там же, в Антарктиде. К настоящему времени на Земле обнаружено более 150 лунных метеоритов общей массой больше 80 кг. Их источники — примерно 70 различных метеоритных дождей. Фрагментами одного метеоритного дождя, то есть парными находками, считаются метеориты, найденные рядом, имеющие сходный состав и одинаковый земной возраст.

Примерно в то же время были идентифицированы марсианские метеориты. Их, в отличие от лунных, сравнивать было не с чем, и предположение об их марсианской природе сделали на основе нескольких косвенных признаков. Первая зацепка возникла, когда выявилась необычная группа метеоритов с молодым по «метеоритным» меркам кристаллизационным возрастом (он определяется методами изотопной геохронологии). Действительно, возраст большинства метеоритов, и хондритов, и ахондритов, — порядка 4,5 млрд. лет, тогда как SNC-метеориты значительно моложе — в основном менее 1 млрд. лет. Кроме того, оказалось, что они богаче летучими элементами (например, азотом, благородными газами) по сравнению с другими ахондритами. На основе этих наблюдений возникла



1
Фрагменты метеоритов в каменистой пустыне Омана

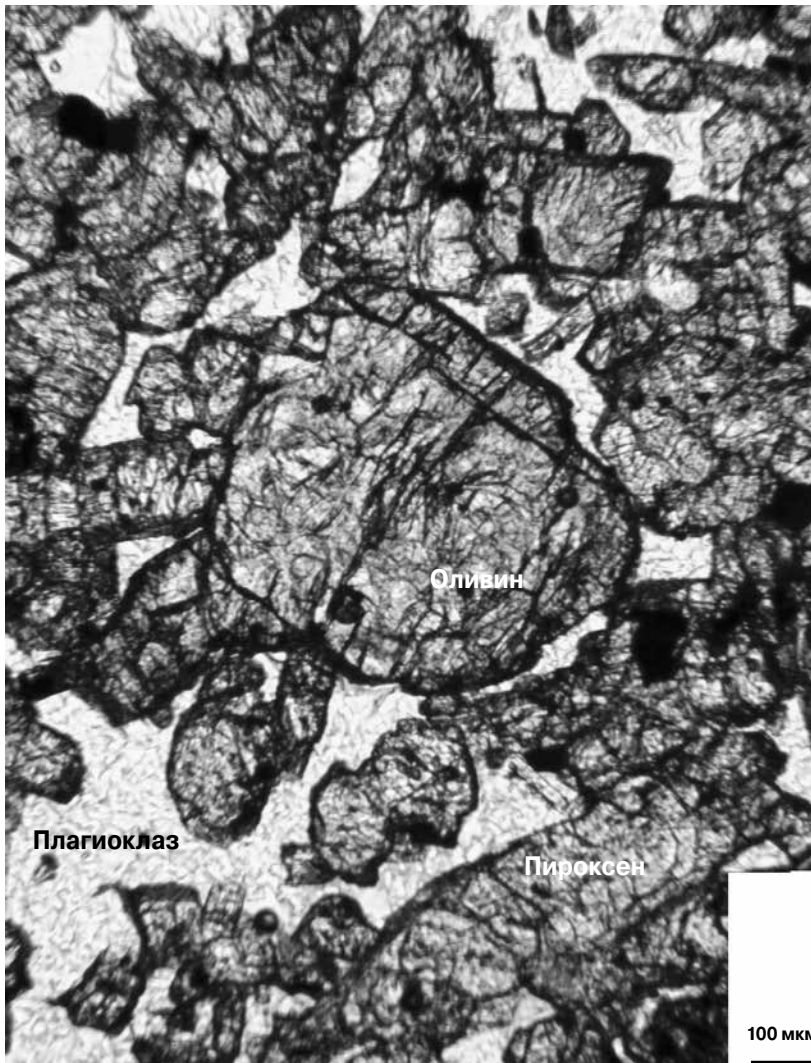
идея, что источником SNC-метеоритов должно быть крупное планетное тело, сопоставимое по размерам с Землей, то есть способное удерживать летучие элементы и оставаться геологически активным длительное время после образования.

Лучшим претендентом на эту роль был Марс — его размеры достаточно велики, и он имеет разреженную атмосферу, которая не так сильно препятствует выбросу материала с поверхности в космос, как могла бы атмосфера Венеры. Кроме того, можно было предположить, что на Марсе, при

его размерах, достаточно и радиоактивных теплогенерирующих элементов для обеспечения продолжительной геологической активности. Окончательно утвердило ученых во мнении, что SNC-метеориты — пришельцы с Марса, исследование Дональда Богарда и Пратта Джонсона, которые в 1983 году изучили газовые пузырьки в некоторых шерггиттах. Они показали, что соотношения содержаний благородных газов и их изотопный состав соответствовали таковым в марсианской атмосфере, исследованной аппаратом «Викинг». На сегодня обнаружено около 70 марсианских метеоритов; некоторые из них могут быть фрагментами одного и того же метеоритного дождя.

Вы с Луны или Марса?

Чтобы отличить лунные и марсианские метеориты, посмотрим на их родителей. У Луны нет атмосферы, а на ее поверхности — рыхлый слой обломочного материала мощностью до 10 м — реголит. Он образовался за счет дробления и перемешивания материала коренных пород при метеоритной бомбардировке лунной поверхности. Коренные породы Луны подразделяют на две группы — материковые (это в основном анортозиты, состоящие из полевого шпата), и морские (базальты). Морские, конечно, не имеют отношения к водяным морям — морями называют темные участки поверхности. Материковые породы очень древние, возрастом до 4,5 млрд. лет, что близко к времени формирования планетных тел. Образовались они преимущественно в период интенсивной метеоритной бомбардировки более 3,9 млрд. лет назад. Поэтому материковые породы Луны — это в основном брекчии, обломочные породы. По окончании этого периода происходили излияния морских базальтов, главным образом 3,8—3,2 млрд. лет назад. Лунные моря занимают 17% ее поверхности, приблизительно такова же доля морских метеоритов. Вообще, популяция лунных метеоритов соответствует составу лунной поверхности, среди них

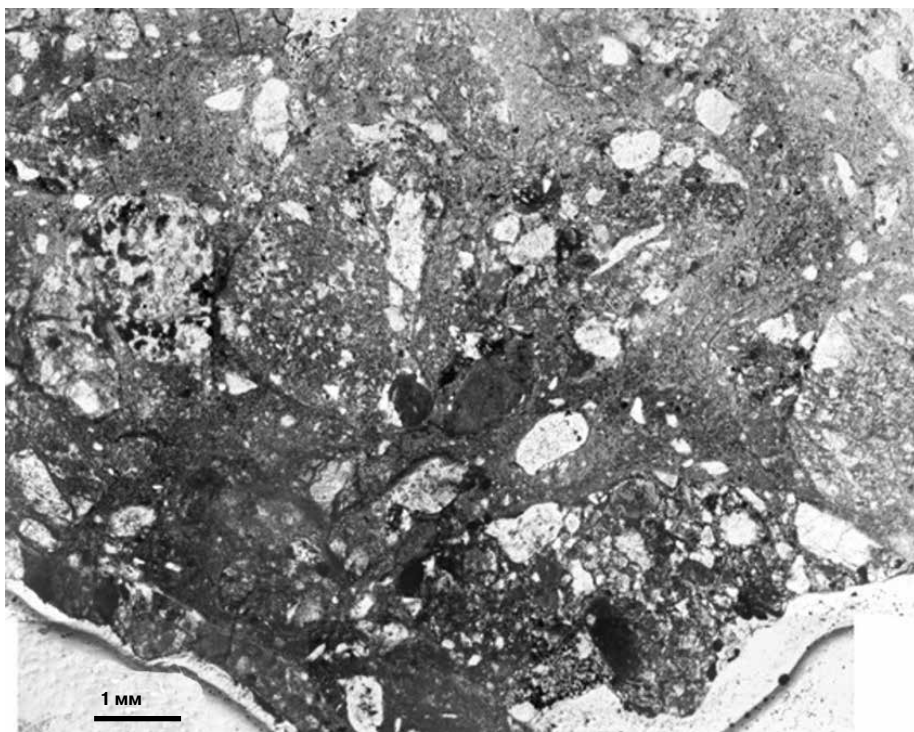


преобладают материковые метеориты, меньше морских и довольно много смешанных.

Большинство материковых и смешанных метеоритов, разумеется, представлено брекчиями — породами, содержащими обломки пород и минералов в походящей на стекло матрице, образовавшейся при ударе и плавлении. Среди морских метеоритов присутствуют как обычные базальты, так и базальтовые брекчии. Брекчиями они стали потому, что метеоритная бомбардировка продолжается до сих пор, только масштабы ее уменьшились, и реголит, образовавшийся в районе морей, имеет меньшую мощность, чем в районе материков.

Теперь о другом родителе — Марсе. Его поверхность также покрыта чехлом реголита, но не таким мощным, как на Луне. На Марсе его образованию способствовали не только метеоритная бомбардировка, но и выветривание. Когда-то у Марса имела довольно плотная атмосфера, которая обеспечивала относительно теплый климат и наличие жидкой воды на поверхности. Об этом свидетельствует присутствие, вероятно, самых впечатляющих форм марсианского рельефа, так называемых долин истечения, — это сухие русла, напоминающие земную речную сеть. Затем атмосфера становилась все более разреженной, что постепенно привело к полному опустыниванию. Все это сопровождалось периодами вулканической активности; ее продукты на поверхности Марса — базальтовые покровы и щитовые вулканы. Как и на Земле, на Марсе важную роль играли процессы накопления осадков.

Все SNC-метеориты — это магматические породы основного и ультраосновного состава (главные минералы: пироксен, оливин, плагиоклаз), которые образовались при кристаллизации базальтовых магм. Интересно, что, несмотря на большое количество ударных кратеров на поверхности Марса, из 70 известных марсианских метеоритов лишь один метеорит NWA 7034 представлен импактной брекчией, хотя все SNC-метеориты несут в себе признаки ударного воздействия. Кроме того, среди них не известно ни одного образца осадочных пород с Марса, подобных найденным космическими аппаратами «Opportunity» и «Curiosity». То ли это



3
Фрагмент шифа лунного метеорита Dhofar 311 (проходящий свет). Типичная лунная материковая брекчия, в которой обломки пород и минералов находятся в стекловатой основной массе ударного расплава

связано с непредставительностью выборки марсианских метеоритов, то ли с невысокой прочностью таких пород, к тому же велика вероятность спутать их с земными осадочными породами. Но в любом случае новые находки марсианских метеоритов могут преподнести сюрпризы.

К исследователю подал ахондрит

Откуда он? С Луны? С Марса? Или еще откуда-нибудь?

Если метеорит брекчирован, содержит более 50% плагиоклаза, причем плагиоклаз кальциевый (анортит), то, скорее всего, это лунный материковый метеорит, что можно подтвердить дополнительными критериями. Если плагиоклаза менее 50%, тут возможны варианты: это может быть лунный морской метеорит, или марсианский метеорит, или метеорит группы говардитов, эвкритов, диогенитов (HED), источником которых считается астероид Веста.

Другой идентификационный признак лунных и марсианских метеоритов — Fe/Mn-отношение в главных породообразующих минералах оливине и пироксене. Для лунных пород в оливинах оно составляет приблизительно 89, а в пироксенах — 54. Для марсианских соответственно около 43 и 30.

Еще критерий, универсальный не только для лунных, марсианских, но и для всех метеоритов, — изотопный

состав кислорода. Он отражает первичные характеристики вещества и имеет специфические особенности в разных космических телах. В отличие от марсианских метеоритов с их неповторимым изотопным составом кислорода, лунные породы по этому признаку неотличимы от земных.

Но спутать лунное вещество с земным невозможно из-за его минерального состава. Как уже отмечалось ранее, главный минерал материковых пород — плагиоклаз, имеющий состав анортита, — на Земле встречается нечасто. В земных породах, так же, как и в марсианских, плагиоклаз содержит больше щелочных элементов. Есть различия и в химическом составе других породообразующих минералов — оливинов и пироксенов. Типично лунные акцессорные минералы — армоколлит, транквиллитит, пироксферроит — были впервые обнаружены в лунных образцах и лишь позднее в земных породах, где они крайне редки, а в марсианских их вообще нет. В последних, в свою очередь, можно найти магнетит, которого вы не увидите в лунных породах. Это объясняется существенными различиями в окислительно-восстановительных условиях на Луне и Марсе. Поэтому, в частности, в SNC-метеоритах отсутствует Fe, Ni-металл — природный сплав Fe и Ni, а в лунном веществе он обычно есть. Другое следствие — аномальное поведение европия в процессе образо-



Все, что сверху, —
все благо...

ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

вания лунных пород. В окислительных условиях Земли и Марса Eu подобно другим редкоземельным элементам проявляет валентность +3 и не отделяется от них, тогда как в восстановительной обстановке Луны европий двухвалентен и концентрируется в плагиоклазе, замещающая в нем кальций.

Важнейшая особенность лунных пород — отсутствие в них воды и других легколетучих соединений, поэтому водосодержащих минералов на Луне нет, что значительно обедняет разнообразие минеральных видов. Хотя сейчас считается, что в небольших количествах вода в виде льда может находиться в районе лунных полюсов. Присутствие воды на Марсе, хоть и в прошлом, привело к образованию вторичных глинистых минералов и карбонатов, которые редко, но встречаются во всех SNC-метеоритах, особенно в наклитах и ALH84001. Именно в последнем были обнаружены карбонатные образования с включениями углеводородов и магнетита специфической морфологии, которые из-за предположения об их биогенном происхождении принесли ему мировую известность (см. «Химию и жизнь», 1997, № 3, «Есть ли выгода от жизни на Марсе»). Однако большинство ученых сейчас придерживаются абиогенной гипотезы их образования.

К сожалению, многие пустынные находки имеют подобную вторичную минерализацию, то есть содержат карбонаты и глинистые минералы, но уже земного происхождения, и, чтобы отличить одно от другого, нужны дополнительные трудоемкие исследования. К счастью, некоторые марсианские метеориты, например Chassigny, Shergotty, Nakhla, Tissint и Zagami, — свежие падения, собранные сразу же после приземления, антарктические находки тоже не несут в себе следов пребывания на Земле. Что касается обстоятельств падения лунных метеоритов, то их никто никогда не видел. Удивительно, но все 180 лунных метеоритов — находки, то есть метеориты, падения которых никто не наблюдал.

Окончательно убеждает исследователя в происхождении метеорита его возраст. Лунные метеориты гораздо старше марсианских. Исключение составляет уникальный метеорит ALH 84001 (4,5 млрд. лет), все остальные марсианские образцы существенно младше — 0,1—1,4 млрд. лет.

И последнее: конечно, для определения всех этих параметров требуются серьезные исследования с использованием современной техники, однако специалисту часто бывает достаточно взглянуть в микроскоп, чтобы определить источник метеорита.

Где ищут и находят

Метеориты падали всегда и везде, но обнаружить их в горах или лесах трудно, кроме тех случаев, когда наблюдают падение или рассеяние фрагментов метеоритного дождя и можно указать участок поиска. Однако на Земле существуют места, где метеориты найти легче. В Антарктиде метеориты стали находить с самого начала изучения этого континента. Первый метеорит был найден в 1912 году, еще несколько — в 1960-х, но поворотное событие случилось в 1969 году, когда японские ученые обнаружили сразу девять метеоритов на площади 3 км². Самым удивительным оказалось то, что эти метеориты представляли пять разных типов. Далее последовали успешные японские и американские антарктические экспедиции по сбору метеоритного вещества, в результате которых было получено более 40 000 образцов.

С чем же связано такое богатство Антарктиды? Прежде всего, темные метеориты хорошо видны на белой поверхности, а холодный сухой климат позволяет им хорошо сохраниться. Кроме того, в некоторых местах они могут и концентрироваться. Метеориты выпадают на поверхность и с течением времени оказываются погребенными в мощном слое снега и льда. Если ледник начинает двигаться к краю материка в более теплую область и встречает на своем пути преграду, затрудняющую его дальнейшее продвижение, например горный хребет, то, остановившись, лед сублимирует и на поверхности ледника остаются метеориты, которые можно собирать.

Другое хорошее место для сбора метеоритов — пустыни. Впервые идею о поиске метеоритов в пустыне высказал Антуан де Сент-Экзюпери в повести «Планета людей»: «На скатерть, разостланную под яблоней, может упасть только яблоко, на скатерть, разостланную под звездами, может падать только звездная пыль, — никогда ни один метеорит не показывал так ясно, откуда он родом». Одновременно с находками в Антарктиде были обнаружены метеориты в пустынях Австралии, где с 1971 года ведется их систематический поиск. С 1986 года стали успешно собирать метеориты в Сахаре, а с 1999-го — и в пустынях Аравийского полуострова. Излюбленные места поиска — каменистые пустыни, их поверхность подолгу остается неизменной, а сухой климат способствует сохранности метеоритов. Если есть вода, то она проникает по трещинкам, и из-за эффекта Ребиндера (расклинивающее действие) может разрушить



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

метеорит, кроме того, образуются более хрупкие вторичные минералы, то есть со временем метеориты рассыпаются, так же, как и земные породы. В сухом климате метеориты выживают лучше и накапливаются. На сегодня в пустынях собрано около 15 000 метеоритов, и их количество растет. Обычно поиск ведут так называемые охотники за метеоритами, участники специальных экспедиций или энтузиасты, либо местные жители.

Называют метеориты по месту их нахождения. Например, метеориты под названием Yamato собраны в Антарктиде близ одноименного горного хребта, метеориты NWA (North West Africa) — в районе Западной Сахары. Все антарктические и большинство пустынных находок не имеют точных координат места находки, а жаль: многие метеориты выпадают в виде метеоритных дождей, определение же парности (то есть принадлежности к одному метеоритному дождю) — задача нелегкая.

В заключение приведем слова немецкого философа Иоганна Готлиба Фихте: «Ничто истинное и полезное, раз оно стало достоянием человечества, не пропадет даром, хотя бы лишь отдаленное потомство научилось этим пользоваться». Метеориты были и остаются источником уникальных знаний и новых неожиданных открытий, и нам повезло, что мы живем на Земле, — потому что у жителей Луны и Марса шансов найти метеориты с Земли практически нет.

Что еще можно прочитать о метеоритах

Сайт лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН (много полезной информации, а также рекомендации тем, кто нашел метеорит или наблюдал его падение): <http://www.meteorites.ru>

Лунные метеориты: <http://meteorites.wustl.edu/lunar/>

Марсианские метеориты <http://imca.cc/mars/martian-meteorites.htm>



Natasha Breen/Фотобанк Лори

Время есть

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

Часы и часики

У научных статей, как у сказок, есть традиционные зачины, и один из самых популярных — «В последнее десятилетие». Именно с этих слов начинаются многие публикации, посвященные хронопитанию. Это раздел хронобиологии, который изучает влияние времени приема пищи на здоровье. Хотя основной постулат новой дисциплины — завтрак съешь сам, обед раздели с

другом, а ужин отдай врагу — известен с незапамятных времен, в последнее десятилетие ученые активно выясняют, почему эту заповедь надо соблюдать и что именно произойдет, если ее нарушить.

Время приема пищи определяют многие факторы: доступность еды, чувство голода, социальные привычки, удобство, наконец. Но пищу нельзя вкушать, руководствуясь исключительно желанием и возможностью, потому что время трапезы влияет на множество физиологических процессов, в том числе на сон и бодрствование, метаболизм, производительность и внимание. Более того, питание, правильно скоординированное с циркадными (околосуточными) ритмами организма, может предотвра-

тить ожирение и другие метаболические расстройства.

Околосуточный ритм млекопитающего отсчитывают часы, которые находятся в гипоталамусе, внутри парной структуры, называемой супрахиазматическим ядром. Часы состоят из 15—20 тысяч нейронов, синтезирующих транскрипционные факторы CLOCK и BMAL1, которые контролируют значительную часть генома млекопитающих в большинстве клеток (см. рисунок).

Факторы CLOCK:BMAL1 управляют работой многих генов, влияющих на различные метаболические процессы, в том числе обмен энергии, а также воспаление и старение. Циркадные гены, которые находятся под контролем супрахиазматического ядра, есть в

большинстве органов и тканей. Иными словами, каждый орган имеет свои собственные периферические часы, которые сверяет с главными часами, но может подкорректировать местное время в зависимости от внешних условий. Если главные часы согласуют свой ход с чередованием темноты и света, для кишечника или печени определяющим может оказаться прием пищи.

Циркадный ритм неразрывно связан с метаболизмом. У лабораторных мышей, мутантных по разным часовым генам, возникают метаболические расстройства: ожирение и нарушения липидного обмена разной тяжести. У них изменяется пищевое поведение. Мышей и крыс в виварии обычно содержат при искусственном освещении: 12 часов света, 12 часов темноты. Грызуны активны ночью, тогда же и едят. Однако мыши, мутантные по некоторым часовым генам, стали больше есть во время светлой фазы и набирать вес.

Уровень многих липидов, особенно ди- и триглицеридов, подчиняется суточному ритму. В плазме он достигает максимума в активной фазе (у человека днем, а у крыс ночью), когда интенсивны процессы пищеварения, а во время отдыха минимален. В это время липиды откладываются в периферийных органах, таких, как печень. Изменение времени приема пищи влияет на суточные колебания активности пищеварительных ферментов, уровня липидов и углеводов. Нарушение циркадных ритмов вызывает ожирение, и, напротив, сохранение естественного

режима питания может предотвратить развитие этой напасти, даже способствовать похуданию и исцелению от метаболических нарушений, связанных с неправильным питанием.

Днем и ночью

Обычно мыши почти все потребляемые за сутки калории поглощают в темное время. При «отключении» некоторых часовых генов они едят почти круглосуточно. Такое же нарушение пищевого поведения можно вызвать у обычных мышей, если перевести их на диету с повышенным содержанием жира. Постоянное закусывание нарушает цикличность работы многих метаболических генов. У мышей развиваются ожирение, устойчивость к инсулину, жировое перерождение печени и другие метаболические нарушения. Почему у мышей меняется поведение, пока неясно, но его печальные последствия можно предотвратить, если вынудить животных соблюдать естественный режим питания. Такие эксперименты провели сотрудница Института биологических исследований Солка (США) Амандин Чейкс и врач Амир Зарринпар из Калифорнийского университета в Сан-Диего («Adipocyte», 2015, doi: 10.1080/21623945.2015.1025184). Они давали мышам вволю жирной еды, но только в темное время, а в светлое кормушка была пуста.

Мыши, вынужденно голодавшие в период покоя, не упускали своего во время активной фазы и за 8—12 часов

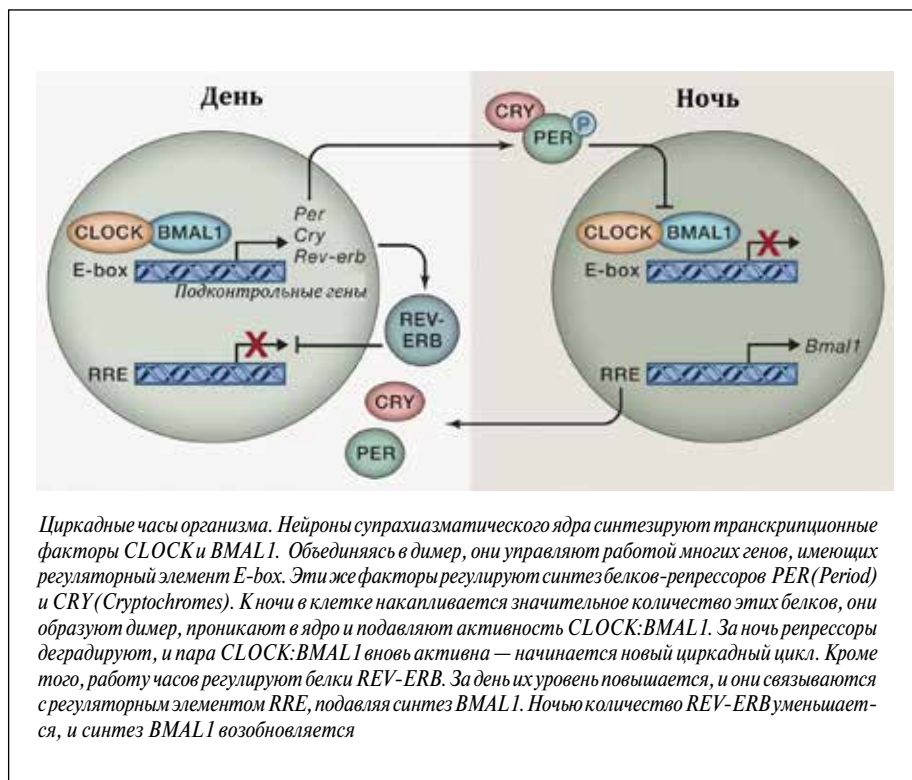


ЗДОРОВЬЕ

темноты съедали не меньше, чем животные, имевшие свободный доступ к пище. Потребление калорий в обеих группах было практически одинаковым, уровень активности тоже. Тем не менее мыши, евшие только по ночам, не страдали от ожирения и связанных с ним недугов. Внешне они почти не отличались от мышей, получавших стандартный корм. Временное ограничение также восстанавливает циркадную экспрессию многих метаболических генов, регулирующих в том числе жировой обмен, предотвращает ожирение печени, нормализует содержание адипонектина и лептина — гормонов энергообмена. Адипоциты — клетки жировой ткани — у таких мышей меньше, чем у ожиревших. Исследователи отмечают, что получили сходные результаты, посадив мышей на сладкую диету или сладкую и жирную одновременно. Грызуны, поглощавшие вредную пищу с соблюдением режима, не пострадали от метаболических нарушений.

Несколькими годами ранее сходный эксперимент поставили специалисты Еврейского университета в Иерусалиме («The FASEB Journal», 2012, 26, 3493–350, doi: 10.1096/fj.12-208868). Они также посадили мышей на жирную диету, ввели для них временные ограничения, однако иерусалимские грызуны, в отличие от американских, могли кормиться только четыре часа в светлое время. За это время они успевали принять столько же калорий, сколько мыши, имевшие свободный доступ к обычной пище. У них восстановилась нарушенная работа многих часовых генов, в том числе *Clock*, *Cry*, *Per*, *Bmal1* и *Rev-erb* и нормализовался обмен веществ (см. таблицу). Кроме того, мыши, подвергавшиеся ограничениям, оказались устойчивее к стрессу, чем ожиревшие.

Хотя в одном эксперименте мыши ели в темное время, а в другом — в светлое, ограничения в обоих случаях действовали сходным образом, исправляя тяжелые метаболические нарушения. Очевидно, основную роль



Временные ограничения нейтрализуют нарушения метаболизма, вызванные жирной пищей

Мыши, имевшие доступ к жирной пище четыре часа в светлое время	По сравнению с мышами, имевшими свободный доступ к стандартному корму	По сравнению с мышами, имевшими свободный доступ к жирной пище
Масса тела	< на 12%	< на 18%
Уровень холестерина	< на 21%	< на 30%
Чувствительность к инсулину	> в 1,4 раза	> в 3,7 раза

сыграло не конкретное время приема пищи или воздержания от нее, а регулярное чередование трапезы и поста. Оно восстанавливает суточную ритмичность работы многих генов и метаболических путей, нарушенную жирной диетой. Периферические часы печени, жировой ткани, пищеварительной системы перестраиваются под новый режим, и не важно, если местное время в данном случае не совпадает с центральным.

Временные пищевые ограничения хорошо помогают мышам с ожирением и диабетом второго типа, даже когда их соблюдают только пять дней в неделю. Подобный режим соответствует рабочему графику людей — пять дней они работают, в выходные можно расслабиться и поесть. После отмены ограничений эффект некоторое время сохраняется, но чем дольше их соблюдать, тем лучше.

Никому не отдавай свой завтрак!

Значит ли это, что для пищеварения не существует оптимального времени? Исследователи ищут ответ и на этот вопрос. Специалисты Чжэцзянского технологического университета проверили, как влияет на обмен веществ отсутствие завтрака или ужина («Chronobiology International», 2011, 28, 890—903, doi: 10.1016/j.cmet.2014.11.001). Они работали с крысами, получавшими трехразовое питание, обед и ужин или завтрак и обед. При этом животные съедали одно и то же количество пищи, только распределено оно было на разные порции. Отсутствие завтрака и ужина по-разному влияло на обменные процессы в разное время суток. Например, у крыс, оставленных без завтрака, уровень триглицеридов, холестерина, липопротеинов и глюкозы в активное время был ниже нормы, активность метаболических генов снижалась, работа циркадных часов в печени оказалась нарушена. Отсутствие ужина, то есть трапезы в конце активной фазы, снижало концентрацию триглицеридов и глюкозы в сыворотке крови в период покоя, крысы откладывали меньше жира и почти не набирали вес. Исследователи

пришли к выводу, что завтрак влияет на работу периферических циркадных часов, а ужин тесно связан с метаболизмом липидов и накоплением их в жировой ткани.

Китайские мыши, оставшиеся без ужина, не толстели. Эти данные согласуются с результатами эпидемиологических исследований, согласно которым у людей ночная еда почти всегда связана с избыточным весом, а пропуск первой трапезы активной фазы, то есть завтрака, повышает вероятность развития ожирения и связанных с ним метаболических нарушений.

Проблемой завтраков вплотную занялись японские специалисты Института инноваций Адзиномото под руководством Ясуси Ногути («Nutrition & Metabolism», 2012, 9, 78, doi: 10.1186/1743-7075-9-78). О начале этих исследований см. «Химию и жизнь», 2014, № 9, 16—19. В первой серии экспериментов исследователи сравнили две группы мышей: одни имели свободный доступ к еде, другие вынужденно постились четыре часа в начале активной фазы, то есть пропускали завтрак. Корм был стандартный: ни жирностью, ни повышенной сладостью не отличался. Обычно мыши по ночам уминают до 90% суточной нормы, из них 65% в первые шесть темных часов. Но грызуны, лишенные завтрака, во вторую половину активного периода съедали 73% от общего количества пищи, остальное добирали в светлое время. В итоге они много ели в период покоя, а за сутки потребляли больше, чем контрольные животные. К концу четвертого дня эксперимента они потяжелели на полтора грамма, а контрольные мыши всего на полграмма.

Исследователи провели второй эксперимент, в котором не позволяли мышам объедаться. В сутки каждому животному полагалось определенное количество пищи — 90% того, что съедали мыши экспериментальной группы в первом опыте. Режим кормления остался прежним. В такой ситуации контрольные мыши уже в первую половину ночи уминали 97% еды и остальное время вынуждены были поститься. Экспериментальные мыши, получавшие свой корм только в середине ночи, приканчивали все к утру. Таким об-

разом, продолжительность голодания и количество съеденной пищи были одинаковы для обеих групп, отличалось лишь время трапезы. При таком режиме все мыши похудели от недостатка калорий, но животные, которые не завтракали, сбросили почти в два раза меньше. Более того, они почти не потеряли жира, а дневной вес печени у них был больше, чем в контроле.

Лишение завтрака нарушало работу периферических циркадных генов и метаболизм жиров. В активный период, после еды, уровень триглицеридов в сыворотке крови должен возрастать, а к концу его триглицериды переходят в печень. Если мыши не завтракают, уровень триглицеридов в сыворотке достигает пика в период покоя. Режим питания повлиял и на температуру тела. У мышей и других ночных видов она колеблется в зависимости от времени суток, достигая максимума в темный период, а минимума — в светлый. Но если мышь не позавтракала, температура ее тела в начале темного периода ощутимо ниже, чем у контрольных животных, а в светлое время — выше, а в результате суточные колебания температуры малы.

Кажется, что организм, оценив свое состояние в начале активной фазы, обнаруживает, что согреться ему трудно, а жиров в крови маловато и надо бы при случае отложить про запас. И откладывает. Вот что значит пропустить завтрак. Его ни в коем случае нельзя пропускать, но и ограничиваться им одним тоже нельзя.

Специалисты японского Университета Васэда работали с мышами, которых кормили жирной пищей («Journal of Circadian Rhythms», 2012, 10, 4, doi: 10.1186/1740-3391-10-4). При свободном доступе к еде мыши круглосуточно лопают и толстеют. Другая группа животных получала только завтрак — 3,6 г жирного корма в начале активного периода. Еще одной группе завтрак давали более скромный, 2,7 г, остальные 0,9 г они получали в конце активного периода, исследователи назвали этот перекус обедом. Оказалось, что мыши, которые только завтракают, страдают от ожирения, повышенного уровня инсулина и других признаков метаболического синдрома, у них нарушен циркадный ритм гена *Clock*. Однако животные, съедающие кроме завтрака небольшой обед, контролируют вес тела и отложение жира. Их метаболические параметры лучше, чем у животных, которые ели один раз в день или имели свободный доступ к еде.

Сходные результаты получены и в экспериментах на крысах: отсутствие завтрака приводит к увеличению веса, отсутствие ужина — к его снижению. Влияние режима питания на вес и его

молекулярные механизмы еще будут исследовать, но предварительные итоги таковы: чтобы быть здоровым и красивым, необходимо есть в строго отведенное время, не перекусывать между трапезами, не начинать активный период натошак и не заканчивать на полный желудок.

Микробиота и желчные кислоты

Нормальный метаболизм млекопитающих невозможен без кишечной микрофлоры, по массе и количеству выполняемых ею функций микрофлору можно сравнить с полноценным органом (см. «Химию и жизнь», 2013, № 8). Как и другие органы, микробиота кишечника имеет собственные циркадные часы, ее численность и состав испытывают суточные колебания. У мышей эти колебания пропадают в результате мутаций в генах часовой системы и при джет-лаг экспериментах, то есть имитации быстрой смены часовых поясов — перевода стрелок на несколько часов назад или вперед, у людей, возможно, тоже, но экспериментально это не проверяли. У клеток эпителия, выстилающего кишечник, свои циркадные часы, при истощении кишечной микрофлоры они работают очень плохо, что приводит к метаболическим нарушениям. Таким образом, микробиота способствует нормальной работе кишечника, внося свой вклад в поддержание общего гомеостаза. Состав и численность микрофлоры кишечника также зависят от рациона и режима питания. Например, ожирение вызывает дисбиоз, что, в свою очередь, влияет на метаболизм хозяина. Так пищеварение влияет на микрофлору, а микрофлора — на пищеварение.

Амандин Чейкс и Амир Зарринпар исследовали влияние режима питания на мышиную микробиоту. Оказалось, что в темное время, когда животное ест, наиболее многочисленны бактерии типа Firmicutes, в светлый период их количество снижается, но становится больше Bacteroidetes и Verrucomicrobia. У мышей, круглосуточно поедавших жирную пищу, Firmicutes преобладают в кишечнике постоянно. По некоторым данным, которые, однако, нуждаются в подтверждении, фирмикуты вносят вклад в развитие ожирения. Временные ограничения питания восстанавливают цикличность некоторых семейств бактерий, например Lactobacillus.

Микробиота, помимо всего прочего, регулирует разнообразие желчных кислот в просвете кишечника хозяина. Изначально набор желчных кислот зависит от диеты: у ожиревших мышей он не такой, как у животных с нормальной

массой тела. Кишечные бактерии содержат ферменты, которые расщепляют желчные кислоты до вторичных желчных кислот. Разнообразие полученного набора молекул зависит от съеденной пищи и состава микробиоты. Желчные кислоты действуют как сигнальные молекулы: они взаимодействуют с рецепторами гепатоцитов и других клеток и регулируют метаболизм жирных кислот, липидов, холестерина и глюкозы. Разные кислоты могут действовать на один и тот же рецептор противоположным образом (как агонист и антагонист). Таким образом, временные ограничения питания регулируют и состав пула сигнальных желчных кислот. Очень все это непросто, однако недаром почти все научные статьи кончаются словами о необходимости дальнейших исследований.

Что нужно ограничить

Исследования на грызунах неполны и будут продолжены. Данных о влиянии режима питания на людей еще меньше. Широко распространенные мнения о том, например, что еда по ночам приводит к ожирению, долгое время не имели научного подтверждения. Лишь недавнее сравнение групп людей, получивших одинаковое количество калорий в виде обильного завтрака и скромного обеда или легкого завтрака и плотного обеда, показало, что в первой группе метаболические показатели лучше («Cell», 2015, 161, 84—96, doi: 10.1016/j.cell.2015.03.015). Оказалось, что ранние завтраки существенно снижают содержание липидов в сыворотке крови, а подростки, которые имеют привычку завтракать, реже толстеют. Те, кто поздно ложится, спит мало, а перед сном наедается, рискуют заработать ожирение и диабет. Интересно, кстати, что и люди, и крысы, когда у них есть возможность выбора, во второй половине дня предпочитают более жирную пищу, чем в его начале. Возможно, набор веса, вызванный ночной едой, связан еще и с тем, что поздние трапезы жирнее ранних, но это лишь предположение.

Хотя о влиянии временных ограничений питания на людей известно еще недостаточно, специалисты уже раз-

мышляют о том, нельзя ли использовать его для лечения ожирения. Вероятно, людям с лишним весом проще будет ограничить время приема пищи, чем постоянно считать калории. Американцы Чейкс и Зарринпар отмечают, что их сограждане с низким социально-экономическим статусом склонны к ожирению и при этом предпочитают жирные сладкие десерты, а не здоровую пищу. Рацион они менять не хотят, и временные ограничения для них — наилучший выход.

Эти ограничения способствуют развитию кишечных бактерий *Oscillibacter* и *Ruminococcaceae*, предохраняющих от ожирения. Есть и другие способы воздействия на кишечную микрофлору (генетическая модификация, специфические антибиотики, принимаемые в определенное время), которые позволяют регулировать видовой состав бактерий и их активность.

А можно попробовать подобрать миметики желчных кислот, то есть синтетические вещества, действующие на клеточные рецепторы подобно настоящим кислотам, которые «подправят» метаболизм, — эти соединения сейчас активно изучают многие фармакологические компании. Исследуют они и другие вещества, которые передают сигналы о приеме пищи от кишечника в печень и мозг и могут влиять на метаболизм и аппетит. Тестирование временного ограничения питания на людях только начинается, и о его клиническом эффекте говорить пока рано, однако исследований проводят много, и скоро мы, вероятно, услышим о новых результатах. В ожидании их нам никто не мешает завтракать и воздерживаться от второго ужина. Вреда от этого точно не будет.



Тонкие нити судьбы

В.П.Лебедев

Во все времена люди задавались вопросом о свободе воли человека. Кто-то из мыслителей считал, что люди принимают решения самостоятельно; другие утверждали, что все в мире предопределено, а воля человека — это иллюзия. Современные исследования мозга человека и его поведения вернули старому спору актуальность.

Мозг, нейрон, ген

Иногда мы становимся заложниками своего мозга. Например, пациент с обсессивно-компульсивным расстройством (ОКР) страдает от навязчивых тревожных мыслей и под их влиянием совершает бессмысленные повторяющиеся действия — моет руки каждые четверть часа, чтобы избавиться от атакующих со всех сторон микробов. Причина этого состояния — повышенная активность хвостатого ядра мозга, запускающего сигналы в орбитофронтальную кору. Действия больного постороннему наблюдателю кажутся бессмысленными, но пациенту с ОКР они необходимы, чтобы справиться с тревогой, которая изводит его. Сейчас ОКР успешно лечится антидепрессантами, в частности кломипрамином.

Классический эксперимент, который показал, что о «свободе воли» нам еще многое предстоит узнать, поставил американский нейрофизиолог Бенджамен Либет еще в 80-е годы XX века (с тех пор этот эксперимент воспроизводили в различных модификациях, чтобы исключить возможность ошибки или неверной трактовки). Добровольца просили шевельнуть рукой, когда он захочет, и заметить на часах момент, в который он решил сделать это движение. Выяснилась удивительная вещь: активность структур мозга, ответственных за принятие решения, начинает меняться раньше, чем человек принимает осознанное и, по субъективному ощущению, свободное решение шевельнуть рукой. Есть над чем задуматься?

Психологи, исследующие когнитивные ошибки и влияние внешних факторов на выбор человека, подливают

масла в огонь. Оказывается, музыка, звучащая в супермаркете, влияет на то, какое вино мы купим, и подобных исследований проведено очень много, ведь коммерческая ценность результатов очевидна.

Пора задать вопрос: хозяин ли человек собственному мозгу? Что такое наша жизнь, если не результат игры в кости, которой забавляются разные отделы мозга? Получается, что принятие важнейших решений может зависеть от деятельности одной или нескольких клеток, а вовсе не от тех важных резонансов и логических построений, которые мы приводим сами для себя и для других. Возможно, вопрос стоит переформулировать, ведь структура и активность клеток человеческого мозга, в свою очередь, зависят от генов, участвующих в формировании и функционировании мозга.

Как известно, гены — это последовательности нуклеотидов в ДНК. Если заменить нуклеотид в участке, кодирующем белок, это может привести к изменению белковой последовательности: например, вместо аминокислоты треонина в белковую молекулу встанет аланин. В результате может измениться и функция белка: если замененная аминокислота находилась в активном центре фермента, то фермент перестанет работать и последствия для организма могут быть самыми печальными. А что произойдет, если меняется не фермент, а рецептор к нейромедиатору в головном мозге? Изменится взаимодействие между нейромедиатором и рецептором. Это не просто наблюдать на молекулярном уровне, но мы заметим, как это повлияет на личность человека, на его поведение.



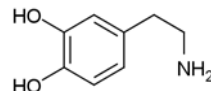
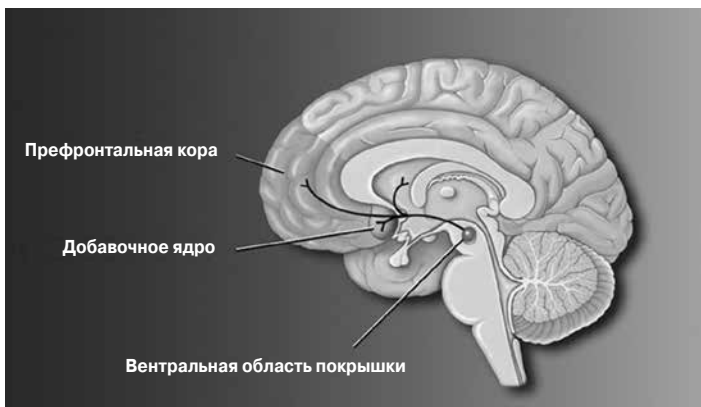
Александр Щепин/Фотобанк Лори

Рецепторы зависимости

Один из главных медиаторов в центральной нервной системе — дофамин. Дофаминовые пути регулируют работу мышц, этот медиатор способствует двигательной активности и уменьшает мышечный тонус; при нарушении производства дофамина в центральной нервной системе развивается болезнь Паркинсона. Нервные структуры, «работающие» на дофамине, отвечают за формирование желаний, целенаправленную деятельность и эмоциональное восприятие, иными словами, формируют поведение и личность человека. Одна из теорий возникновения шизофрении называется дофаминовой и напрямую связывает симптомы заболевания с нарушением метаболизма этого вещества в нервной системе. Пациенты с шизофренией часто бывают пассивными и проявляют мало эмоций, что может быть вызвано дефицитом дофамина в некоторых отделах мозга.

Сами рецепторы к дофамину делятся на пять типов: от D1 до D5. Кодированные их гены называются соответственно — DRD1, DRD2... Исследователи объединяют рецепторы D1 и D5 в одну группу, а D2, D3, D4 — в другую. При активации рецепторов первой группы в клетке повышается концентрация циклического аденозинмонофосфата (цАМФ), который передает сигнал с поверхности клетки и активирует ферментные системы. При взаимодействии рецепторов второй группы с дофамином концентрация цАМФ снижается, а значит, падает активность ферментов в клетке.

Рецепторы 1-го и 2-го типа наиболее распространены в нервной системе, и,



Дофамин



1 Система вознаграждения (система внутреннего подкрепления) — совокупность структур нервной системы, участвующих в регуляции и контроле поведения при помощи положительных реакций на действия. Дофаминовые волокна из вентральной области покрышки идут в добавочное ядро и префронтальную кору

поскольку их много, изменение в структуре такого рецептора может сильно повлиять на поведение человека. Полиморфизмы в D3 и D4 тоже важны, не из-за количества этих рецепторов, а из-за специфичности расположения — на нейронах в системе вознаграждения, миндалине, гиппокампе и коре, то есть в тех отделах, которые напрямую влияют на наше поведение.

Существует много исследований, указывающих на связь полиморфизма генов рецептора к дофамину с клиническим течением алкогольной или наркотической зависимости. Само собой разумеется, что наркологи и психиатры не связывают развитие зависимости как болезни только с генами: на человека могли воздействовать и окружение, и социальные условия, и даже прочитанная на досуге книга. Гены влияют на вероятность тех или иных событий, придавая клинической картине зависимости более тонкие оттенки. Например, китайские исследователи (PLoS One. 2013; 8(8), doi: 10.1371/journal.pone.0070805) обнаружили, что более долгий срок от первого употребления опиоидов до развития зависимости от них связан с двумя заменами в гене DRD1. Интересно, что, по-видимому, разные гены дофаминовой системы

«специализируются» на разных зависимостях: полиморфизм гена DRD3 не оказывает влияния на течение алкоголизма («Pathologie Biologie», 2001, 49, 9, 710—717).

Тягу к сладкому тоже можно назвать зависимостью: человеку хочется сахара, хотя физиологической необходимости в его потреблении нет (скорее наоборот), и, если лишить его сладкого, настроение у него портится слишком сильно для такого пустякового, казалось бы, лишения... Оказывается, замена нуклеотида в гене DRD2 влияет на количество потребляемого сахара («Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics», 2009; 2, 4—5, 235—242, doi: 10.1159/000276991). Ученые из Торонто исследовали больше 300 мужчин и женщин; испытуемые заполняли опросник по частоте употребления различных видов пищи, а их ген DRD2 проверили на полиморфизм C957T (то есть замену цитозина на тимин в позиции 957). У представителей слабого и сильного пола одни и те же варианты гена отвечали за разное пищевое поведение. Тот полиморфизм, который связан с самым низким уровнем потребления сахара у женщин, был ассоциирован с наибольшим количеством съедаемой глюкозы у мужчин. Примечательно, что эффект гена DRD2 не распространялся на белки и жиры.

Запутанные нити

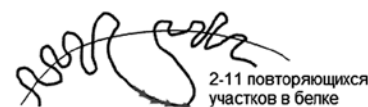
Гены дофаминовых рецепторов имеют достоверную связь с импульсивным поведением, поиском нового и рисковом. В ходе исследования, продолжавшегося восемь лет, американские ученые выяснили, что подростки с определенным вариантом гена DRD2, как девушки, так и юноши, чаще занимаются сексом без средств контрацепции («Population Studies: A Journal of Demography», 2011, 65, 3. 253—271, doi: 10.1080/00324728.2011.598942). Как и в предыдущих случаях, генный вариант — лишь один из факторов риска, наряду с более ранним возрастом сексуального опыта и принадлежностью к немно-

численным этническим группам, а знания о контрацепции, более высокий уровень образования родителей и проживание в полной семье, напротив, снижают риск.

Однако из всех генов дофаминовых рецепторов лучше всего изучено влияние на поведение вариантов гена DRD4. Его иногда называют геном авантюризма, используют и другие эффектные названия. В одном из участков гена DRD4, кодирующего последовательность из 16 аминокислот (экзон 3), может быть

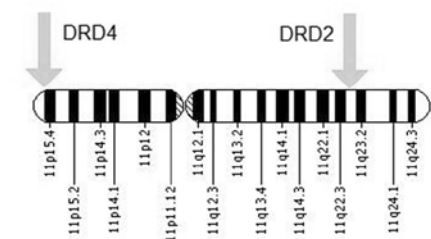


Рецептор дофамина D4



3 Повторяющиеся элементы в гене DRD4 («Frontiers in Human Neuroscience», 14 May 2013, doi: 10.3389/fnhum.2013.00195). Визуальное изображение белка D4 (http://www.ibiobase.com/projects/db-drd4/what_is_drd4.htm): повторы в гене кодируют повторы в белке, от их числа зависит прочность взаимодействия рецептора с дофамином — и особенности поведения человека с тем или иным вариантом гена

разное количество повторов — от 2 до 11. Эта разница, по-видимому, влияет на качество связи рецептора с молекулой дофамина: более длинные варианты реагируют на нейромедиатор хуже, чем короткие. Обладатели гена DRD4 с семикратным повтором экзона отличаются большей реактивностью системы награды — их система вознаграждения легко реагирует на внешние



2 Расположение генов DRD2 и DRD4 на 11-й хромосоме



приятные стимулы, но эта реакция быстро проходит («Biological Psychiatry», 2007, 61, 5, 633—698 doi: 10.1016/j.biopsych.2006.05.026). Люди проявляют больше альтруизма, если в их генотипе нет семикратного повтора этого участка («Frontiers in Human Neuroscience», 14 May 2013, doi: 10.3389/fnhum.2013.00195). Также эти повторы влияют на возраст первого сексуального опыта («Demography», 2006, 43, 4, 747—769, doi: 10.1353/dem.2006.0029), а семикратный повтор связан еще и с наибольшей восприимчивостью ребенка к внешним условиям.

Очевидно, что поведение людей определяется не только генами, но и средой. В 2010 году греческие ученые исследовали механизмы принятия решений у мужчин, имеющих четырех- и семикратные повторы в экзоне 3, с учетом сезона их рождения («Neuropsychologia», 2010, 48, 13, 3926—3933, doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.021). Оказа-

лось, что хуже всех с анализом рисков мужчины, родившиеся зимой и с семью повторами экзона 3. Они были больше всех остальных склонны к рискованным действиям, хотя по способности к решению проблем не отличались от других участников эксперимента. Подобное взаимодействие «ген-среда» описано Александром Марковым в одной из статей для портала «Элементы» (<http://elementy.ru/news/431448>). Исследователи Калифорнийского университета на выборке в две с половиной тысячи человек показали, что аллельный вариант DRD4 с семью повторами экзона III приводит к формированию либеральных политических взглядов у тех носителей, у которых к тому же в детстве было много друзей. У людей без семикратного повтора количество друзей не оказывало никакого влияния на формирование политических взглядов.

Сейчас ученые только начинают разбираться в генетике поведения, но эта наука уже может предложить важные практические выводы. Люди с определенными вариантами дофаминовых генов входят в группы риска по срывам при болезненных зависимостях. Возможно, в будущем при первичном поступлении в наркологическую клинику пациенту сделают генотипирование по таким генам, и программа лечения будет составлена в соответствии с результатом. Конечно, информация

об аллельных вариантах DRD4 в геноме индивида должна быть конфиденциальной: принадлежность к группе риска — не диагноз, а всего лишь повышенная вероятность, но предубеждение у потенциального работодателя, друзей или девушки может возникнуть.

Ситуация становится сложнее из-за того, что генов, управляющих нашим поведением, может быть чрезвычайно много и пока нельзя проследить влияние каждого из них. К тому же их воздействие проявляется на уровне статистики: упомянутые в статье варианты генов увеличивают или уменьшают вероятность некоторых типов поведения, а не строго записывают их в нашей личности. Не нужно недооценивать влияние среды: чьи-то «гены риска» могут себя проявить не в увлечении экстремальными видами спорта, а в активной социальной деятельности. Даже если предположить, что свобода воли — это иллюзия, а наше поведение определяется генами и раздражителями внешней среды, то количество невидимых управляющих нитей, тянущихся к марионетке, так велико и они настолько перепутаны, что практически невозможно предсказать, как кукла поведет себя. Именно эту неопишемую сложность поведения человека, его непредсказуемость мы и называем свободой воли.



О подписке



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.

Стоимость подписки на второе полугодие 2015 года

с доставкой по РФ — 960 рублей, при получении в редакции — 600 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.

Справки по телефону (495) 722-09-46.

Реквизиты:

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



*Один из видов Osedax крупным планом.
Хорошо видны щупальца-жабры
и разросшаяся «корневая система»*

Жизнь на костях

Н.Анина

Морские глубины — территория экстремалов. Это определение относится и к исследователям подводного мира, и к его обитателям, обладающим уникальными приспособлениями к жизни в исключительных условиях.

В январе 2002 года, погружаясь в подводном аппарате на дно калифорнийского залива Монтрей, сотрудники Исследовательского института при океанариуме Монтрей Бей увидели на глубине 2891 м множество маленьких красных щупалец, трепещущих над костями серого кита (рис. 1). Так был открыт новый род многощетинковых червей, получивший название *Osedax* — поедающий кости. Его изучением руководит сотрудник института Роберт Врийенхук («Science», 2004, 305, 668, doi: 10.1126/science.1098650).

Род *Osedax* принадлежит к семейству Siboglinidae, которое также включает погонофор и вестиментифер — глубоководных червей, живущих вблизи подводных вулканов и источни-

ков. Взрослые особи не имеют ни рта, ни пищеварительной системы и всецело зависят от бактерий-эндосимбионтов. Оседаксы отличаются от прочих представителей семейства тем, что их бактерии черпают энергию не из сульфидов и метана, а из сложных органических соединений. Задняя часть тела червя представляет собой разросшуюся зеленоватую ткань, пронизанную кровеносными сосудами и погруженную в кость. Эта своего рода «корневая система» населена бактериями порядка Oceanospirillales, которые разлагают коллаген и липиды и обеспечивают червей необходимой энергией. Передняя часть тела червя находится в воде и увенчана дыхательными щупальцами, которые и привлекли внимание исследователей (рис. в начале статьи).

Все вышесказанное касается исключительно самок, у самцов другая участь. Взрослые самки оседакса живут в слизистых трубках, между телом и трубкой есть маленький, в доли миллиметра зазор. В этой щели и обитают самцы. Длина самок составляет от двух до семи миллиметров, а самцы еще меньше. Внешне они напоминают скорее личинок, нежели взрослых особей. Чем крупнее самка, тем больше при ней самцов, зафиксированный рекорд — 111, но в среднем соотношение полов составляет 17:1 в пользу самцов. Роберт Врийенхук предположил, что пол червей определяет среда. Личинки плавают в воде, а потом оседают: те из них, кто попал



1
Osedax на костях кита

на кости, становятся самками, а осевшие на самок — самцами. Но это пока только гипотеза.

Стоит лишь увидеть какую-то диковину, как она потом встречается повсюду. При первом погружении исследователи обнаружили два вида костоедов, сейчас их известно около дюжины. Обитают они повсеместно на глубинах от 21 до 4000 метров, скелет упавшего на дно кита обживают месяца за два. Специалисты Института Монтрей Бей проанализировали последовательности митохондриальной ДНК оседаксов и выяснили, что, судя по их разнообразию, эти черви постоянно поддерживают большую численность популяций: от 10 тысяч до миллиона взрослых самок.

Оседаксов находили только на костях крупных китов, они даже получили название «китовые черви». С одной стороны, такая специализация объяснима: кости других животных мельче, их быстро затягивает донными осадками и они становятся недоступными для червей. Кроме того, по некоторым данным, китовые кости отличаются исключительно высоким содержанием липидов и по питательности превосходят любые другие кости, которые можно найти на морском дне. Впрочем, данные эти не проверены, и многие специалисты сомневаются в их достоверности. С другой стороны, узкая пищевая специализация плохо сочетается с высокой числен-

ностью и вездесущностью оседаксов. Получается, что куда бы и когда бы ни упал мертвый кит, его уже поджидают личинки костоедов. Чтобы такая прорва червей могла прокормиться, киты должны падать часто и равномерно, но логичнее предположить, что оседаксы не так разборчивы и питаются костями других животных тоже.

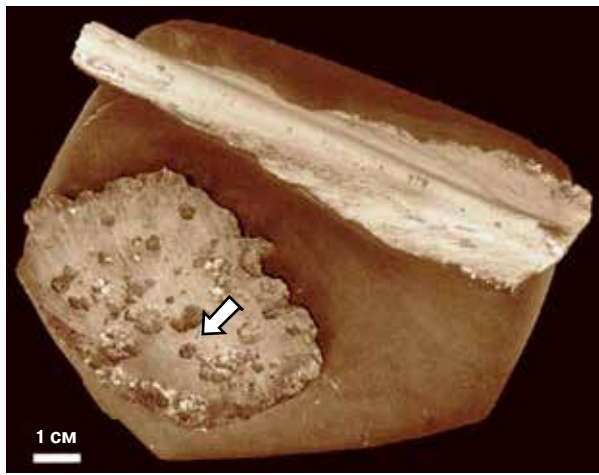
Эту гипотезу нельзя проверить наблюдениями: туши на глубине непросто найти и сложно исследовать, а кости, поднятые рыболовными тралами, часто повреждены. И Врийенхук с коллегами поставили эксперимент («Proceedings of the Royal Society B», 2008, 275, 387—391, doi: 10.1098/rspb.2007.1437). Они разместили в заливе на разных глубинах свежие бедренные коровьи кости длиной 20—26 см и наблюдали за ними в течение двух лет. Чтобы кости не затянуло осадками, их прикрепили к пластиковым штырям, стоящим в ведрах с бетоном (рис. 2). К 2008 году было известно восемь видов *Osedax*, и шесть из них колонизировали коровьи кости. Самки некоторых видов на «костяных деревьях» успешно размножались и содержали самцов, так что питательных веществ они получали достаточно. Отметим, что исследователи, прежде чем закрепить кости на штативах, разрезали их вдоль, костный мозг из них быстро вымыло и все черви сидели в твердой костной ткани, следовательно, эндосимбионты червей умеют извлекать коллаген и жирные кислоты непосредственно из нее.

Эту работу раскритиковали специалисты лондонского Музея естественной истории (Великобритания), Гетеборгского и Гавайского университетов, которые тоже исследуют оседакса («Proceedings of the Royal Society B», 2008, 275, 1959—1961, doi: 10.1098/rspb.2008.0177). Эксперимент с коровьим деревом они сочли неестественным и потому бездоказательным. Обычно кости не парят в полуметре над грунтом, а лежат на нем. Оппоненты ссылаются на исследования конца XX — начала XXI века, когда на дно помещали туши некрупных морских млекопитающих. Придонные падальщики очень быстро их поедали, скелет оказывался развороченным, а кости погребенными под слоем донных осадков. Вряд ли они в таком виде доступны оседаксам. Тралы никогда не поднимали со дна костей млекопитающих, заселенных этими червями.

Специалисты из Океанариума Монтрей Бей откликнулись немедленно («Proceedings of the Royal Society B», 2008, 275, 1963—1964, doi: 10.1098/rspb.2008.0350). Все данные, на которые ссылаются их оппоненты, были получены до того, как оседакс стал известен науке, червей могли не заметить или не узнать на костях. А что касается останков на дне морском, так они лично видели кости какого-то крупного наземного копыт-



2
«Дерево» из коровьих костей на глубине 2893 метров



3
Реконструкция ископаемой кости морской черепахи, в которой китовый червь проделал дыру (указана стрелкой)

ного во время подводных исследований близ Новой Гвинеи. Кости лежали на песке, заселенные червями *O. frankpressi*. Судя по валявшемуся вокруг рису и по срезу, указывавшему на работу мясника, кости сбросили с какого-то судна.

Поэтому нет оснований полагать, что оседаксы живут лишь на крупных костях китов. В их распоряжении, очевидно, широкий ассортимент скелетов морских млекопитающих: небольших китообразных и ластоногих, например дельфинов, морских свиней, северных морских слонов, морских львов, тюленей, а также рыб.

Исследователи разместили в сетчатых ведрах на глубине 100 метров позвонки желтоперого тунца или колючей пеламиды (диаметр около 2 см), позвонки калифорнийского желтохвоста диаметром около 5 мм, половинку нижней челюсти и позвонок (около 5 мм) небольшой акулы-мако или фрагменты коровьего бедра («Biology Letters», 2011, 7, 736—739, doi: 10.1098/rsbl.2011.0202). Мелкие кости оседаксов не привлекли, однако на крупных позвонках некоторые виды китовых червей поселились и размножились. Что происходило на хрящах, выяснить не удалось, потому что пять месяцев спустя, когда ученые извлекли образцы, хрящ распался, остались только минерализованный каркас и зубы. Кстати, эндосимбионты, которых черви приобретают заново при каждом оседании, на рыбьих костях родственны тем, что взаимодействуют с оседаксами на костях кита.

Итак, не китами единичными черви живы. В их отсутствие оседаксы могут прокормиться костями морских млекопитающих помельче или крупных рыб, а также отходами с камбуза и, возможно, упавшими с неба птицами. Конечно, в природе эти кости заметает донными осадками, их поедают падальщики, но их так много, что часть этого огромного ресурса может достаться оседаксам.

Данные о расширенном рационе костоедов помогли пролить свет на еще одну загадку: время их возникновения. Сравнение последовательностей митохондриальной ДНК дает противоречивые результаты в зависимости от того, какую частоту мутаций принять за основу. Если взять показатель, принятый для мелководных морских беспозвоночных, то род *Osedax* отделился от семейства Siboglinidae около 45—42 млн. лет назад, как раз когда появились первые китообразные. Но если использовать молекулярные часы, откалиброванные по глубоководным кольчатым червям, получится, что *Osedax* возникли в меловом периоде, около 130 млн. лет назад, а примерно 75 млн. лет их разнообразие заметно возросло. В этом случае они могли кормиться костями крупных морских рептилий, таких, как мозазавры или плезиозавры, — крупней-

шие из них достигали в длину 15—17 м, что сравнимо с размерами современного кашалота. Те 20 млн. лет, когда крупные морские рептилии уже исчезли, а киты еще не появились, оседаксы могли пережить на скелетах некоторых костистых и хрящевых рыб, морских птиц и черепах, уцелевших в эпоху великого вымирания.

Тут уместно спросить, надолго ли хватает червям крупного скелета? Оказывается, нет. Роберт Врийенхук с коллегами описывают наблюдения за оседаксами, заселившими скелет синего кита. Разрыхленные ими кости, а главное — сами черви, полные питательных яиц, привлекли крабов Таннера, которые с аппетитом пожрали этот костно-яичный сэндвич. В результате от двадцатиметрового скелета за три с половиной года осталось лишь несколько крупных костей.

Пролить свет на время возникновения оседаксов могут только следы червей на древних костях, поскольку сами мягкие беспозвоночные сохраниться не могли. Гипотезу о том, что оседаксы возникли и эволюционировали вместе с китами, подтверждают находки костей маленьких зубатых китов и рыб с характерными отверстиями: узкий круглый вход в пещерку неправильной формы. Круглая костяная трубочка — след тела оседакса, а пещерку в толще кости оставляет «корневая система». Возраст находок около 30 млн. лет.

Калифорнийские ученые призвали внимательно исследовать кости морских рептилий мелового периода. Их призыву последовали специалисты Плимутского университета, обнаружившие следы оседаксов на плечевой кости плезиозавра и двух фрагментах костей морской черепахи семейства Cheloniidae («Biology Letters», 2015, 11, doi: 10.1098/rsbl.2015.0072). Кости этих животных, живших 100—93,9 млн. лет назад, ученые взяли в музее Кембриджа и исследовали с использованием микрокомпьютерной томографии, которая позволяет реконструировать трехмерную структуру объекта, не разрушая его. Тогда и выяснилось, что в костях есть множество характерных отверстий, оставленных, по всей видимости, *Osedax* (рис. 3). Таким образом, 100 млн. лет назад эти животные уже существовали. По мнению исследователей, их эволюции и распространению способствовали крупные морские рептилии мелового периода. Но оседаксы не брезговали и морскими черепахами, которые пережили великое вымирание и позволили червям продержаться до возникновения китообразных. Кстати, оседаксы — не единственные костоеды, спасенные этими рептилиями: на остатках кожистых черепах, живших 40—50 млн. лет назад, нашли следы моллюсков *Osteopelta*, которые тоже теперь специализируются на китовых костях.

Итак, недавно открытые оседаксы — древний специализированный род, который помнит еще рептилий мелового периода, и палеонтологи теперь горестно размышляют о том, скольких прекрасных находок они лишились по вине этих червей.



Медвежья рыбалка способствует круговороту азота

Экскрементальная биология

Доктор биологических наук

Д.А.Жуков

Однажды знаменитая горилла Коко, которую обучили общаться с людьми с помощью амслена, американского языка глухонемых, сидела, глубоко задумавшись о чем-то своем. В это время уборщик в шутку брызнул на нее водой из шланга. Взъярившийся стотридцатикилограммовый зверь ответил шутнику жестами: «Ты грязный плохой туалет». Слово «туалет» с разнообразными эпитетами Коко нередко использовала как ругательство, что приводило в восторг исследова-

телей, поскольку употребление слов в переносном значении свидетельствует об абстрактном мышлении объекта. Но сейчас обратим внимание на то, что для людей и учившейся у них гориллы «грязный туалет» — это что-то очень плохое. Безусловно, в жилом помещении экскременты неуместны, но в живой природе они исключительно важны.

Экскременты — продукты метаболизма, выделяемые во внешнюю среду, — неотъемлемый признак гетеротрофных организмов (то есть таких, которые усваивают питательные вещества других организмов, в отличие от автотрофов, которые никого не едят, а производят органические вещества из неорганических, например, с помощью фотосинтеза). Это не только фекалии и моча, но также экскременты кожных желез и желез

слизистой оболочки, которые попадают во внешнюю среду. К экскрементам обычно не относят секреты специальных желез, имеющих узкоспециализированную функцию: яды, паутину, чернильный пигмент каракатиц и т. п.

Основную массу экскрементов составляют выделения пищеварительной системы. Фекалии — это сложная биологическая система. За счет микрофлоры (экскременты человека на 70% состоят из микроорганизмов) в кишечнике выделяются и образуются биологически активные вещества, которые обладают трофической и метаболической ценностью не только для редуцентов (бактерий, грибов, дождевых червей), но и для самих производителей экскрементов. Кроме того, с экскрементами выделяются сигнальные вещества — феромоны, которые регулируют социальные отношения в сообществе. Таким образом, причислять экскременты к «бесполезным отбросам» неправильно.

Возвращение азота

Основное значение экскрементов состоит в утилизации мертвого органического вещества и в регуляции соотношения азота и углерода (N/C). От соотношения азота и углерода зависит скорость, с которой разлагается мертвое органическое вещество. Это связано с тем, что отношение N/C в тканях микроорганизмов приблизительно составляет 1:10. Иначе говоря, биомасса микроорганизмов может увеличиться на 11 г, если данной популяции доступен 1 г азота. В тканях растений отношение N/C, как правило, составляет от 1:40 до 1:80. Поэтому на растительном субстрате, который составляет значительную массу мертвого органического вещества, из-за дефицита азота может образоваться только ограниченная биомасса редуцентов. Процесс разложения будет стимулировать поступления доступного азота (аммиака или нитратов) извне. В отличие от останков растений отношение N/C в телах животных и в их экскрементах близко к 1:10. Таким образом, экскременты, попадающие в почву, ускоряют процесс разложения мертвого орга-

нического вещества и увеличивают количество энергии, возвращаемой в биосферу через систему редуцентов.

Особенно велика роль экскрементов в тех экосистемах, где валовая первичная продукция невелика. На Аляске с экскрементами буроого медведя в почву попадает азот, который медведь получает из лосося, поднимающегося по рекам (Hilderbrand et al., «Oecologia», 1999; 121, 546—550). Используя метку стабильным изотопом ^{15}N , ученые установили, что одна медведица потребляет за год $37,2 \pm 2,9$ кг азота, происходящего из лосося. Меньше одного процента остается в теле зверя, а остальной азот выделяется (96% с мочой и 3% с пометом) во внешнюю среду в полосе шириной 500 м вдоль русла рек. В этой полосе каждый медведь ежегодно вносит в почву по $5,1 \pm 0,7$ мг/м² азота, полученного из лосося. По оценкам авторов работы, 16—17% азота в почве 500-метровой полосы имеет лососевое происхождение, причем медведи распределяют 83—84% этого количества. Аналогичную роль в увеличении плодородия субарктических почв играют мигрирующие гуси *Branta canadensis* (Cochran et al., «Biology and Fertility of Soils», 2000, 32, 4, 340—346).

Не только человек, изготовляющий компост, но и животные добавляют экскременты в растительный материал. Алтайские пищухи *Ochotona alpina* оставляли свои экскременты внутри стожков травы, которую они запасают в конце лета (Смирин В.М., Смирин Ю.М. Звери в природе. М.: Издательство МГУ, 1991). Еще один пример целенаправленного повышения животными первичной продукции наблюдается у ленивцев. Они проводят всю жизнь на одном и том же дереве, перейти на другое их может вынудить только истощение кормовой базы. Поэтому, забывая о своем дереве, ленивец, когда возникает необходимость эвакуировать содержимое прямой кишки, дает себе труд спуститься на землю. Своим сильным коротким хвостом он выкапывает ямку под стволом и, опорожнив кишечник, засыпает ее землей во избежание растаскивания и размывания. Отношение ленивцев к своим экскрементам именно как к фактору плодородия почвы подтверждается тем, что такая форма поведения не свойственна другим животным, которые питаются на обширной площади. Например, разнообразные обезьяны в тех же южноамериканских лесах испражняются, как правило, на ходу, перепрыгивая с одного дерева на другое.

Таким образом, основная роль экскрементов в кругообороте органического вещества заключается в обогащении питательных цепей связанным азотом.

Копрофагия

Экскременты могут быть и пищевым ресурсом. Поедание экскрементов называется копрофагией, и оно исключительно широко распространено в природе — куда шире, чем думают многие. Замечательный пример, в котором копрофагия обеспечивает процветание всего сообщества, описан в книге «Экология. Особи, популяции и сообщества» (Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. М.: Мир, 1989). В небольших заболоченных озерах на северо-востоке Англии из-за растворенных гуминовых веществ, которые поступают с окружающих сфагновых торфяников, вода темная и плохо пропускает солнечный свет. В такой воде мало биогенных веществ, необходимых растениям, из-за этого первичная продукция в этих озерах невелика. Органическое вещество поступает в воду главным образом с берегов и состоит из малопитательных частиц торфа.

Эти частицы со временем оседают и заселяются бактериями. В результате их калорийность и содержание белка значительно увеличиваются. Торфяные частицы поедают беспозвоночные детритофаги — личинки некровососущих комаров *Chironomus lugubris*. Экскременты личинок обильно обрастают грибами, активность микрофлоры в экскрементах возрастает, и образуется пищевой ресурс высокого качества. Однако сами личинки их не едят, поскольку экскременты слишком велики и плотны для их ротового аппарата. Но для другого обитателя озер — ветвистоусого рачка *Chyrodus sphaericus* — они весьма привлекательны; по всей вероятности, рачки завязят от этих экскрементов как от источника пищи. *Chyrodus* захватывает фекальный комок внутри створок своей раковины и, вращая его, объедает с поверхности. В лабораторных условиях было показано, что присутствие рачков резко ускоряет разрушение крупных экскрементов комара до мелких частиц.

А теперь последний и наиболее впечатляющий поворот: размельченные экскременты комаров в смеси с экскрементами рачков становятся теперь достаточно мелкими, чтобы их вновь могли использовать личинки *Chironomus*. Лабораторный эксперимент показал, что личинки комара растут быстрее в присутствии рачков *Chyrodus*, по всей вероятности, из-за доступа к новому источнику пищи. Замечательный пример взаимной симбиотической копрофагии!

Экскременты позвоночных имеют различную пищевую ценность, которая зависит от типа питания животного. Помет хищников — относительно скудный источник полезных веществ; его почти



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

полностью утилизируют бактерии и грибы. Напротив, помет травоядных содержит значительное количество органического вещества. Кроме того, он достаточно широко распространен в среде, чтобы поддерживать свою собственную характерную фауну, которая состоит из специализированных потребителей и многих случайных посетителей.

Классический пример межвидовой копрофагии — отношения жуков-навозников к экскрементам слона. Когда в тропиках наступает период дождей, поверхность помета кишит жуками уже через несколько минут после его выделения слоном. Взрослые жуки питаются сами и обеспечивают кормом своих личинок. Некоторые жуки выкапывают гнезда непосредственно под кучей, другие строят внутри кучи гнездовые камеры. Представители других семейств камер не строят, а просто откладывают яйца в кучу. Их личинки растут в ней до конца личиночного периода развития, а затем уползают и окукливаются в почве. Крупный *Helicoverpa dilloni* отделяет комок экскрементов от свежей кучи, откатывает на несколько метров и зарывает в землю. Зарытой в землю порции он придает форму чаши, в которую откладывает одно яйцо. Затем из большого куска помета делает шар и покрывает его тонким слоем земли. Вылупившаяся личинка начинает питаться, двигаясь по внутренней поверхности шара и увеличивая пустое пространство. Иногда личинка, наряду со слоновыми экскрементами, поедает и свои собственные. Когда вся запасенная матерья пища кончается, личинка обмазывает внутреннюю поверхность сферы собственными экскрементами и окукливается.

В умеренном климате экскременты травоядных также используются насекомыми. Например, жук *Geotrupes spiniger* уносит до 13% коровьих лепешек. Взрослые желтые навозные мухи *Scatophaga stercoraria* питаются нектаром, но спариваются в свежих коровьих экскрементах. Самки откладывают яйца прямо в навоз, где и развиваются личинки.

Проблема утилизации экскрементов травоядных обретает практическое значение в сельском хозяйстве. Скажем, в Австралии популяция коров оценивается приблизительно в 30 млн. особей, и каждая из них производит десять лепешек навоза в день. Поскольку коровы были завезены в Австралию только 200 лет назад, там не успела сформироваться фауна, использующая коровий помет как ресурс. Проблема была решена вселением африканских жуков-навозников.

Попытка номер два

Важное значение имеет поедание собственных экскрементов — внутривидовая копрофагия. Тоже не особенно привлекательная форма поведения, но для биообъектов и биологов что полезно, то не безобразно. Полезно не для людей, конечно: у взрослого человека это симптом серьезного психического расстройства (хотя у маленьких детей бывает элементом игрового, исследовательского поведения).

Многоножки *Apheloria montana*, обитающие в лесной подстилке, в лабораторных условиях очень плохо прибавляли в весе, если питались только отмершими листьями. В контрольной группе животные получали доступ к собственным экскрементам, их скорость потребления пищи была выше на 60%, а скорость роста — на 16%.

Копрофагия широко распространена и среди позвоночных, в том числе и млекопитающих. Описанная впервые у кроликов, она присутствует в поведенческом репертуаре многих грызунов, в том числе у бобров, а также у собак, свиней, лошадей и приматов.

Трофическая функция копрофагии имеет несколько аспектов. В условиях скудной пищевой базы, при постоянном дефиците усвояемого азота копрофагия позволяет повторно использовать азотистые соединения. Северные олени активно поедают снег с мочой, причем не только собственной, но и других

млекопитающих, в частности человека.

С помощью копрофагии увеличивает эффективность пищеварения, то есть достигается тот же результат, который жвачные животные получают, отрыгивая из рубца и повторно пережевывая порции корма. Переваривание растительной пищи, содержащей много целлюлозы, требует значительного времени и большого объема пищеварительных путей. Поэтому у растительноядных животных желудочно-кишечный тракт специально приспособлен к этому типу пищи. Большая часть растительноядных позвоночных не способна вырабатывать ферменты, расщепляющие целлюлозу (основной компонент растений) до простых сахаров, которые усваиваются организмом. Такие ферменты вырабатываются микрофлорой кишечника животных.

Из желудка пища попадает сначала в тонкий, а затем в толстый кишечник. В слепой кишке, расположенной на границе тонкого и толстого кишечника, содержится основное количество микрофлоры, вырабатывающей ферменты. При первом проходе через кишечник у пищевых частиц еще слишком грубая консистенция, они чересчур крупные, и расщеплению подвергается только небольшая часть целлюлозы. Повторный проход позволяет достичь лучшего измельчения: вторичная пищевая масса легко распадается на мелкие частицы, которые более доступны пищеварительным ферментам бактерий. Кроме того, в толстом кишечнике, куда попадает содержимое кишечника, обработан-

ное микрофлорой, уже не происходит всасывания питательных веществ. Продукты расщепления растительных полисахаридов были бы потеряны для организма, если бы не копрофагия, в результате которой питательные вещества, полученные из пищи, снова попадают в зону всасывания — в тонкий кишечник. Например, у капибары *Hydrochaeris hydrochaeris* максимум копрофагии (животные слизывают мягкие фекалии непосредственно с ануса) отмечается спустя 11—12 часов после приема растительной пищи (Mendes et al., «Applied Animal Behaviour Science», 2000, 66, 1—2, 161—167).

Объем копрофагии у растительноядных животных довольно значителен. Например, серые крысы поедают от 5 до 50% собственных экскрементов. В лабораторных исследованиях было показано, что у грызунов дегу (*Octodon degus*), обитающих в Чили, копрофагии способствует снижение калорийности диеты за счет увеличения пропорции грубоволокнистой пищи (Kenagy et al., «Physiological and Biochemical Zoology», 1999; 72 (1), 78—86). Причем на обеденной диете у дегу, для которых характерна активность в светлое время суток, 87% копрофагии отмечалось ночью. Пока не собираем новую пищу, почему бы не утилизировать имеющееся в наличии «вторсырье»?

Помимо продуктов расщепления растительных полисахаридов благодаря копрофагии животные получают и бактериальные продукты, прежде всего аминокислоты. У мармозеток копрофа-

Среди грызунов копрофагия широко распространена



Канибара



Бобр



Крыса



Дегу

гия отмечается, когда содержание белка в диете падает ниже 6% или имеется дефицит аргинина и гистидина (Flurer, Zucker, «Laboratory Animals», 1988, 22 (4), 330—331). Нутрии, поедая 16% своих фекалий, получают 26% метионина и 19% лизина (Takahashi, Sakaguchi, «Journal of Comparative Physiology» В, 1998, 168, 4, 281—288). Две группы крыс, одна из которых была лишена возможности поедать собственные экскременты, содержали в течение шести дней на диете с низким содержанием белка и изотопной меткой ^{15}N . Масс-спектрометрия гомогенизированного скелета показала, что в костных тканях крыс, лишенных копрофагии, практически отсутствует аминокислота лизин (Torrallardona et al., «British Journal of Nutrition», 1996; 76, 5, 701—709).

Многие животные поедают не только первичные мягкие фекалии, но и твердые, дважды прошедшие через желудочно-кишечный тракт. Поскольку питательных веществ в таких экскрементах мало, можно предположить, что в этом случае имеют ценность биологически активные вещества, продуцируемые микрофлорой. В самом деле, кроме аминокислот таким путем в организм поступают витамины, минеральные вещества, микроэлементы и др. Например, экскременты крыс и мышей содержат много витамина B_{12} и фолиевой кислоты. Усиление копрофагии у крыс во время беременности связано с возрастающей потребностью организма в витаминах, причем, даже если добавить эти витамины в пищу, крысы не отказываются полностью от поедания фекалий, очевидно получая из них еще какие-то полезные вещества. На такую возможность указывают и прямые измерения. Так, собственные мягкие фекалии служат для кроликов источником летучих жирных кислот, причем копрофагия улучшает их усвояемость (Vernay, «Reproduction, Nutrition, Development», 1986, 26, 5A, 1137—1149).

Копрофагия стабилизирует минеральный обмен при неполноценной диете. При содержании крыс на четырех диетах с убывающим содержанием железа эффективность регенерации гемоглобина понижалась только у крыс, лишенных доступа к собственным экскрементам (Zhang et al., «Plant Foods for Human Nutrition», 1992, 42, 2, 97—108). Аналогичные результаты получены при изучении абсорбции магния и кальция у крыс, содержащихся на неполноценной диете (Ohta et al., «British Journal of Nutrition», 1996; 75, 5, 775—784).

И еще любопытный факт: когда крыс в лабораторных условиях лишают возможности копрофагии, то ко всему прочему у них не проявляется лечебный эффект пенициллина. Видимо, для него

необходимо некое вещество, которое образуется в организме и выделяется с экскрементами после приема антибиотика.

Таким образом, копрофагия способствует, во-первых, более эффективному усвоению углеводов растительного происхождения и, во-вторых, потреблению продуктов микрофлоры кишечника — свободных аминокислот и белка, витаминов и других биологически активных веществ.

Особый случай с детенышами на самых ранних стадиях развития. Так, единственная пища детенышей коала — экскременты матери. Копрофагия не встречается у взрослых жеребцов и кобыл, но обычна для жеребят. Биологическое значение такой копрофагии — не столько получение питательных веществ, сколько формирование собственной кишечной микрофлоры, обеспечение иммунокомпетентности, а также потребление дезоксихолевой кислоты, необходимой для миелинизации нервной системы. Крысята поедают материнские экскременты в возрасте от 14 до 28 дней — именно в этот период формируются оболочки их нервных клеток. Организм детенышей не вырабатывает необходимых для этого жирных кислот, зато они содержатся в экскрементах кормящей самки.

Кишечная микрофлора и поведение

Копрофагия связана и с психическими процессами взрослых особей. Одно из веществ, вызывающих сон (фактор сна), идентифицировано как член семейству мурамидовых пептидов — компонентов клеточных стенок бактерий. Фактор сна, выделенный из организма млекопитающих, — это продукт жизнедеятельности анаэробных бактерий кишечника. Появление в онтогенезе млекопитающих медленноволнового сна, необходимого для выживания, совпадает по времени с заселением кишечника анаэробной микрофлорой. Было высказано предположение, что у крыс и кроликов то и другое появляется благодаря копрофагии (Brown et al., «Medical Hypotheses», 1988, 26, 3, 171—175).

Особенности кишечной микрофлоры, возможно, связаны с синдромом внезапной детской смерти — необъяснимых пока случаев, когда здоровый младенец умирает во сне, просто перестав дышать (Highet et al., «International Journal of Medical Microbiology», 2014, 304, 5—6, 735—741, Moreno-Indias et al., «European Respiratory Journal», 2015, 45, 4, 1055—1065).

Обогащение диеты крыс культурой бактерий *E. coli*, выделенных из их экскрементов, изменяло пищевое поведение



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ние животных: через три недели масса тела самок увеличивалась, а у самцов снижалась (Tennoune et al., «Nutrition», 2015, 31, 3, 498—507). По мнению авторов работы, этот эффект связан с тем, что *E. coli* каким-то образом стимулирует выработку в организме антител к АКТГ (адренкортикотропному гормону) и МСГ (меланоцитстимулирующему гормону). (Уровни антител к этим гормонам в крови животных действительно изменились, причем неодинаково у самок и самцов.) Возможно, что и пищевое поведение человека, и наша склонность к полноте тоже регулируются спектром кишечной микрофлоры, так что на новом этапе развития науки будет достаточно вселить в себя «правильные» штаммы бактерий — и ночные походы в холодильник прекратятся сами собой (см., например, рубрику «Хемоскоп» в майском номере «Химия и жизнь» за этот год).

Отдельной статьи заслуживает роль экскрементов в выделении, распространении и фиксации феромонов — химических сигналов, изменяющих поведение других животных. Некоторые формы поведения, с этим связанные, хорошо известны даже специалистам: посмотрите на собаку, обнюхивающую столбик.

Итак, экскременты очень важны. Они обогащают почву связанным азотом, служат пищей. Велика их роль в медицинской диагностике и в научных исследованиях, причем не только в биологии, но и в археологии: исследование окаменевших фекалий позволяет узнать, чем питались древние люди. С другой стороны, не случайно их вид и запах оцениваются как неприятные: контакт с выделениями может привести к инфекциям или паразитарным инвазиям, так что реакция их избегания, в сущности, здоровая. А иногда, подобно горилле Коко, животные не просто относятся к экскрементам как к неприятным объектам, но и целенаправленно используют их, чтобы выразить презрение и отвращение, — что известно всякому, кому кошки писали в тапки.



Деревянные горы

Г.Ю.Любарский

Новая книга Ю.В.Чайковского — «Деревянные горы, или Мысы Ледовитого напоминают...» (М.: КМК, 2015). Читал увлеченно, а вот рассказать о ней трудно. Автор интересовался историей Арктики несколько десятков лет, это его увлечение, книга написана не по заказу — для души, чтобы самому было интересно. Значит, целая жизнь поисков, архивов, находок, статей, сопоставлений. Дальше: история освоения Арктики — это аспект истории России за 500 лет. Это чудовищный объем материала, целые горы книг по истории географических открытий, по экономике, по истории завоеваний, по социальной истории, и персоналии, и этнография, и чудовищная номенклатура предмета — представьте, что творилось в эти 500 лет с названиями рек, гор и заливов. Эх, Деревянные горы — вы только представьте место, которое называется Деревянные горы, это в самом деле горная гряда такая, или по меньшей мере гряда холмов. Это — матчасть, имена, даты, грамоты, указы, числа, публикации, археологические находки,

и еще больше — искажения, умолчания, утерянные и украденные экспонаты, пропавшие коллекции. Основная задача такой книги — композиция: как уместить в какой-то умопостижимый объем всю эту карусель мнений, дат, соображений. Тем более что над душой не стоит злобный начальник, который бы указывал, что интересно, а что выбросить, — автор сам себе хозяин и хочет рассказать о том, что самому интересно. Как все это передать? По этой причине выпущено из книги то, что составляет если не самое начало, то «тело» всей истории, — собственно энциклопедическое, равнопоярное, последовательное изложение истории Арктики. Поэтому если читатель совсем не знаком с предметом, ему будет трудновато — автор предполагает, что в общем и целом некоторые знания у читателя есть. Если же нет — придется читать Л.С.Берга по географии, десяток книг по истории и т. п. И вообще, учить историю с Ивана Грозного, детально эпоху Петра I, помнить, что при каких царицах сделано и что утверждается, что опубликовано и что опровергнуто. Все



это полагается хотя бы в общих чертах известным, автор пишет уже готовую картину прямо на том фоне, который у читателя есть. В результате, если у читателя фон сделан плохо и знает он мало — вся книга провалится, все детали, приводимые автором, просто не за что будет зацепить.

Это очень общая проблема. Как написать популярно и понятно об истине, по крайней мере, о том, что известно науке? Сейчас преобладающий ответ образованного сообщества и ученых в частности прост: никак. Научная литера-



«Рельеф сильно расчленен: острые гребни, глубокие темные овраги, словно Кавказский хребет в миниатюре... Главной же достопримечательностью, давшей и название горам, были скопления древесных стволов, встречавшиеся, судя по описаниям, на их склонах. (Наши геологи специально искали эти богатые древесные скопления и не нашли. В толще пород встречаются пласты и линзы бурого угля, отдельные ветви, небольшие обломки влажной, тяжелой древесины, и только.

Ноя, а происхождение их связывали со всемирным потопом. Целые штабеля стволов, принесенных морем, действительно часто встречаются на ныне безлесных островах. Однако на склонах Деревянных гор древесина была найдена на таких высотных отметках, до каких волна не достигает даже в самый сильный шторм. М.М.Геденштром сделал отсюда вывод, что территория острова Новая Сибирь интенсивно поднимается. Вывод свидетельствует о диалектичности его научного мышления, но фактическая основа оказалась иной. Тщательно изучив взаимоотношения древесных остатков с вмещающими их породами, Э.В.Толль сделал вывод, что древесина не принесена извне, а, прежде чем оказаться на поверхности склонов Деревянных гор, была заключена внутри толщи. Толль установил, что древесные остатки относятся к третичному возрасту, следовательно, в третичный период, предшествовавший современному, климат на территории нынешних Новосибирских островов был таким теплым, что здесь произрастали не только сосны, но и секвойи. (Последними работами нашего геолога Г.В.Труфанова возраст угленосной свиты Деревянных гор «снижен» еще более, до верхнего мела и самых низов палеогена.)»

Из книги В.Л.Иванова
«Архипелаг двух морей»
(М.: Мысль, 1978)

Вероятно, стволы, которые видели Геденштром и Толль, уничтожены эрозией, а новые сейчас не вышли на дневную поверхность.) Эти древесные остатки предшественники Толля посчитали скоплениями современного плавника, который в те времена именовали «ноевщиной», по имени библейского

тура по-английски — для специалистов, а для народа — популярные сказки. То есть ученые, пишущие популярные тексты, конечно, стараются рассказать правду, в меру ума и честности каждого, но при этом с самого начала отказывают читателю во вменяемости — и какую долю упрощений, смягчений, идеологических напряжений и прочего вложить, решает только автор. Каждый уверен, что он всего лишь упрощает детали, а в целом дает верную картину — разумеется, верную для его идеологии.

В самом деле, дать верную и детальную картину результата научных исследований на «простом» языке практически невозможно. Наука состоит из терминов — значит, надо учить новый язык, наука контринтуитивна — значит, здравый смысл будет мешать. Науке учатся десятки лет — значит, понять за неделю не выйдет (если б можно было, давно бы все так делали, а не тратили десятки лет). Ну а раз невозможно, то профессионалы специально для вас споют свои слова на известный мотив. И все же — нет ли для объяснения устройства мира хоть какой-то дорожки? Кроме изложенной выше, есть и иные точки зрения, но много менее популярные и менее развернутые. У автора свой взгляд, который может показаться наивным, но безусловно — смелый. Автор о себе говорит примерно так: я всю жизнь решал одну задачу — как понять то, что делают специалисты, не будучи специалистом. Интересует многое — и биология, и история, и астрономия, и вообще масса всего. А специалисты... Достаточно сказать, что они, как оказывается тридцатью — пятьюдесятью годами позже, ошибаются, и уже сразу может быть видно, что иногда просто врут. И что делать? Можно не делать ничего, а вот автор решил: я хочу знать и в дураках ходить не намерен. И он стал пробовать разработать методологию познания, которая позволила бы ему разбираться в специальных вопросах. Конечно, не даром и не чудом — он прочел все, что можно, и в конце концов становится специалистом... Насколько



Скульптурный портрет Витуса Беринга, восставленный по черепу (из книги Ю. В. Чайковского)

это возможно. Но намерения тверды: любой здравый и разумный человек может, собравшись и напрягшись, понять сказанное специалистом, проверить и оценить аргументы, сопоставить взгляды разных специалистов и решить, что ему кажется верным. Чтобы хотя бы прямо в глаза-то не врал, чтобы хоть сторожились. И эта книга — конечно, результат данной методологии: она увлекательная, ее можно назвать как бы популярной, она не заумная, ее вполне можно понять, но она совсем не простая, не «элементарная» и никаким «популярным введением в предмет» служить не может. Это совсем другая сторона медали: не популярное введение, а популярное заключение. Автор десятки лет изучал историю России, пытался понять, что же происходит, и в этой книге — «арктический» аспект, ответ на такого рода вопросы, преломленные через 500 лет русской истории и географию Арктики.

Как же решена задача композиции этой сложной, несколько запутанной, потому что поневоле сокращенной, книги? Очень красиво, на мой взгляд. Главы названы именами мысов Ледовитого океана. Изложение в целом идет по мысам, и одновременно это хронология. Пять мысов, с XVII века и далее на восток. Если очень грубо и неточно, можно даже сказать, что это история открытия мысов, хотя на деле не так, конечно. В каждой главе детективная история. У автора такой стиль мышления — детективный, счастливая черта для писателя. Он все время ставит вопросы и сомневается: «так ли это?», «а почему решено, что?», «а почему следует думать так, как это принято в авторитетном источнике?», «а на что он опирался?». И потому детективная линия каждой главы нафарширована еще десятками криминальных историй. Например, основное расследование: найдены на дальнем севере, где, как считалось, не было людей, зимовье и скелеты, погибшие люди, людоедство в трудной зимовке, старинные вещи — чье это? что за история? И вот, через сотни лет, отыскивание следов — даже в местных легендах, в этнографическом материале, и в географии, и с учетом малого ледникового периода... Древний картограф рисует озеро с вытекающей из него рекой, географы XX века смеются над фантастическими картами — примерно в тех местах сейчас есть озеро, но река в него, конечно, втекает. Однако если взять донные отложения и посмотреть смены климата, становится ясно — когда тот древний картограф работал, река в самом деле текла наоборот, из озера. И такое — на каждой странице: украденные и разграбленные вещи, замолчанные находки,



именитые историки, рассказывающие мифы, повторение мифов вроде бы приличными людьми и бесконечные «украдено», «пропущено», «выкинуто», «продано», «потеряно», «потеряно»...

Каждая детективная история распадается на множество вопросов и сюжетов. Отчего книга такого-то автора написана спешно, при всей его занятости, за полгода и подготовлена к печати, а потом два года не издается? А отчего потом издается? А отчего в ней наврано именно вот так, хотя автор знал, в чем дело, что ясно из таких-то обстоятельств? Этим опять-таки заполнены главы, и таких вопросов, расследований — множество. Часть вопросов автор для себя решил, часть не смог, но изложение этой истории с географией очень интересное.

Главный вопрос, который решает автор, выглядит примерно так. В книгах, мейнстримных изданиях, история Арктики изложена таким-то образом (долго говорить как). А на деле там прослеживается единый сюжет, центральный сюжет книги — это ВСЭ, Великая северная экспедиция. При нехватке средств Россия выпускает экспедиции в ледяные необитаемые места, одну за другой и по несколько разом, и вроде как нигде не написано, что же это за организация, что за люди за этим стояли, как это случилось, что связало усилия десятков инициаторов. По книгам получается, что вдруг некто решил и попробовал сплавить, открыл то-то, погиб или чуть не погиб, — героям вечная память. А автор полагает, что там была целая история, план, приказ, структура, исполнители и герои были героями, но только степень их героизма виднее, когда без вранья выясняется, что же происходило на самом деле. За историей освоения Арктики автору чудится некое единое организующее начало, которое до сих пор не описано, и он ставит целью все это раскрыть. Но это невозможно сделать последовательно, как уже говорилось выше, и потому — выбрано несколько якорных историй, к которым привязаны другие соображения, расследования и исследования автора.



Все изложено по главам, изящно — но стройная идея структуры не выдерживает напора материала. У каждой главы дополнения, изложение скачет — что-то приходится излагать отдельно в приложениях третьем, пятом или шестом, а в главе только упомянуть, что подробности будут потом, отдельной новеллой, а тут маленькое указание, оно разрастается в примечаниях, — и идут отсылки к методологии настоящего научного исследования, эта оригинальная методология у автора изложена во введении, а кроме того, отсылки к документам и публикациям, список которых в другом приложении. Все эти развесистые и неуминаемые подробности представляют собой, конечно, только сверхкраткое изложение, практически пунктир, который читатель должен восстановить сам. А автор не может удержаться, чтобы не выразить отношения к Петру I, — ну и в самом деле, если это болит, как же удержаться и, собственно, зачем? И вот мелькают сюжеты истории Петра, причем видно, насколько детально автор знает эпоху, — это не ссылки на всем известные обзоры, хоть Соловьева, хоть Ключевского, а результат сидения в архивах, но, конечно, это не история Петра — просто через край перелилось, автор не мог не упомянуть и потому упомянул.

Великая северная экспедиция — по мнению автора, это десять лет исследований (1733—1743), около 10 тысяч человек, истории их возвращения — после этих десяти лет ведь еще выбирались обратно, это несколько отдельных предприятий... Как все это связано? Почему об этом не известно? После этой экспедиции пройти теми же маршрутами не могли 136 лет. Так что и в самом деле великая. Полный аналог — великая западная экспедиция Китая, 27 тысяч человек на 62 кораблях. Столь же велика, бесплодна, не нужна современникам, забыта по совершению.

Отвечать, что и как было, — пересказывать книгу, точнее, Очерк 4, до него имеются и другие мысы, да и после... Так что для всех любителей Арктики просто названия глав: Мыс Скифский, или Арктический; Мыс Фаддея; Мыс Петра; Мыс Челюскин; Мыс Дежнева; Мыс Преображения.



*Море Лаптевых подо льдом.
В центре — Новосибирские острова,
в левой части — Великая Сибирская полынья*

От закрытой Мангазеи и малого ледникового периода сквозь необычайные дела Петра — и в XX век, населивший Арктику зеками. И много, много всего. Автор ведь пишет для себя, и потому это «книга жизни», ответы на вопросы, которые автор искал десятки лет, это книга не об Арктике и не о географии, а о России, о причинах ее истории и судьбы. И потому даже в мимолетных сравнениях проглядывают аналогии, от которых сами собой напрашиваются ответы на всякие новости вчерашнего дня и нынешние печали, вспоминаются всякие нано- и мегапроекты. Все повторяется, поскольку делается людьми одного административного темперамента в примерно одних условиях.

Вот автор взялся за вопрос, откуда деньги на ВСЭ. Никто нигде этого не говорит, он это добывал из частной переписки XVIII века и, в общем, получил отрицательный ответ: неизвестно откуда. На великую экспедицию в Китае был учрежден особый налог, который Поднебесная и выплачивала: вот кто оплатил чудесное плавание Чжэн Хэ. А ВСЭ? Не было налога, вообще ничего не было. Делали казенные люди, с прочими расплачивались правительственными обещаниями, и в итоге ничего не было заплачено — потом еще много лет по канцеляриям ходили жалобщики и вдовы, добывающиеся положенных выплат от правительства, и никому не платили. А матчасть? Опять всего одна деталь: наверху решили, что незачем тратиться на всякие зипуны и шубы, раз люди на службе (во флоте), так что пусть в по-

ложенном обмундировании и служат. И потому шли сквозь метели в Хатанге в кафтанах, мерзли и мерли от цинги. И опять же: таких историей там множество, это всего лишь одно предложение, а рядом другое, а потом абзац, а потом еще десяток рассказов о России, ее истории и ее героях. Да, кстати, автор вовсе не западник, он полагает, что Россия цивилизационно отделена от Запада, не похожа она на западные страны, и оттого меры, пригодные там, иначе работают тут, так что надеяться на аналогии с Западом наивно.

Ближе к началу книги — образ Деревянных гор, гор из дерева. А ближе к концу иной образ: в море Лаптевых есть Великая сибирская полынья, «злое чудо природы... она никогда толком не замерзает среди моря, никогда толком не тающего». Недавно вроде бы выяснилось, что это фабрика льда, во время нынешней планетарной оттепели лед там образуется новый и оттуда расходуется — как в ущелье посреди Срединноокеанического хребта образуется земля. В день формируется 3—5 см нового льда, и оттуда он уходит на север. Как у дерева есть кольца, по которым можно отсмотреть прошлые года, так и у льда в море есть структура дней и ночей и что-то вроде полос намерзания. Этим образом злого чуда природы, полыньи, из которой расходуется лед в нетающем море, — стоит и закончить.

Начинается книга с эпохи Петра, со строительства флота и первых движений на восток. А кончается уже Гражданской войной. Потом тоже много чего было, но нельзя же все сразу написать в одной книге.



Сахарин и аспартам

Чем хороша наука химия? Тем, что в ней всегда есть место случаю. Вот, к примеру, нобелевский лауреат 1987 года Чарлз Педерсен.

Работал себе в компании «DuPont», случайно получил некое вещество, добросовестно исследовал его, вышел на пенсию, 18 лет занимался поэзией, рыбалкой и садоводством, а потом — внезапно — получил Нобелевскую премию (совместно с Дональдом Крамом и Жаном-Мари Леном) за открытие краун-эфиров.

С нашим сегодняшним героем — такая же история. И с его предшественником тоже. Но обо всем по порядку.

Помните, у Макса Фрая: «Это же сладко, а сладкое не может быть невкусным!» Мало на планете людей, которые считают сладкое невкусным. Однако сахар — это опасно, особенно в нашем XXI веке. И дело не только в несчастных людях с сахарным диабетом, а еще и в том, что современный человек двигается очень мало и ему нужно гораздо меньше калорий, чем нужно было нашим предкам, передвигавшимся верхом или пешком. А сахар — это много, очень много калорий. (На полях отметим, что именно так возникла главная проблема диетологии: в необходимом для современного человека количестве килокалорий обычных продуктов практически невозможно собрать нужное организму количество витаминов и микроэлементов.)

Первый синтетический заменитель сахара открыл немецкий химик Константин Фальберг, родившийся в российском Тамбове и работавший в американском Университете Джона Хопкинса еще в 1879 году. Двадцатидевятилетний Фальберг изучал производные битума в лаборатории профессора Айры Ремсена и случайно синтезировал орто-сульфобензимида, натриевую соль которого пять лет спустя запатентовал как сахарин. Он оказался в сотни раз слаще сахара, и практически целый век сахарин был главным заменителем сладкого, попал в список пищевых добавок под названием «подсластитель E954», был заподозрен в том, что вызывает рак, но продолжал использоваться в пищевой промышленности.

В 1965 году Джеймс Шлаттер, работавший на фирму «G.D. Searle &



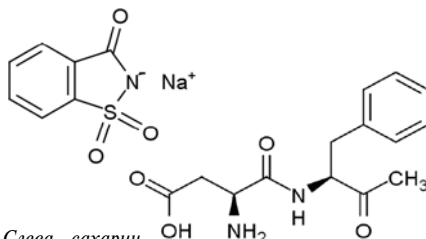
Константин Фальберг

Сотрапу», занимался синтезом гастринна, препарата для лечения язвы желудка. В качестве интермедиата в синтезе Шлаттер получил вещество, которое по номенклатуре ИЮПАК носит название N-L-а-аспартил-L-фенилаланина 1-метилэфира, а попросту — аспартам. И тут тоже помог случай: Шлаттер грубо нарушил правило техники безопасности, облистав палец, на который попало новое вещество. Оно оказалось необыкновенно сладким (чуть менее сладким, чем сахарин, но все же в 160—200 раз слаще сахара).

С 1981 года началось победное шествие аспартама в пищевой промышленности и медицине. Действительно, если сахарин — чистейший ксенобиотик, такого вещества в метаболических цепочках нет и в помине, то аспартам — это две соединенные аминокислоты. Куда уж органичнее! Тем не менее как же не обвинить новое вещество в опасности для здоровья? Так не бывает.

За последние несколько месяцев я имел несколько разговоров про аспартам с разными химиками (вплоть до академиков) — и от каждого слышал: «Так он же вызывает рак!» Или: «Он же выделяет метанол, от которого можно ослепнуть!» Правда, выясняется, что никто не читал и не разобрал исследования, в которых это утверждение подтверждалось бы с хоть какой-нибудь статистической достоверностью. И никто не считал количество потребляемого аспартама и выделяемого им метанола.

Пришлось разбираться и обратиться к самому суровому контролеру в мире пищевых продуктов, который, по словам одного из завлабов московского Института питания, «если что-то



Слева — сахарин,
внизу — аспартам



О ВЕЩЕСТВЕ ПО СУЩЕСТВУ

можно запретить, запретит обязательно», — американской Food and Drug Administration (FDA), которая регулирует оборот пищевых продуктов и лекарств.

Выяснилось интересное — как про аспартам, так и про сахарин. Во-первых, FDA, некогда «купившаяся» на работы по канцерогенности сахарина, еще в 1991 году поняла, что сахарин канцерогенен только для грызунов и только в случае, если скармливать его в количествах, сопоставимых с их собственным весом, и отозвала свое предложение о запрете сахарина. Во-вторых, после длительного разбирательства с нападками на аспартам FDA в 2007 году огласила свой вердикт:

«Учитывая результаты большого количества исследований по безопасности аспартама, в том числе пяти ранее проведенных негативных продолжительных исследований канцерогенности, недавно опубликованного крупного исследования эпидемиологии с негативной ассоциацией между использованием аспартама и возникновением опухолей, отрицательные результаты серии из трех исследований на трансгенных мышцах, FDA не находит оснований изменить свое предыдущее заключение, что аспартам безопасен в качестве подсластителя пищи общего назначения».

Что же касается страшного метанола, который действительно выделяется при метаболизме аспартама... Из пектина яблок при метаболизме выделяется гораздо больше метанола, чем из аспартама. Давайте возьмем калькулятор и подсчитаем. Предельно допустимой дозой аспартама считается 40 мг/кг живого веса. Для 70-килограммового человека это 2,8 грамма аспартама в сутки. Чтобы получить такое количество аспартама, придется выпить более 25 литров диетической колы в день. Но представим себе героя, который сумел бы это проделать! 2,8 грамма аспартама дадут 0,28 грамма метанола. А теперь — внимание! Как вы думаете, сколько метанола образуется в вашем организме из одного килограмма яблок? Почти полтора грамма! При этом съест килограмм яблок получалось у многих из нас, это гораздо проще, чем выпить 25 литров колы. Как говорится, sapientia sat.

Алексей Паевский

Цикорий

Скромненький синий цветочек. Цикорий — род семейства сложноцветных, или астровых. Это многолетние травянистые растения: в первый год образуются толстый корень (корнеплод) и розетка листьев, на второй год вырастает высокий стебель с голубыми или белыми соцветиями. Цикорий встречается в Евразии и Северной Африке, завезен и в Америку. Известно около десяти его видов, из которых культивируют два: обыкновенный и салатный, или эндивий.

Цикорий обыкновенный *Cichorium intybus* окультурили в Средиземноморье очень давно, он был известен еще в Древнем Риме. А в России цикорий стали специально выращивать только в начале XIX века, самые обширные плантации до сих пор находятся в Ярославской области, близ Ростова Великого, славного своим огородничеством. Цикорий салатный *C. endivia* происходит из Малой Азии, в нашей стране известен мало. У цикория обыкновенного стебель и листья опушенные, у эндивия — почти голые.

Ценность представляют корни и листья цикория; хоть они и горькие, люди научились смягчать эту горечь и ценить ее.

Вершки и корешки. Цикорий обыкновенный выращивают ради корней и листьев, корневые и листовые сорта относятся к разным культурным формам: *C. intybus* var. *sativum* и *C. intybus* var. *foliosum*.

Листовой цикорий также разделяют на несколько групп. Красный цикорий, или радиччио, назван так за красный цвет листьев, его часто используют, чтобы добавить красок в зеленый салат. Пунтарелла — спаржевый цикорий, его листья действительно напоминают спаржу. Есть сахарный цикорий, зеленый и горький.

И наконец, знаменитый бельгийский цикорий, он же витлуф (название происходит от датского слова, обозначающего «белые листья»). Его гладкие листья собраны в аккуратный кочанчик кремового цвета. Ради этой интересной бледности витлуф прячут от солнечного света: выращивают в подполе и продают завернутым в синюю бумагу. Чем блее лист, тем меньше в нем горечи. Выращивать цикорий по такой технологии начали в Бельгии около ста лет назад. Листья выгоняют зимой, когда свежих овощей мало, поэтому витлуф особенно ценится. Его называют также бельгийским эндивием, отчего и возникает путаница: настоящий эндивий — это другой вид цикория.

Дивный эндивий. Эндивий *C. endivia* выращивают исключительно как салатную зелень. Его внешние листья зеленые и горькие, внутренние светлее, и вкус у них мягче. Различают узколистный кудрявый эндивий и широколистный (скароль). У скароля листья светлее и не такие горькие, как у кудрявых сортов.

Чем полезен цикорий. Корни и листья цикория содержат инулин — полисахарид из 30 — 35 остатков D-фруктозы. Это полезнейшее пищевое волокно, которое нормализует обмен веществ и работу пищеварительной системы. Мы еще вспомним о нем, когда будем говорить о корнях, особенно богатых инулином. В листьях есть витамины, в том числе С, А, К и В₆, микроэлементы, сахара и органические кислоты, дубильные вещества. В общем, обычный салатный овощ, только горький. Основные источники горечи — сексвитерпены лактуцин и лактукопикрин, а также гликозид интибин. Но зато интибин полезен: улучшает пищеварение, способствует отделению желчи, благотворно влияет на сердце и сосуды.

И с чем его едят. Горечь салатного цикория придает блюдам из него своеобразную пикантность. В Греции и Турции, в Каталонии и некоторых областях Италии используют даже листья дикого растения, которые горше культурного. Их отваривают вместе с другими листовыми овощами, приправляют ими пюре из конских бобов, добавляют в маринад.

Чтобы уменьшить горечь культурных сортов цикория, листья вымачивают или подвергают тепловой обработке. Проще всего погрузить их в кипяток и слить воду, после чего зелень используют как угодно: варят, жарят на гриле и на сковородке (цикорий хорошо обжаренный в оливковом масле с чесноком), тушат, бланшируют, добавляют в суп, приправляют ими анчоусы, мясо, блюда из макарон. Если листья употребляют в сыром виде, их обычно смешивают с другой салатной зеленью, чтобы смягчить горечь. Плотные головки витлуфа фаршируют, запекают с сыром или яблоками, тушат в молочном соусе.



Зрим в корень. Большинство растений запасают углеводы в виде крахмала, цикорий и некоторые другие представители семейства астровых синтезируют не крахмал, а инулин. Сырой корень цикория содержит 13—23% инулина, высушенный — около 68%, а также 10—20% фруктозы. Поскольку инулин, в отличие от крахмала, при гидролизе практически не образует глюкозы, медики рекомендуют цикорий больным диабетом. Корень даже используют в качестве сырья для промышленного получения фруктозы: она образуется при кислотном гидролизе инулина и под действием фермента инулазы.

Пищеварительные ферменты человека не могут расщепить инулин, поэтому он минует желудок и тонкий кишечник. Зато в толстом кишечнике на него накладываются бактерии-симбионты, особенно полезные бифидо- и лактобактерии, которые на инулине хорошо размножаются и вытесняют патогенную микрофлору.

Корнеплод цикория — полноценный полезный овощ, ничем не хуже моркови или свеклы. Его можно и в салат наостругать, и в винегрет, и потушить, и фаршировать. Цикорий хорошо сочетается с картошкой и другими овощами, мясом, яйцами.

Однако чаще всего корень цикория обжаривают. Тогда в нем разрушается интибин и уходит горечь, фруктоза карамелизуется и образуется ароматное эфирное масло цикореоль. Жареный корень добавляют в выпечку, отчего она приобретает приятный цвет, аромат и вкус. Используют его и пивовары для ароматизации определенных видов пива. Однако нам корень цикория знаком в основном как заменитель кофе или вкусовая добавка к некоторым его сортам.

Заменитель кофе. Есть люди, которым вреден кофеин. Для них выпускают кофейные напитки, состоящие из различных заменителей и кофе в таких количествах, чтобы аромат его чувствовался, а содержание кофеина не превышало 20 мг на чашку. Цикорий — прекрасный компонент таких смесей, в них он удачно сочетается с ячменем.

Но можно заварить и чистый цикорий, напитки из него готовят как горячие, так и холодные, улучшить вкус можно сливками, медом, лимоном, фруктовым сиропом. Только сахар добавлять не рекомендуется, он сведет на нет все преимущества инулина.

В продаже есть три вида цикория: измельченный обжаренный корень, растворимый цикорий и сгущенный цикорий.

Растворимый цикорий представляет собой высушенный и измельченный в порошок водный экстракт из обжаренных корней. Если порошок увлажнить повторно, он сбивается в комочки и образует гранулы. Есть и сублимированный цикорий; для его приготовления экстракт замораживают, обезвоживают в вакууме, а образовавшуюся твердую массу дробят на маленькие кусочки. Но какой бы ни был цикорий, он обязан иметь коричневый цвет, приятный горьковатый вкус и выраженный аромат. Никаких добавок, консервантов и красителей растворимому цикорию не положено. Эти показатели регламентирует ГОСТР 55512-2013.

Растворимый сгущенный цикорий производят из водного экстракта жареных корней, отфильтрованного и сгущенного. Получается ароматная темно-коричневая густая масса.

Другие корни. Инулином богаты и другие растения семейства астровых, и многие из них съедобны. Чемпион по инулинности — топинамбур, или подсолнечник клубненосный *Helianthus tuberosus*. В последние десятилетия он стал довольно популярен в нашей стране. Топинамбур относят к сахароносным культурам и выращивают ради клубней, из которых получают фруктозу. Клубни используют в кулинарии как картошку, считается, что они полезны. Так и есть, наверное, но картошка все же вкуснее.

Якон *Smallanthus sonchifolius* — близкий родственник топинамбура, как и он, происходит из Южной Америки. Его крупные водянистые клубни лишены горечи, а инулин придает им сладковатый вкус.

Еще одно инулиновое растение — одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* (см. «Химию и жизнь», 2009, № 5). К осени его корни накапливают до 40% инулина, богаты белком и клетчаткой. Обжаренные, они служат суррогатом кофе.

Козлобородник пореелистный *Tragopogon porrifolius* тоже сложноцветное, хоть и называется в просторечье овсяным корнем. Корень большой, мясистый, с рыбным привкусом. Это полноценный овощ, его варят, жарят, тушат, используют как заменитель кофе.

В последние годы в качестве источников получения инулина в США, Европе и России рассматривают корни некоторых видов георгин: *Dahlia single*, *D. imperialis*, *D. variabilis*. Они содержат 16 — 18% инулина, но, к сожалению, невкусные.



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Н. Колпакова



Н. Ручкина





Лиана

Борис Богданов

Вышли с закатом, когда дневная пыль осела и в небесах загорелся Наконечник Стрелы — самая яркая звезда, вокруг которой крутится мир.

Здесь, близ поселка, еще вились дорожки, по которым пустыnnики каждый вечер ходили за горячим волосом и широкими листьями слон-дерева. Лес ушел отсюда давно, и горячие ветра загладили ямы и борозды...

Свет, как искатель и мужчина, шел впереди. На перекинутом через плечо ремне из кожи личинки прыгунца висели полные воды пузыри перекати-поля. Била по бедру котомка с лесными снадобьями. Дядька Людмил не пожалел, отдал в поход большую часть. В дороге и лесу они нужнее. Юра ковыляла следом, тащила провиант. И ругалась сквозь зубы.

— Кто дурак?! — не выдержал Свет.

— Настасий, кто еще! — прошипела Юра. — Захотелось ему в огородники!

Вот глупая! Что значит — захотелось? Старшие выбирают, кому кем быть. Этому — в искатели, тому — в пустыnnики, а кому — в манящие.

— Чего сама в огородницы не пошла? — пробормотал Свет и тут же пожалел.

— Дурак!

Понятно. Теперь про него. Расстроена девчонка. Как Настасий на нее смотрит! Лестно ей. Сама тоже поглядывает, в ответ. Только идти с ним, Светом, приходится. Огородники за лианой не ходят. Обидно. И Свету обидно. Хорошая девчонка, хоть и курносая. И чего задирается?

— Юрка, кончай ругаться! Приведем лиану, и катись к своему Настасию!

— У-у-у, дурак!

Снова не так. Что, почему? Ох, женщины! — вспомнил он приговоруку наставника и дальше пошел молча.

Начались ямы и ямины. Лес сидел в этом месте долго, понаделал дыр.

— Под ноги смотри! — скомандовал Свет.

Не успел, конечно.

Юра пискнула и скатилась в здоровенный ухабище. Слон-дерево сидело. Долго сидело, вон какие рвы прокопало.

— Сказал, под ноги смотри! — Он подал девушке руку.

— Дурак! — буркнула та. — Темно же.

— По моим следам иди.

Теперь не пустыня вокруг была — сплошное рыхление. Канавы чередовались с ухабами, воронки с провалами. Старый лес, хороший. Семь дней через поселок проходил. Горячего волоса в обрез хватило, дымы вокруг землянок пускать. Силища! Теперь догнать только. Дальше Юркина забота. Людмил так и сказал: «В походе и в лесу — ты главный. Лиану найдете — дальше ее работа, а ты помогай». Он поможет, пусть сама не мешает. Курносая.



ФАНТАСТИКА

Отсчитав десять тысяч шагов, Свет взял левее. На два пальца. Теперь шли шесть пальцев вправо от Наконечника.

— Куда это мы?

Надо же, следит! Что мне, говорит, ваша пустыня. Песок и пыль, ничего больше. Но заметила ведь?

— Да. Старый сказал дойти до Зуба. От него повернем.

— Крюк же!

— Старый сказал, значит, идем. Найдем Хижину первых — хорошо, нет — тоже ладно. Нету ее, скажем, на восемь пальцев вправо от Наконечника.

— Дурак. И Старый твой тоже дурак. Лиана нужна, дома воды всего на неделю, а мы должны Хижину искать! Нет, наверное, никакой Хижины. Мало ли чего Старый скажет. Он из ума выжил уже. Точно.

Юра шла и бурчала. Бубнила и бормотала.

Она боится, понял вдруг Свет. Вот и ругается, страх гонит.

— Не ругайся, говорю! Доведу до леса. Завтра к вечеру, край к утру. Не подведи только.

— Не подведи, не подведи! — передразнила Юра и замолчала. До самого Зуба...

Зубом называли скалу с плоской вершиной. Отсюда начинались все пути искателей. Шли каждый раз поновому. Наставник рассказывал: когда он с Сергеем, будущей женой, за лианой ходил, брал на семь пальцев вправо. Двадцать лет прошло, Свет не родился еще. По уму, и сейчас бы Людмилу идти, но свалился с песчаной лихорадкой. Сергея отяжелела, третьего ждет. Куда им в пустыню?

Странное дело. Что лиане эти годы? Они долго живут. В лесу лет до ста. В поселке меньше, но еще десять протянула бы. Старый объяснил: личинка прыгунца испортила. Лес близко кочевал, вот и перескочила. Так-то прыгунец обитает на слон-дереве, у него корнехвост руками не обхватить, что ему одна личинка!..

На четвертом часу Свет объявил привал.

Юра достала сушеные гем-опята, Свет нацедил воды из перекати-поля.

— Слушай, Юрка, — спросил он, — оно совсем на слона не похоже. Почему так называли?

Семь крупных звезд созвездия Слона мерцали над кромкой дюн. Семь огней, названных именами древних героев. Слева Таисий, Ивана, синяя Рудольфа и колючий красный Марф. Правее внизу Федора, выше — Николая и совсем низко справа Людмил.

— Людмил, наверное, тоже искатель был. За лесом ходил, подальше. И звезда в сторонке.

— Нет. — Юра помотала головой. — Манящей рядом нет. Таисий или Марф. А почему не похоже?

— Два корня получается, — показал Свет. — Таисий и Людмил.

— Кто их знает, первых. — Юра зевнула. — Назвали и назвали. Долго нам еще идти?

— До утра. Станет жарко — на днёвку встанем. Устала?

— Сам ты устал!

— И я устал, — решил не спорить Свет. — Пошли?

Скажет тоже, устал! Разве это работа, по холодку прогуляться? В пустыне ночью тихо, безопасно. Твари без леса не живут, беречься некого. Только случайно встретить можно, если под ноги не глядеть. А он на что? Не работа, отдых! Не то что воду в акведук поднимать. За день умаешься — руки отваливаются...

Беда случилась, когда небо уже порозовело и солнце готовилось выпрыгнуть из-за дальних барханов.

Стожалка. Они вообще баб не любят. Или любят слишком сильно, как посмотреть. Чтобы мужика укусила, наступить нужно. А женщину... Сами сбегаются, будто чем намазано. Говорили ей — отвернись, тут садись! Застеснялась, понесло ее за бугор! И он хорош. Нет бы прикрикнуть, остановить!

Юра была в обмороке. Сначала ноги. Так и есть, вот она! Зеленый плоский кругляш прилип сбоку, чуть ниже колена, и кожа вокруг начала краснеть. Свет ухватил стожалку и резко дернул. От боли Юра пришла в себя и застонала:

— Что?.. Ой!

— Подожди!

Ножки стожалки мерзко шевелились. Свет присмотрелся, и от сердца отлегло. В ране осталось только одно жало. Он откинул тварь подальше и достал острый нож.

— Кричи, только не дергайся, — сказал девчонке, навалился сверху и тут же сделал быстрый разрез. Юра охнула и обмякла. Жало не успело зарыться глубоко, Свет вытащил его и раздавил в пальцах. Крепко стиснул перекати-поле и промыл рану. Достал из котомки жгучего ежевичного порошка и присыпал разрез. Кровь остановилась и запеклась. Подождав, пока подсохнет бурая корочка, Свет замазал место укуса целебной смолой. Потом срезал с рубахи широкий лоскут и плотно завязал девушке ногу.

Успел!

Осталось день пережить, а там и до леса недалеко. Ветер уже пах близкой зеленью. В лесу они не пропадут, не зря Людмил учил его снадобьям. Первое — свежей смолы набрать, потом от жара. Но сначала — дойти.

Видимо, он не успел. Или что-то не так сделал. К тому времени, как Свет натаскал слоновьих листьев и наладил в удобной яме лежбище, Юре стало совсем нехорошо. Нога распухла, от любого касания девочка кусала губы, и Свету пришлось резать штанину, чтобы Юра не страдала напрасно. Ничего страшного еще не случилось, достаточно лишь раздобыть свежей смолы. Дело за малым — дойти до леса. Только куда Юре с такой ногой!

Потом ее стало знобить, и она скрючилась на дне ямы. Солнце жарило, воздух в яме стал горячим, а Юре было зябко. Свет укутал ее высохшим мхом, в изобилии оставленным ушедшим лесом, накрыл широкими листьями и даже навалил по бокам горячего песка. Не помогло. К полудню она впала в забытие...

Свет смотрел на девичье лицо, то бледное, то горячечно-пунцовое, и ему было страшно. Она не сможет встать к вечеру, понял парень. Она не сможет дойти до леса,

ей нужно время, несколько дней покоя. Нужно свежее лекарство, а для этого нужно идти. Им обязательно надо идти вперед, но это невозможно. А позади ждет поселок, ждет и надеется. А если они не дойдут...

В жаркой пыльной яме будто подул полуночным ветром, но легче не стало. Мороз заполз внутрь и стал медленно глотать внутренности. Скоро в животе стало холодно и пусто. Сидеть и ждать нельзя, но и двигаться нельзя тоже. Надо решить, но что?

Замереть, смотреть и ничего не делать? Ждать, когда паника погубит тебя, Юру и всех остальных?.. Свет увидел поселок, безлюдный, заматаемый песком, представил пересохший общинный бассейн, в который он уже никогда не накачает воды, представил... и решил.

— Потерпи, маленькая! — сказал и стащил накрывавший девушку лист.

Нужно, чтобы Юра выдержала дорогу.

В первом перекати-поле осталось немного воды. Свет развел ею весь ежевичный порошок — взбодрить сердце. Добавил уксуса и остатки тех снадобий, что могли бы сбить лихорадку.

Потом он раздел девушку и всю натер получившейся мазью. У него выступили слезы, и это было хорошо. Чтобы не глазеть. Она не узнает, но не хотелось прятать взгляд, когда все кончится. Если будет удача.

Не смей сомневаться! — приказал себе Свет.

Сверху палило. Пыль скрипела на зубах и сушила горло.

Пыль, вестник близких самумов. Пройдет недели три, и солнце скроется в черной туче, ударят ветра и будут терзать поселок несколько дней. К этому сроку лиана, которую они приведут, должна укорениться.

Свет обмотал голову тряпкой, оставив только щели для глаз, и двинулся в сторону леса. Сыпучая труха хватала за ноги. Сзади, на волокуше из слоновьих листьев, в обнимку с холодным блином перекати-поля спала Юра.

Жара звенела и плыла. Солнце, когда он поднимал взгляд, рисовало в выцветшем небе круги и кольца, ослепительные до черноты. Песчаная взвесь осела на лице и руках серой колючей коркой. Очень хотелось пить. Свет знал: еще рано, он решил пить через каждые пять тысяч шагов, а миновали только три. Или уже больше? Может быть, замороженный пустыней, он сбился и зря мучает себя? Нет. Пустыня любит жестокие шутки, ей нельзя верить. И Свет выждал эти шаги, а потом позволил себе ровно три глотка и снова вложил перекати-поле в Юрины руки. Девушка, не просыпаясь, цепко схватила прохладную лепешку.

От воды стало чуть лучше, и Свет прожил следующие пять тысяч шагов почти хорошо. Он снова попил, напоил девушку и тронулся в путь. Скоро за дальними барханами появится кромка леса.

Похоже, он сбился... За дальними барханами он увидел новые барханы, без конца и края, одинаковые, желтые, знойные...

Однажды Свет оступился и съехал в глубокий ров. Волокуша с Юрой осталась наверху, и Свет долго шел, радуясь свободе и внезапной легкости. Потом из марева вышел Старый и встал поперек дороги. «Уйди прочь, — кричал Свет, — ты мешаешь!» — но Старый не двигался, хмурил брови и все время оказывался на несколько шагов впереди.

Свет заплакал, размазывая по щекам горячие слезы, развернулся и пошел назад, к Юре.



ФАНТАСТИКА

Юра схватила нож — его нож — и стала пилить ткань снизу вверх. Вместо ноги оказался черно-зеленый корнехвост; нож чиркнул по коре, и брызнула кровь. «Нога!» — вспомнил Свет и открыл глаза.

Наступил вечер, и лесной сумрак стал красно-фиолетовым от лучей заходящего солнца. Манящая, прихрамывающая, плавно вышагивала вокруг лианы; загорелые по плечи руки терялись в темноте; матово белели спина и ягодицы.

Свет затаил дыхание. Конечно, он видел, как купались девчонки в бассейне перед сном. Огородники вечерами набирали бассейн, для репы. Юра плескалась наравне со всеми. Он лечил девушку в пустыне, но это было совсем, совсем не то! Творилось тайное! Юра то прижималась к дереву всем телом, то отступала назад и будто приглашала его идти за собой. Лиана дрожала, шевелила побегами, по срединному ободу пробегала волна, но не больше. Раз за разом начинала манящая свой танец, потом упала в мох и заплакала.

— Он спит, не видит, не поможет мне!

Свет присел рядом и робко дотронулся до девичьего плеча. Щекотная волна пробежала от кончиков пальцев и закружила голову.

— Как помочь? Скажи?

— Мне одной не справиться!

Свет понял, и ему стало жарко. Как глаза открылись. Искатель и манящая всегда рядом. Как дядька Людмил и Сергея. Не зря его Юрка дураком называет! И сама

такая же...

— Тебе же Настасий нравится!

— Я тебя, дурака слепого, дразню! Ты меня не замечаешь! — заревела Юра.

— Как тебя не заметить, — прошептал Свет.

Лес зашумел. Бабье дерево выпустило множество гибких ножек и первое засеменило на восток, прочь от грядущих горячих ветров. За ним на толстых тумбах-ногах топали слон-деревья, пузатые дубы, лианы, прочие и прочие. Мягкими покрывалами струились мхи, катились сосны и шары перекасти-поля.

Двое, что сплелись на остатках мохового ковра, не заметили исхода. Ни поселок, ни пустыня, ни лес не занимали их, но только звездный свет в глазах напротив, только трепет губ, только извечная дорога страсти, по которой ходят женщины и мужчины. Всегда вместе, никогда не порознь.

Лиана-исполин тоже собралась в путь. Выпростала из песка мощные лапы и приподнялась. Как ножка чудовищного гем-опенка, полез наружу бесконечный корнехвост. Кольцо за кольцом обвивал он тело лианы, пока не показался влажный зев, еще недавно пивший воду подземной реки. Лиана двинулась было в сторону ушедшего леса, но остановилась.

Что-то растворенное в воздухе звало ее за собой, но нечто подобное, сильнее, держало на месте. Пошевелив, словно в сомнении, ветвями, лиана стала покорно ждать, пока это нечто укажет новое направление.

По ночной пустыне, крепко обнявшись, шли двое. Сухой ветерок задувал в лицо, сзади медленно переваливалось огромное дерево-водочерпий.

— Ты не прогонишь меня к Настасию? — прильнув к Светиному плечу, лукаво спрашивала Юра.

— Нет, — отвечал парень, — и не надейся!

«Пусть только подойдет, — думал он, — руки оторву!»



Фрэнк Райан

Виролуция. Важнейшая книга об эволюции после «Эгоистичного гена» Ричарда Докинза «ЛомоносовЪ», 2014



Основная идея этой книги шокирует. Все живое на планете, в том числе люди, живут в симбиозе с вирусами, эволюционируют вместе с ними и благодаря им выживают. Вирусы, их производные и тесно связанные с ними структуры составляют как минимум 43% человеческого генома. Но как вирусы встроились в человеческий геном? Как естественный отбор работает на уровне «вирус-носитель»?



Московский Дом Книги
СЕТЬ МАГАЗИНОВ

Роджер Пенроуз

Циклы времени. Новый взгляд на эволюцию Вселенной
Бином. Лаборатория знаний, 2013



Роджер Пенроуз, крупнейший математик и физик-теоретик, популяризатор науки, коллега и соавтор легендарного Стивена Хокинга, продолжает развивать свои новые космологические идеи и дает неожиданный ответ на вопрос о том, что предшествовало Большому взрыву.



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Шон Кэрролл
Приспособиться и выжить!
ДНК как летопись эволюции
АСТ, 2015



Шон Кэрролл увлекательно и доступно рассказывает о том, как эволюционный процесс отражается в летописи ДНК. Генетические исследования объясняют множество удивительных явлений — например, как у абсолютно разных видов развиваются одни и те же признаки, а у родственных — разные, каким образом эволюция повторяет сама себя, и многое другое. Полностью подтверждая теорию Дарвина, Кэрролл, по его словам, приводит такие ее доказательства, о которых сам Дарвин не мог и мечтать.

Сергей Хайтун
Феномен человека на фоне
универсальной эволюции
КД Либроком, 2014



Полемизируя с монографией «Феномен человека» П.Тейяра де Шардена, автор приходит к заключению, что человек — это не главная цель и итог эволюции, но, лишь ее промежуточный финиш на одной из ветвей биологической мутации разумных существ

Джессика Снайдер Сакс
Микробы
хорошие и плохие
АСТ, 2014



Джессике Снайдер Сакс удалось соединить увлекательный сюжет, историю науки, микробиологию и теорию эволюции. В итоге получился исчерпывающе полный рассказ о двух аспектах значения микробов в жизни человека, хорошем и плохом. Особую весомость работе Сакс придает то, что в ней учитываются разные мнения и точки зрения, а также приведены отрывки из интервью, взятых автором у известных исследователей.

Мэтт Ридли
Геном:
автобиография вида
в 23 главах
Эксмо, 2015



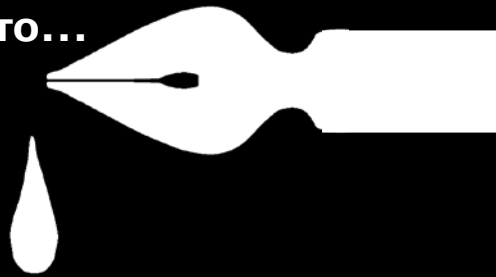
Стремительное развитие генетики часто сравнивают с революцией. Уследить за тем, как изменяются наши представления о жизни и наследственности, не успевает не только широкая публика, но и специалисты. Это порождает массу слухов и домыслов о страшных мутантах, которых коварные ученые штампуют в своих лабораториях, тогда как поразительные открытия новых методов диагностики и лечения генетических заболеваний, включая рак, остаются незамеченными или непонятыми. Поэтому книга Мэтта Ридли очень актуальна. Просто и доступно автор представил историю генетики от первых догадок до ошеломляющего прорыва, начавшегося с открытия структуры ДНК Уотсоном и Криком

Петер Шпорк
Читая между строк ДНК:
Второй код нашей жизни,
или Книга, которую нужно
прочитать всем
ЛомоносовЪ, 2014



Всвоей сенсационной книге немецкий нейробиолог Петер Шпорк приглашает исследовать мир новой, революционной науки — эпигенетики. Он объясняет, почему от рака умирают даже те люди, которые не унаследовали раковые гены и не вели нездоровый образ жизни; почему взрослые склонны к определенным болезням, если в младенческом возрасте испытывали недостаток любви. Главное открытие эпигенетики — гены определяют отнюдь не все, их активность можно регулировать.

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



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

В чем беда Мадагаскара

Полвека назад, в 60-е годы, с распадом колониальной системы в Африке страны этого континента обрели независимость. Каждая пошла к счастью своим путем — и пути заметно разошлись. Так, в некоторых странах к югу от Сахары доход на душу населения за это время утроился, а вот на Мадагаскаре упал на треть. Отчего так случилось, решили разобраться исследователи из французского Института исследований развития вместе с коллегами с Мадагаскара («Madagascar: anatomie d'un tat de crise», *Afrique Contemporaine*, 2014, 3, 251, dossier special; «L' le myst rieuse: une approche d' conomie politique de la trajectoire longue de Madagascar», «Canadian Journal of Development Studies», 2015). Предметом исследования была структура власти на острове.

По сути, за это время на Мадагаскаре она не менялась вообще. Еще в доколониальные времена общество разделилось на касты. В начале XX века кастовая система была отменена, однако на деле она сохранилась: на протяжении всего периода независимости более половины чиновников были выходцами все из той же олигархии, которая составляет менее 1% населения. Более того, люди из окружения президента занимают более 80% руководящих должностей в армии, бизнесе, политике и даже среди духовенства.

А что же народ? Его голос не слышен. Большинство населения острова живет в изолированных друг от друга деревнях и не может создать никаких политических или профсоюзных объединений, способных как-то представлять их интересы. Олигархи же обитают в городах, и городское население преобладает в политике. Поскольку связи между народом и олигархами нет, последние не стремятся учитывать интересы общества, не имеют представления о долгосрочных целях политики и ориентируются на свои сиюминутные интересы.

Отсутствие широкой поддержки народа ослабляет правительство, которое не может апеллировать к общественному мнению, но вынуждено балансировать между интересами олигархических кланов. Результатом же оказывается нестабильность: в годы подъема выгоды от него распределяются в узком кругу приближенных, это катализирует протестное движение; оно приводит к смене правящей группировки и падению экономики. И ничего на Мадагаскаре при этом не меняется — разные кланы хоть и провозглашают различные идеологии, на деле ничем не отличаются друг от друга.

По мнению авторов исследования, если бы связи между народом и правителями на острове окрепли, всем стало бы гораздо лучше, чем сейчас.

С.Анофелес

...возможно, галактик в локальной Вселенной в тысячу раз больше, чем считалось до сих пор («New Scientist», 2015, 3021, 11, «The Astrophysical Journal», 2015, 804, 1, 32, doi: 10.1088/0004-637X/804/1/32)...

.. многие атомы и ионы могут быть ускорены световым давлением и проявлять свое присутствие в составе солнечного ветра; так, например, ионы Ca могут разгоняться до скоростей, больших 400 км/с, а для атомов Li световое давление в 223 раза превосходит силу тяготения («Астрономический вестник», 2015, 49, 2, 148—154)...

...международный консорциум «Тара» завершил масштабное исследование планктона Мирового океана; пробы брали в 210 местах с глубин до 2000 м с 2009 по 2013 год («Science», 2015, 348, 6237, 873, doi: 10.1126/science.aac5605)...

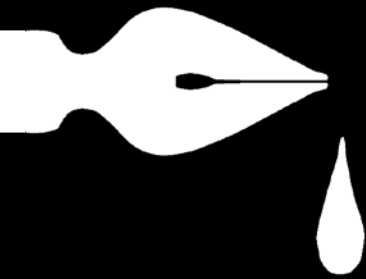
...российские ученые могут перестать получать журналы издательской компании «Шпрингер», а фонд «Династия», много лет поддерживавший российскую науку и образование, квалифицирован как иностранный агент («Nature», 2015, doi:10.1038/nature.2015.17584, doi:10.1038/521273a)...

...активность азотфиксации в кишечнике личинок жуков-шелкунов Elateridae значительно превышает скорость азотфиксации в почве, при этом их питание и пищеварение изучены недостаточно для того, чтобы оценить их роль в процессе обогащения почвы азотом («Доклады Академии наук», 2015, 461, 2, 236—238)...

...выделенный из тела богомола *Sphodromantis viridis* антимикробный пептид мастопоран-S не токсичен для клеток человека, обладает высокой активностью по отношению ко многим микроорганизмам, эффективнее многих антибиотиков и может быть использован для лечения местных инфекций («Биохимия», 2015, 80, 4, 508—516)...

...при адаптации медоносной пчелы к умеренному и холодному климату у нее развился эффективный механизм терморегуляции и высокой толерантности к гипоксии, и по совокупности этих адаптаций ей нет равных в животном мире («Известия РАН. Серия биологическая», 2015, 2, 197—206)...

...в активном иле полупромышленного био-реактора, очищающего фильтрат сброженного осадка сточных вод Курьяновских очистных сооружений в Москве, обнаружена бактерия, способная к анаэробному окислению аммония, предложено назвать ее *Jettinia moscovienalis* («Микробиология», 2015, 84, 2, 236—243)...



...в Северном Ледовитом океане рядом с гидротермальным источником «Замок Локи» найдена новая группа архей — предположительно новый тип, получивший название *Lokiarchaeota*; подобные организмы могли быть переходной формой между археями и эукариотами («Nature», 2015, 521, 7551, 173—179)...

...от геометрии имплантатов зависит, насколько терпимым будет к ним организм; наиболее эффективными оказались крупные — диаметром 1,5 мм и более — сферические устройства («Nature Materials», 2015, 14, 643—651, doi: 10.1038/nmat4290)...

...установлено, какое именно нарушение баланса кишечных микробов вследствие употребления антибиотиков в детстве связано с инфекционными заболеваниями, аллергией, другими аутоиммунными расстройствами и даже ожирением, которые проявляются уже у взрослых («Cell Host & Microbe», 2015, 17, 5, 553—564)...

...разработана методика, позволяющая определить по отпечатку пальца, нюхал ли человек кокаин («Analyst», 2015, doi: 10.1039/c5an00112a)...

...калифорнийская многоножка *Xystocheir bistipita*, оказывается, способна к люминесценции, и это свойство коррелирует с ядовитостью членистоногого («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2015, 112, 20, 6419—6424, doi: 10.1073/pnas.1500014112)...

...специалисты по эволюционной биологии и информатике исследовали тенденции в американской популярной музыке с 1960 по 2010 год и доказали, что величайшая революция в ней произошла вовсе не в 1964 году, а в 1991-м, когда в чартах появился хип-хоп («Royal Society Open Science», 2015, doi: 10.1098/rsos.150081)...

...ученые исследовали «феномен платья», вызвавший бурные споры в Сети, и установили, что бело-золотым платье на фотографии видели в первую очередь пожилые люди и женщины, а также те, кто привык к естественному свету, а сине-черным то же самое платье казалось молодым и привыкшим к искусственному освещению («Current Biology», 2015, doi: 10.1016/j.cub.2015.04.053, 10.1016/j.cub.2015.04.043, 10.1016/j.cub.2015.05.004)...

...разработана методика количественной оценки миграции мелких млекопитающих через водные преграды, основанная на использовании досок длиной 5 м с двумя ловушками по краям («Зоологический журнал», 2015, 94, №3, 365—369)...

Художник Раймонд Урбанович



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Курильщик-маргинал

Многолетние гонения на любителей «палочек здоровья», предпринимаемые в США, дали интересный результат: курильщики перешли в глухую оборону и теперь уже сами себя исключают из жизни общества. Такой результат получили исследователи из Колорадского университета во главе с доктором Кареном Олбрайтом (агентство «NewsWise», 19 мая 2015 года). Выбирая случайным образом телефонный номер, исследователи обзвонили более одиннадцати тысяч человек и задали им различные вопросы, чтобы выяснить их демографический, социальный статус и особенности поведения. Признались, что курят каждый день, 17% опрошенных, причем выяснилась интересная подробность — 60% курильщиков регулярно отказываются от участия в голосованиях на выборах в органы власти (в среднем же гражданский долг исполняли 89,7% участников опроса). Долю отказников в той или иной группе населения социологи называют интегральным показателем доверия этой группы к формальным политическим институтам.

Пытаясь объяснить найденную закономерность, Олбрайт предложил две гипотезы. Согласно первой, курильщики рассматривают органы власти как своих гонителей и совершенно не хотят с ними сотрудничать. В чем-то они правы: законы о защите чистого воздуха и дополнительные налоги, вводимые на табачную продукцию, сильно осложняют жизнь любителям никотина и вряд ли могут вызвать у них симпатию к авторам этих законов. Согласно второй, пропаганда здорового образа жизни превратила курильщиков в маргиналов, исторгнутых из общества. Они меньше участвуют в различных общественных инициативах, а некурящие граждане посматривают на них искоса. В результате появляется недоверие к общественным институтам, склонность к фатализму, неверие в возможность что-то изменить галочкой в бюллетене. Сходные данные уже получали коллеги Олбрайта из Швеции, которые убедились, что скепсис среди курильщиков в отношении политических институтов превышает средний уровень по стране.

Теперь Олбрайт проводит более широкое исследование и надеется выяснить, что именно порождает социальную апатию у этой группы североамериканского населения.

А. Мотыляев



Сергею ИВАНОВУ, Красноярск: *Поиск органических реакций есть на сайте www.xitnik.ru, пока не очень удобный — по брутто-формулам, но команда сайта над этим работает.*

С.К.ШУБИНУ, Санкт-Петербург: *Частицы абразива от болгарки, которые вплавились в стекло, к сожалению, ни физическими, ни химическими методами удалить невозможно.*

А.С.МАТВЕЕВУ, Севастополь: *Известковые отложения с красивой раковины можно размягчить, замочив ее на несколько часов в разбавленном отбеливателе для белья, а затем счистить жесткой щеткой.*

М.Л.ХОЛОДНЕНКО, Самара: *Загрязненную застезжку-молнию протрите спиртом или уксусом, тщательно высушите, а затем, чтобы не заедала, можно провести по зубцам кусочком мыла или парафином (свечой).*

Н.Е.ЖУРАВЛЕВУ, Челябинск: *Китайская крапива *Voehneria nivea*, она же белое рами, — текстильное растение, которое культивируют главным образом в Китае; волокно рами, прочное, но жесткое, добавляют в ткань для джинсов, используют его также в переплетном деле.*

Л.А.РЯБОВОЙ, Москва: *Название перца чили никак не связано со страной Чили; chilli в ацтекских языках означает просто «красный».*

Н., электронная почта: *«Сделать электронную подписку на наш журнал» мы всегда очень рады, заходите на сайт hij.ru и нажимайте «Купить/подписаться».*

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: *Что бы ни говорили по этому поводу интернет-источники, «Химия и жизнь» не публикует ни романов, ни повестей, а рассказы рассматривает только через конкурс; авторов рассказов для рубрики «Нанофантастика» ждем, как обычно, осенью на сайте «СамИздат» (<http://samlib.ru/>).*

Изменения климата

Циклоны, ураганы, штормы, шквалы, смерчи, бури, наводнения, сильные оползни, землетрясения — одним словом, настал час почти библейского апокалипсиса. Таким предложением я мог бы закончить эту статью, но тогда меня снова начнут упрекать в пессимизме. Поэтому попытаюсь, сильно упрощая, объяснить причины возникновения большого количества катаклизмов, которым в последнее время подвергается наша планета. К сожалению, мне не удастся исключительно в оптимистическом тоне представить новые факты, ставшие известными недавно и обогатившие наши знания о климатических пертурбациях Земли.

Простого примера, который я уже много раз приводил, а именно: полный бак с намоченным бельем, стоящий на самом краю газовой плиты, — уже недостаточно, хотя он во многом соответствует реальности. Наша планета действительно нагревается все больше. Одни утверждают, что это объясняется так называемым парниковым эффектом, вызванным выбросами большого количества промышленных газов. Другие полагают, что потепление — результат более сложного комплекса причин. Циркуляция океанических вод, покрывающих 70% поверхности планеты, изменяется. Это может иметь положительные и отрицательные последствия. В последние годы открыто много морских течений, важнейшие из которых составляют так называемый Атлантический конвейер. Он напоминает лежащую восьмерку, немного вытянутую к северу. Поскольку этот маршрут движения водных масс замкнут, то не имеет значения, с какого места начинать его описание. В северной его части большие ледяные массивы, в частности Гренландский ледник, тают из-за повышения температуры, и в океан поступает чистая пресная вода. Часть конвейера — течение Гольфстрим, которое формирует поток нагретых приэкваториальных вод из Юкатанского пролива вдоль обеих Америк. Это теплое течение омывает также берега Западной Европы, Великобритании и достигает Скандинавского полуострова. Однако когда из-за глобального потепления климата Земли мощные арктические льды в результате таяния поставляют в океан больше воды (причем холодной), скорость и температура теплового Гольфстрима изменяются. Все указывает на то, что разогревающее Европу влияние Гольфстрима уменьшится, и тогда — несмотря на повышение средней температуры нашей планеты — Европа окажется во власти климата, подобного господствующему в Канаде и Сибири (приблизительно такова географическая широта нашего континента).

Следующее неблагоприятное явление, вызванное потеплением нашего климата, — усиленное испарение вод Мирового океана. В результате этого увеличивается количество осадков (их жертвой стала Великобритания, которую почти затопили непрекращающиеся дожди), а также усиливается предрасположенность к образованию вихрей в атмосфере.

На жизненно важный для всех вопрос, можно ли что-то сделать, чтобы климат не подвергался внезапным изменениям и возмущениям, ведущим к засухе, резким колебаниям погоды, мы слышим от метеорологов различные ответы. Скептически настроенные синоптики говорят: самое лучшее, что мы можем сделать, это «ничего». А все потому, что вклад человека, вредное влияние промышленных выбросов в атмосферу, в потепление планеты незначителен.

Похоже на то, что от потепления климата на нашей планете выиграет Сибирь. Взамен этого циклоны все чаще будут посещать США. Точно так же и Восточная Азия не будет уже для них недоступной территорией. А что станет с Польшей? Представляется, что наибольшие климатические изменения ожидают наших западных соседей — Германию и Францию.

Раньше существовало мнение, что климатические зоны на разных географических широтах довольно стабильны и неизменны. Теперь преобладают голоса, утверждающие, что эта стабильность была скорее видимостью. Период наблюдений был мал по сравнению с продолжительностью геологических эпох. Ведь пчеле, которая живет в среднем шесть недель, кажется, что всегда лето.

Первоисточник: Lem S., Co Pan na to, Panie Lem? (Stałość jest raczej pozorem ...). — Przekrój (Warszawa), 2000, Nr. 48



НЕИЗВЕСТНЫЙ ЛЕМ

Вернешот

Появилась совершенно новая теория, устанавливающая связь между процессами внутри земного шара и падением крупных метеоритов. До сих пор было неясно, каким образом локальный метеоритный удар мог вызвать исчезновение многочисленных видов животных и растений с лица Земли. Новая теория связывает падение метеоритов с процессами, происходящими в ядре земного шара, где миллиарды лет поддерживается высокая температура благодаря распаду радиоактивных элементов. А именно: падение крупного метеорита наносит сокрушительный удар, который отражается на всей планете. Давно было известно, что из ядра Земли выходят огненные потоки, поддерживающие наземные вулканы. Однако лишь компьютерное моделирование выявило, что потоки, поступающие из земного ядра, могут обрести огромную уничтожающую силу, когда им на помощь придет метеоритный удар. Такой удар, один из первых в истории Земли, произошел около 220 миллионов лет назад, в пермском периоде, и привел к массовому вымиранию почти девяноста процентов всех организмов, живших на Земле. Катастрофы, в результате которых энергия падающих метеоритов вызывала извержение из глубины Земли огненных потоков, повторялись через проме-

жутки в несколько десятков миллионов лет. Один из последних такого рода катаклизмов случился шестьдесят миллионов лет назад, уничтожил динозавров и тем самым сделал возможным появление небольших млекопитающих, от которых произошли и люди. Творцы новой теории назвали ее «Verneshot» в честь Жюль Верна и его романа «С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут», где описывалась вырытая в земной коре огромная шахта, предназначенная для запуска экспедиции на Луну. Идея Верна была очевидной фантазией, но связь между текущими из недр Земли огненными реками и метеоритными ударами представляется, судя по компьютерным экспериментам, достаточно правдоподобной. Мы вообще не принимаем во внимание то, что земной шар, насчитывающий двенадцать тысяч километров в диаметре, только снаружи покрыт застывшей скорлупой, называемой литосферой, которая предотвращает выход внутренних огненных потоков и разрывается исключительно при гигантских космических катастрофах. В масштабе человеческой жизни такие ужасные явления, как гибель всего живущего на Земле, случаются очень редко. Однако на протяжении четырех миллиардов лет существования нашей планеты подобные катаклизмы происходили многократно.

Lem S., Verneshot. — Przegląd (Warszawa), 2004, Nr. 45

Перевел с польского Виктор Язневич

50 лет
ВЫСТАВКЕ



РЕКЛАМА



12

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ

ХИМИЯ
ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
И НАУКА
2015

27–30.10

 **ЭКСПОЦЕНТР**

18-я международная
выставка химической
промышленности
и науки



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Хим-Лаб-Аналит



Химмаш. Насосы

ISSN 1727-5903



Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.chemistry-expo.ru