



2012

2012

ЖИЗНЬ И ВРЕМЯ







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

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

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

**Редакторы и обозреватели**

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

**Технические рисунки**

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 7.2.2012

**Адрес редакции**  
105005 Москва, Лефортовский пер. 8  
**Телефон для справок:**  
8 (499) 267-54-18  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Марины Старченко «Прогулка».  
Как из лоскутков складывается  
картина, так и наука складывается  
из отдельных открытий. Читайте  
из них в статье «Кто лучший?».

*Вдохновение приходит  
только во время работы.*

*Габриэль Гарсиа Маркес*

# Содержание

## Проблемы и методы науки

КТО ЛУЧШИЙ? Е.Котина ..... 2

## Проблемы и методы науки

МАМОНТОВАЯ КЛАДОВАЯ ЯКУТИИ. А.В.Протопопов, Г.Г.Боесков, В.Н.Потапов ..... 10

НОВЫЙ ГОСТЬ ИЗ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ. Г.Г.Боесков, В.В.Плотников, Е.Н.Мащенко .... 12

ПОРТРЕТ ПОДРОСТКА. Е.Н.Мащенко, О.Р.Потапова, Л.Агенброд ..... 14

## Тематический поиск

НАШ ДРУГ ИММУНИТЕТ. Е.Сутоцкая ..... 16

## Технологии

СРЕДИЗЕМНОМОРСКАЯ ДИЕТА ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ. В.Лещина ..... 18

## Что мы едим

ВЕЗДЕСУЩАЯ РЕАКЦИЯ МАЙАРА. О.В.Космачевская ..... 22

## Технологии

ЕЩЕ ОДНА НАДЕЖДА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. В.В.Благутина ..... 28

## Цикл Земли

АКТИВНОСТЬ НА СЕВЕРНОМ ФРОНТЕ. С.М.Комаров ..... 30

## Земля и ее обитатели

ПИТОН — ПРОВЕРКА СЛУХА. Н.Л.Резник ..... 36

## Нанофантастика

БРОНИКИ. Юрий Иванов ..... 39

## Страницы истории

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЭВРИКОВЕДЕНИЕ. Г.Эрлих ..... 40

## Размышления

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЕ ДЛЯ ГУМАНИТАРНОГО. Л.Хатуль ..... 48

## Дневник наблюдений

О СЧАСТЬЕ И ДОЛГОЛЕТИИ. Н.Анина ..... 52

## Что мы едим

МОРОЖЕНОЕ. Н.Ручкина ..... 54

## Фантастика

НА НЕБО ПО ЗВЕЗДОЧКИ. Екатерина Медведева ..... 56

## Имена минералов

КТО ОТКРЫЛ, КТО СИНТЕЗИРОВАЛ? И.А.Леенсон ..... 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	51	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	47	ПЕРЕПИСКА	64



# Кто лучший?

Е.Котина



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

## Разговоры о самом интересном

В последнем декабрьском номере журнала «Science» (2011, т. 334, № 6063) перечислены наиболее выдающиеся научные достижения прошлого года. Конечно, ни один рейтинг достижений не может считаться судом в последней инстанции. Во-первых, сложно сравнивать между собой физику и химию, исследования космоса и биологию. Во-вторых, часто бывает так, что сразу несколько исследовательских групп предъявляют интересные результаты в одной и той же «модной» области и невозможно назвать единственного лидера: ценный вклад вносит каждый из участников гонки. Кроме того, многие хорошие исследования делаются не в один год, да и значимость открытий проверяется временем. Отсюда вопрос: следует ли учитывать многообещающие стартовые работы (ведь даже самые прекрасные надежды могут не сбыться) или отдавать предпочтение долговременным проектам, которые принесли плоды в этом году?

Ничего удивительного, что предновогодние списки важнейших событий науки в двух крупнейших журналах, «Science» и «Nature» (<http://www.nature.com/news/365-days-interactive-timeline-1.9686>), почти не совпадают между собой. Предположение, что каждый из лидеров предпочел своих авторов, верно лишь отчасти — рейтинг «Science» содержит многочисленные отсылки к публикациям «Nature». Однако «Science» отобрал в основном те проекты, которые уже принесли хотя бы промежуточные результаты, а «Nature» — именно громкие события года, «новости науки». Например, «Science» включил в рейтинг изучение образцов, доставленных на Землю космическим аппаратом «Хаябуса» в прошлом году, «Nature» — старты космических аппаратов к Марсу и Юпитеру, выход межпланетной станции «Мессенджер» NASA на орбиту Меркурия (а заодно поиски бозона Хиггса и нейтрино, которые, возможно, движутся быстрее света) и крах еще одной миссии NASA, спутника «Glory», 4 марта затонувшего вместе с ракетой-носителем в Тихом океане. Видимо, по принципу «отрицательный результат — тоже результат», который надлежит осмыслить. Вошли в список «Nature» и дебаты геологов о введении нового понятия, эпохи антропоцена, отличительный признак которой — существенное влияние человека на планету («Химия и жизнь», 2011, № 3).

Ленту событий «Nature» составлял по собственным публикациям, но в подборку «лучших изображений года» вошли и другие материалы. Например, радужные крылья комаров, мух и ос, изображения которых получила Екатерина Шевцова («Химия и жизнь», 2011, № 3), космонавта «Союза ТМА-02М», доставившая на Землю с МКС Сергея Волкова, Майкла Фосса и Сатоси Фурукаву (фото сопровождается язвительным комментарием о сходстве «достопочтенной капсулы» с водолазным колоколом XIX века и сожалениями о шаттлах), сверхагрессивные крысы, выведенные под руководством Д.К.Беляева в Институте цитологии и генетики СО РАН (кстати, генетику агрессии и ручного поведения у новосибирских

крыс исследовала команда Сванте Пээбо, того самого, кто «прочитал» ДНК неандертальца), а также ультралегкий пористый сплав, брусок которого можно положить на пушистую головку одуванчика («Химия и жизнь», 2011, № 12). Кроме того, «Nature» опубликовал подборку кратких рассказов о «людях года». В их число, вместе с Дарио Аутерио из Института ядерной физики в Лионе (руководитель научной группы, наблюдавшей нейтрино быстрее света) и семимиллиардным ребенком Земли, вошла Розмэри Редфилд из университета Британской Колумбии (Канада). Доктор Редфилд поставила себе целью проверить удивительный результат Фелисы Волф-Саймон с соавторами, заявившими об открытии бактерии GFAJ-1, ДНК которой якобы содержит арсенаты вместо фосфатов («Химия и жизнь», 2011, № 2).

В этой статье мы расскажем об исследованиях, упомянутых в рейтинге «Science». Возглавляют его клинические испытания мер, направленных на лечение и профилактику СПИДа. Видимо, это не случайность: 2011 год был Годом СПИДа — с момента открытия этого заболевания миновало 30 лет. Так или иначе, успехи в этой области очень важны: проблема СПИДа, как ни печально думать об этом, действительно может коснуться каждого.

## СПИД: эпидемию можно остановить?

Обывательское мнение к исследователям СПИДа беспощадно: возьматься-возьматься, огромные деньги тратят, а ничего не сделали, лечить не умеют, ничего толком не знают и даже, цитирую сетевых полемистов, «сам вирус никто не видел». Откуда взялся последний бредовый городской миф, непонятно: электронные микрофотографии ВИЧ легко найти в Интернете, их не раз публиковала и «Химия и жизнь», и другие научно-популярные журналы. «Ничего не сделали» — тоже, конечно, от невежества. В 1995 году была создана так называемая высокоэффективная антиретровирусная терапия (ВИЧ относится к семейству ретровирусов, у него РНК-геном, на матрице которого в клетке синтезируется ДНК). Антиретровирусная терапия (АРВ) подавляет активность вируса и сохраняет жизнь тяжелобольным, хотя и не ведет к излечению. Теперь ученые могли спокойно заниматься исследованием коварного вируса, поражающего иммунную систему, и на этот фронт были брошены лучшие силы науки и самые современные технологии. Сегодня ВИЧ — вероятно, наиболее изученный вирус в мире. Создана вакцина, хотя и с невысоким уровнем защиты (60%) и временем действия всего около года. Ученые всерьез заговорили о том, что СПИД возможно вылечить полностью. И наконец, достижение, которому отдал первое место «Science», — антиретровирусные препараты не только спасают пациентов от смерти, но и предотвращают дальнейшее распространение инфекции.

Правда ли, что антиретровирусная терапия, которую получает носитель ВИЧ, снижает вероятность заразиться для его партнеров? Данные, подтверждающие эту точку зрения,

появлялись и раньше, однако внушать ложное чувство безопасности, когда речь идет о СПИДе, преступно. Необходимо было внести ясность.

В мае 2011 года закончились так называемые клинические испытания 052, проведенные «HIV Prevention Trials Network» — международной организацией, которая создает и тестирует средства (не вакцины), предотвращающие распространение СПИДа. Главным спонсором испытаний стал Национальный институт аллергии и инфекционных заболеваний, а обошлись они в 73 млн. долларов. Результаты впечатляли: впервые было надежно показано, что антивирусная терапия снижает риск заражения на 96% («Science», 2011, т. 334, № 6061, с. 1338—1340).

В исследовании приняли участие 1763 пары из США, Бразилии, Индии, Таиланда и пяти стран Африки. В каждой из пар один партнер был ВИЧ-инфицированным, не получал ранее антиретровирусной терапии, и содержание CD4 Т-лимфоцитов в его крови попадало в промежуток 350—550 на миллилитр. (Человеку ставят диагноз «синдром приобретенного иммунодефицита», если их менее 200 на миллилитр; 600—1200 клеток считаются нормой.) Половина участников начала получать терапию немедленно, другая половина — с отсрочкой, когда количество клеток CD4 упало до 250. Естественно, участникам объясняли все возможные риски — и не менее естественно, что споры об этической стороне «информированного согласия» на участие в таких исследованиях не утихают. Пока одни спорят, другие работают.

Предполагалось, что «опыт» и «контроль» будут сравнивать в 2015 году. Но уже в апреле этого года были получены данные, которые побудили руководителя испытаний Мирона Коэна из университета Северной Каролины и его коллег немедленно начать готовить публикацию. Инфицированы были 28 партнеров вирусносителей — и только один из них заразился от партнера, с самого начала получавшего антиретровирусную терапию. Впервые появилась надежда остановить пандемию.

Очевидны и сложности. Терапия — не вакцина: люди должны принимать лекарства десятилетиями, и такие курсы лечения не по карману большинству пациентов из развивающихся стран. Им нужна будет помощь, но Всемирный фонд борьбы со СПИДом, туберкулезом и малярией сам стеснен в средствах и ищет гранты. Даже предоставить бесплатное лечение каждому больному (не говоря о вирусносителях, у которых симптомы еще не проявились) нереально и технически, и с финансовой точки зрения. В мире около 7,6 млн. людей сейчас нуждаются в антиретровирусной терапии и не могут ее получить. Добавим к этому, что далеко не все случаи инфекции вовремя выявляются. И есть еще, выражаясь нетолерантно, эффект человеческой глупости: если сказать пациенту, что он получает лечение, которое делает секс с ним безопасным для партнера, его поведение зачастую становится более рискованным, он уже не помнит ни о презервативах, ни о вреде случайных связей и тем самым сводит на нет свое преимущество. Чтобы просчитать, остановит ли новая терапия эпидемию в каждой конкретной стране, нужны математические модели, учитывающие не только клинические данные и финансовые возможности, но и результаты социологов. Поведение людей, в особенности групп риска, — фактор, который эпидемиологам нельзя недооценивать. Именно поэтому клинические испытания могут давать лучшие результаты, чем правительственные программы.

Ясно, что нельзя отказываться от проверенных простых методов — таблеток или вагинальных гелей с антивирусным действием. Эффективной оказалась такая простая мера, как мужское обрезание. Это не газетная утка: в 2005 году было показано, что для гетеросексуальных мужчин риск заразиться ВИЧ обрезание уменьшает на 60%.

## Биология: эволюция человека, здоровье, долгая жизнь и энергия

Отдельным списком «Science» перечислила претендентов на «серебряную медаль» — тех, кто мог бы занять второе место. Начнем с тех работ, которые попали и в список «Science», и в список «Nature»: вакцина от малярии и исследования геномов вымерших представителей рода Homo. Медицина и палеогенетика человека — нет для нас интереснее объекта, чем мы сами.

Антималярийной вакцины со стопроцентной эффективностью как не было десять лет назад («Химия и жизнь», 2002, № 9), так нет и по сей день. Профилактика малярии в зонах риска — это главным образом противокмаринные сетки, репелленты и инсектициды. Не от хорошей жизни многие ученые и организации делают ставку на столь сложные методы, как создание генно-модифицированных комаров, не способных переносить вредоносного малярийного плазмодия, либо стерильных особей, сокращающих численность комариной популяции. Существуют профилактические препараты с иным, чем у вакцин, механизмом действия, которые рекомендуют принимать перед поездкой в неблагополучные по малярии регионы. И все-таки каждый год заражаются сотни миллионов людей, сотни тысяч (в основном африканские дети) умирают. Малярия — заболевание бедных стран с теплым климатом, но десятки тысяч путешественников, отправляющихся в эти страны, ежегодно пополняют статистику инфицированных.

Отсюда понятно, почему считается успехом появление препарата, защитившего от малярии почти 50% вакцинированных детей: предыдущие разработки не приближались даже к такому результату. Новая вакцина называется RTS,S. Итоги третьей стадии клинических испытаний были опубликованы в октябре («New England Journal of Medicine», 2011, т. 365, с. 1863—1875, 1926—1927, «Science», 2011, т. 334, № 6054, с. 298—299). Вакцина проходила испытания в семи африканских странах. Ее получили более 15 000 детей двух возрастных групп: 6—12 недель и 5—17 месяцев. Препарат для испытаний изготовила компания «GlaxoSmithKline» в сотрудничестве с «PATH Malaria Vaccine Initiative», финансировал испытания Фонд Билла и Мелинды Гейтс. В состав вакцины входит рекомбинантный белок, и ее приготовление не включает трудоемких этапов вроде выращивания плазмодия в живых комарах.

Пока неясно, насколько длительным будет действие вакцины — наблюдения за детьми необходимо продолжать. Неизвестно, какой будет ее себестоимость (хотя «GlaxoSmithKline» обещает сделать ее как можно более дешевой) и смогут ли ее получить дети в Африке. ВОЗ собирается дать рекомендации по ее применению в 2015 году, когда будут собраны все необходимые данные. Но теперь мы, по крайней мере, знаем, что сделать противомаларийную вакцину возможно.

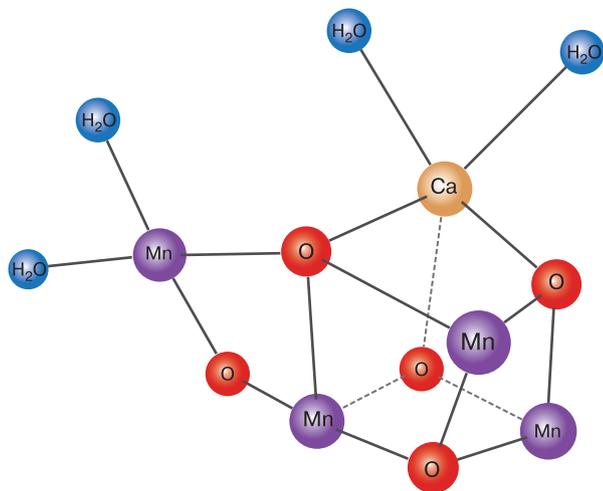
Палеогенетики в ушедшем году предъявили результаты своего «путешествия», не менее дальнего, чем у «Хаябу-сы», — в прошлое человека. Наши читатели, безусловно, помнят исследования митохондриальной ДНК «денисовца», обитателя Денисовой пещеры на Алтае, и ядерного генома неандертальца («Химия и жизнь», 2010, № 5, № 6; данные по ядерному геному денисовского человека были опубликованы в декабре 2010 года). В 2011 году исследования получили дальнейшее развитие. Ученые принялись искать следы родства с неандертальцем и денисовцем в геномах современных людей — и нашли. Так, население Юго-Западной Азии унаследовало около 5% ДНК от денисовцев, 4—6% от неандертальцев. «Денисовская» ДНК обнаружена у австралийских аборигенов, у негритосов на Филиппинах, на некоторых островах Юго-Восточной Азии и в Меланезии. Три сравнительно изолированные группы коренных обитателей Африки имеют в своем геноме необычные варианты

ДНК, по-видимому унаследованные от более древних групп Homo не позднее, чем 35 000 лет назад («Science», 2011, т. 334, № 6053, с. 167). Ранее считалось, что человек современного типа выделился как самостоятельный таксон около 100 000 лет назад (различные оценки варьируют от 160 до 45 тысяч лет назад) и с другими видами рода не скрещивался. Палеоантропологи теперь склонны признать, что фрагмент черепа возрастом 13 000 лет из Нигерии принадлежал «полукровке», продукту гибридизации современного человека с более архаичными родичами, либо представителю сохранившейся популяции «древних» (PLoS ONE 6(9): e24024. doi:10.1371/journal.pone.0024024).

Сейчас у нас есть доказательства, что наши предки скрещивались с другими человеческими видами минимум трижды, так что «вытеснение» этих других видов с эволюционной арены не следует считать полным и бесповоротным. Интересно, что более половины генных вариантов, кодирующих белки так называемого главного комплекса гистосовместимости (эти белки важны для противовирусного иммунитета, а также для распознавания раковых клеток и, например, чужеродного трансплантата), у современных жителей Евразии общие с неандертальцем и денисовцем («Science», 2011, т. 334, № 6052, с. 89—94). Примесь крови древних родичей заметно повлияла на устройство нашей иммунной системы.

Кстати, об эволюции и передаче по наследству полезных признаков. Некоторые нужные приспособления природа «изобретала» неоднократно, добываясь одного результата различными средствами. Хрестоматийные примеры — глаз млекопитающего, насекомого и осьминога, крыло птицы и крыло летучей мыши, молекулы, способные переносить кислород... Но существуют и «уникальные разработки», которыми пользуются все, у кого данный признак вообще имеется. Например, у всех растений, способных к окисленному фотосинтезу, то есть к производству глюкозы и кислорода из воды и углекислого газа при наличии света, имеется белковый комплекс под названием «фотосистема II» (ФСII). Без него биосфера Земли, какой мы ее знаем, просто не возникла бы — не могли бы существовать не только растения, но и животные, ведь подавляющее их большинство дышит кислородом и питается растениями либо теми, кто ест растения.

Структуру ФСII впервые исследовали немецкие ученые в 2001 году методом рентгеноструктурного анализа, однако получившаяся картинка была недостаточно качественной. «Карта» расположения атомов становилась все более точной, и, наконец, в 2011 году японцы достигли разрешения 1,9 ангстрем. Стало известно точное положение каждого из атомов кластера  $Mn_4CaO_5$  — активного центра, где образуются молекулы  $O_2$  («Nature», 2011, т. 473, № 7345, с. 55—60). Вопреки распространенному среди небиологов мнению они делаются из кислородов воды, а не углекислого газа. Кла-



стер находится внутри белкового комплекса, огромного по сравнению с ним, «подвешенный» водородными связями к определенным аминокислотным остаткам. Теперь мы знаем, что атомы кластера образуют нечто вроде куба с боковым выростом, причем его кислороды выступают в роли мостиков, соединяющих атомы металлов (см. рис.). В статье японских исследователей рассказывается и о других интересных участках сюрреалистического лабиринта под названием ФСII. Куда там компьютерным играм...

Изучение этих структур важно не только для лучшего понимания биохимии растений и эволюции фотосинтеза — это еще и ключ к решению энергетических проблем человечества. Солнечные батареи — прекрасная вещь, но электричество, которое они вырабатывают, непросто хранить и накапливать. Более выгодно превращать энергию солнечного света и воду в топливо — например, в водород. Поиск катализаторов, которые могли бы это делать, постоянно ведется, и что интересно, лучшие из них имеют почти такое же расположение атомов в активном центре, как у ФСII.

Конечно, нельзя было пропустить такую модную и перспективную область, как микробиомика — исследование сообществ микроорганизмов как единого целого. Новые технологии секвенирования ДНК упростили исследования в этом направлении, позволяя легко и быстро идентифицировать отдельные виды в сообществе. Логично было начать с тех, кто к нам всего ближе, — с наших собственных микроорганизмов, обитающих в кишечнике, ротовой полости, на коже тела и головы. У каждого человека есть коллекция микроскопических нахлебников, и каждый из этих «зоопарков» уникален — микробиомы не совпадают полностью даже у идентичных близнецов.

Исследование 2011 года, которое привлекло внимание «Science», — секвенирование ДНК микроорганизмов из кишечника 22 европейцев и сравнение их с уже известными микробиомами 13 жителей Японии и четырех американцев («Nature», 2011, т. 473, № 7346, с. 174—180). Оказалось, что микробиомы можно разделить на три группы, или три энтеротипа (их назвали *Bacteroides*, *Prevotella* и *Ruminococcus*, по доминирующим родам бактерий). При этом состав населения кишечника не зависит от национальности человека, его возраста, веса или пола. Три эти группы отличаются между собой главным образом биохимией — способностью получать энергию из тех или иных веществ, вырабатывать витамины, которые в пище отсутствуют. (Понятно, что биохимия бактериальной клетки зависит, в свою очередь, от того, гены каких ферментов имеются в ее геноме.) Нет ничего неожиданного в результате, полученном другой командой: то, что вы едите, и определяет видовой состав вашей внутренней фауны. Например, группа *Bacteroides* обычно селится внутри любителей мясных продуктов, *Prevotella* предпочитает вегетарианцев («Science», 2011, т. 334, № 6052, с. 45—46, 105—108). Если человек в течение десяти дней будет придерживаться другого типа питания, некоторые изменения будут заметны уже в первые сутки, но энтеротип в целом останется прежним —

микрофлора будет преданно ждать, когда хозяин перестанет жевать брокколи и съест свой любимый бифштекс. Похоже, для кардинальной смены видового состава нужен более долгий срок. Кстати, в том же исследовании установлено, что на кишечную микрофлору оказывают заметное влияние красное вино и подсластитель аспартам.

Кого-то из читателей этот «научный результат года» позабыл, однако на самом деле все довольно серьезно. О влиянии кишечной микрофлоры на здоровье и долголетие человека писал еще И.И. Мечников. Если бы мы научились лучше управлять нашим внутренним биоразнообразием (а для начала его нужно исследовать, составив подробную опись обитателей «зверинца»), то, возможно, получили бы эффективную и безвредную «таблетку долгой жизни». Или, по крайней мере, избавились бы от многих проблем с обменом веществ и аллергиями.

Продление жизни и борьба со старением — еще одна перспективная тема. О стволовых клетках «Химия и жизнь» пишет регулярно. «Science», однако, отметил оригинальный подход: не вводить человеку или животному стволовые клетки (что чревато формированием опухолей), а очистить организм от стареющих клеток.

Как известно, большинству клеток отпущено природой определенное число делений, а затем они переходят в состояние покоя. Это, по идее, снижает риск возникновения рака (ведь с течением времени клетки накопили повреждения, возможно затронувшие гены, связанные с опухолеобразованием). Но теперь выяснилось, что старые клетки — не такие уж мирные пенсионеры: они выделяют стимуляторы роста и вещества, «разрыхляющие» ткань, и тем самым все же способствуют возникновению опухолей. Возможно, они еще и провоцируют воспалительные процессы в окружающих тканях.

А что будет, если этих пожилых вредителей истребить? Чтобы ответить на этот вопрос, исследователи с помощью селекционных и генно-инженерных методов создали особую линию мышей («Nature», 2011, т. 479, с. 186—187, 232—236). Во-первых, эти мыши стремительно старели, причем у них наблюдались характерные возрастные признаки: катаракта, мышечная слабость, потеря эластичности артерий. Во-вторых, инъекция специального препарата вызвала гибель клеток, вырабатывающих белок p16<sup>INK4A</sup>, — этот белок, как метку, несут на себе стареющие клетки, потому что именно он участвует в ограничении их деления.

Мыши, получавшие лекарство, не прожили дольше, чем в контроле, но качество их жизни явно повысилось. У них позднее появлялись катаракта и мышечная слабость, они дольше могли пробегать в колесе и могли выполнять задания, требующие больших затрат энергии. Инъекции также уменьшили возрастное накопление жира. Состояние артерий, правда, не улучшилось — возможно, потому, что изменения в них не связаны с клетками, вырабатывающими p16<sup>INK4A</sup>. И даже если мыши не получали лекарство до появления признаков старения, оно приносило им некоторую пользу. Возможно, когда медики научатся удалять стареющие клетки из организма человека, они не только помогут молодым не стареть, но и вернут бодрость пожилым.

## Химия: цеолиты

Среди чисто химических достижений года «Science» назвал всего одно (но дважды подчеркнул, что химия сохраняет свое присутствие на переднем крае науки) — цеолитные мембраны. Цеолиты — водные алюмосиликаты кальция и натрия с замечательными сорбирующими свойствами. В 1756 году шведский минералог Аксель Фредрик Кронштедт, нагревая разновидность цеолита — стильбит, он же десмин, увидел, что

из него идет пар. Кронштедт и назвал его цеолитом — «кипящим камнем». Уникальные свойства цеолитов обусловлены их упорядоченной пористой структурой — это трехмерное кружево из атомов алюминия, кремния и кислорода вбирает в себя воду подобно губке, а если «мокрый» цеолит нагреть, из него действительно повалит пар, как из сырого полена.

В последующие 250 лет были открыты десятки природных цеолитов, а химики синтезировали примерно полторы сотни синтетических аналогов. Ежегодно мировая промышленность производит около трех миллионов тонн цеолитов для таких массовых и малоромантичных продуктов, как моющие средства и наполнители для кошачьих туалетов. Но есть у них и более благородные применения: на основе цеолитов создают катализаторы, молекулярные сита, электроды для нужд аналитической химии. Цеолитные катализаторы используются при переработке нефти в бензин, для разламывания длинных углеводородных цепочек на более легкие. Цеолиты очищают и воздух на космических кораблях, и загрязненную воду после аварии на Фукусиме.

Химикам, однако, не хватало цеолитов с крупными порами, чтобы работать с большими молекулами (обычный размер цеолитных пор — 2—15 ангстрем, или 0,2—1,5 нм). Кроме того, из цеолита трудно было сделать сверхтонкие мембраны, с помощью которых удобно производить дешевую очистку.

Исследователи из Южной Кореи создали семейство цеолитов, в которых комбинируются крупные (до 50 нм) и мелкие поры («Science», 2011, т. 333, № 6040, с. 328—332). Подобный материал сделали также испанские и китайские ученые в совместной работе («Science», 2011, т. 333, № 6046, с. 1131—1134). Разумеется, все параметры растущего «молекулярного сита» можно и нужно контролировать, чтобы получить желаемые свойства. Исследователи из Франции и Германии обнаружили, что можно сформировать цеолиты с крупными порами, не используя дорогостоящие органические вещества, с помощью которых обычно направляют их рост (онлайн-публикация 8 декабря 2011 года, doi:10.1126/science.1214798). А в университете Миннесоты открыли новый способ делать ультратонкие цеолитные мембраны («Science», 2011, т. 334, № 6052, с. 72—75).

Остается добавить лишь то, что мы не устаем повторять нашим читателям: химия не умерла, но ее достижения в XXI веке часто проходят по ведомству других наук. Где были бы без химии те же исследования фотосистемы II? Или анализ астероидной пыли, доставленной «Хаябусой»?

## Космос: «Хаябуса», древний газ и экзопланеты

Японский космический аппарат «Хаябуса» («Сапсан») был запущен в мае 2003 года и 13 июня 2010 года принес на Землю частицы астероида Итокавы, названного в частю основателя японской космической программы Хидэо Итокавы. Образцы с крупного небесного тела (размеры Итокавы исчисляются сотнями метров) были искусственно доставлены на Землю впервые за 35 лет. Образцы с астероида — вообще впервые.

В утешение тем, кто с горечью вспомнил про «Фобос-Грунт»: полет «Хаябусы» тоже сопровождался серьезными техническими проблемами. Космос пока еще не подчинился землянам, и никакая перестраховка не гарантирует от сюрпризов. При выполнении миссии «Хаябуса» потерял два из трех гироскопов и возвращался на реактивных движках, предназначенных для коррекции курса. Маленький ровер «Минерва», который должен был исследовать поверхность астероида, потерялся и, вероятно, улетел в глубокий космос. Образцы астероидной пыли удалось собрать со второй попытки, связь с аппаратом пропадала и восстанавливалась вновь, была и программная ошибка. Перезапустить двигатель

и направить аппарат к Земле получилось лишь в феврале 2009 года (изначально возвращение было намечено на лето 2007 года).

Исследователям достались 1534 частицы астероидной пыли. Об их изучении рассказывает подборка статей, опубликованных в «Science» 26 августа («Science», 2011, т. 333, № 6046). Итокава принадлежит к так называемому S-типу астероидов, но образцы, принесенные «Хаябусой», оказались похожими на хондриты (наиболее распространенный тип метеоритов). По наблюдаемому спектру S-астероидов их состав предполагался несколько иным: для того, чтобы быть источником хондритов, они выглядели слишком «красными». Однако более тщательные исследования показали, что «неправильный» цвет, скорее всего, не связан с химическим составом. Это подтвердил образец с «Хаябусы»: просвечивающая растровая электронная микроскопия выявила в пылинках крошечные включения металлического железа, способные рассеивать солнечный свет и придавать астероиду красноватый оттенок. Вероятно, они образовались под воздействием солнечного ветра.

Наша Вселенная — беспокойное место, ее существование и началось со взрыва. Два открытия ушедшего года показали, что во Вселенной есть «карманы стабильности». Одно из этих открытий — первичные, «чистые» облака водорода («Science», 2011, т. 334, № 6060, с. 1216—1217, 1245—1249). По изотопному составу они похожи на водород, существовавший в первые сотни миллионов лет после Большого взрыва, до формирования звезд.

Эти результаты заставили иначе взглянуть на химическую эволюцию Вселенной. Предполагалось, что она была создана из газа, содержащего легкие элементы — водород и гелий. Первые звезды получились из этого материала примерно через 300 млн. лет после Большого взрыва. Когда они сожгли свое топливо, легкие атомы в них начали сливаться, образуя более тяжелые элементы, такие как углерод и кислород. Эти так называемые металлы (элементы тяжелее гелия) разлетались в межзвездном пространстве, после того как звезды становились сверхновыми и взрывались. Рождение и смерть более поздних поколений звезд, сделанных из газа, который изначально был загрязнен тяжелыми элементами, еще увеличивали их количество во Вселенной. Сейчас они содержатся и в звездах, и в планетах, и в межзвездном газе.

Группа астрономов из университета штата Калифорния обнаружила два облака «чистого» первичного газа, изучая свечение двух квазаров при помощи спектрометра HIRES на телескопе Кекк I (Гавайи). Пройдя через эти облака, свет квазаров изменил спектр, и по этим изменениям можно было судить в том числе о химическом составе облаков. Ученые ожидали увидеть следы кислорода, углерода, азота, кремния, но нашли только водород и дейтерий. Возраст этих облаков оценивается в 2 млрд. лет после Большого взрыва. Каким-то образом они сохраняли свой состав более 10 млрд. лет. Получается, что тяжелые элементы распределены во Вселенной значительно менее равномерно, чем считалось до сих пор.

Другое открытие — маленькая звезда в гало Млечного Пути, концентрация «металлов» в которой составляет около 1/10000 от характерной для нашего Солнца (Nature, 2011, т. 477, № 7362, с. 67—69). Это делает ее похожей на самые первые звезды во Вселенной, но те, как предполагается, были в сотни раз массивнее. Ранее считалось, что звезды с небольшой массой могут образоваться только из материи с довольно высокой концентрацией металлов. Возможно, дать начало маленьким неметаллическим звездам могли облака «чистого» водорода.

И разумеется, составители списка не могли пройти мимо новых экзопланет (то есть планет, обращающихся вокруг звезды за пределами Солнечной системы). Их известно уже



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

более семи сотен, и список постоянно пополняется. Ученым по понятной причине интересны планеты, похожие на Землю (обнаружение таких планет, Kepler-22b, Kepler-20e и Kepler-20f, включил в свой рейтинг «Nature»). Но еще интереснее те, что непохожи ни на одну планету Солнечной системы.

Изучая данные космического телескопа «Кеплер» НАСА (он уже обнаружил 156 000 звезд, изменения яркости которых говорят о том, что у них могут быть планеты), ученые нашли шесть больших планет, вращающихся вокруг звезды Kepler-11, на расстоянии примерно 2000 световых лет от Земли («Nature», 2011, т. 470, № 7332, с. 53—58). По меньшей мере три из этих планет — газовые гиганты, подобные Юпитеру, и пять из шести ближе к своей звезде, чем Меркурий — к Солнцу. Шестая планета удалена от звезды примерно как Венера от Солнца.

Существуют две теории, которые описывают формирование планет из газопылевого диска, окружающего звезду. Согласно первой, планеты возникают достаточно далеко от звезды и со временем приближаются к ней, согласно второй, они формируются сразу на своих орбитах. Но система звезды Kepler-11 не укладывается ни в одну из этих теорий. Непонятно, каким образом пять больших планет могли так приблизиться к звезде, а если они сформировались вблизи от нее — как могло хватить «материала» для них.

Были обнаружены и другие удивительные объекты — например, HAT-P-6b, газовый гигант, который вращается в сторону, противоположную вращению его звезды. (Известны и другие экзопланеты с ретроградными орбитами.) Это странно: коль скоро планета возникает из пылевого диска, вращающегося вокруг звезды, разве не должна она вращаться в ту же сторону? В этом году была предложена компьютерная модель, которая показала, что притяжение другой планеты или коричневого карлика может наклонять орбиту планеты относительно экваториальной плоскости звезды до тех пор, пока орбита не «перевернется». А есть еще планеты в системе двойной звезды, планеты, свободно «путешествующие» в космосе и, судя по всему, не привязанные к какой-либо звезде... Как написал обозреватель «Science», планетологи заснули в Канзасе, а проснулись в Волшебной стране Оз — так сильно и стремительно в последнее время меняются парадигмы.

Что касается надежд на успехи текущего года — «Science» предполагает, что физикам наконец-то удастся получше рассмотреть бозон Хиггса (или доказать, что его не существует), а также решить вопрос со сверхсветовыми нейтрино. Другие надежды связаны со стволовыми клетками, медицинской геномикой, лечением умственных расстройств и марсианской миссией «Curiosity». Будем ждать...



**Графен и водород**

*Гидрированием можно надежно отделить друг от друга листы графена.*

«Physical Review A», 2012, т. 85, № 1.

После открытия графена прошло достаточно времени, чтобы от миллиметровых чешуек перейти к экспериментальному производству метровых листов этого материала. Однако разработка любой технологии всегда сопряжена с проблемами, и производство графена не стало исключением: отнюдь не всегда удается вырастить на подложке один-единственный лист графена. Если же их несколько (стопка листов, лежащих друг на друге), то это уже никакой не графен, а сверхтонкий графит с совсем иными свойствами. Исследователи из Линчёпингского университета (Швеция) во главе с Бо Сернелиусом предложили способ решения этой проблемы.

Листы графена объединяются в стопки под воздействием сил Ван-дер-Ваальса. Вот если создать между листами силы отталкивания, то они разойдутся на достаточно большое расстояние для того, чтобы каждый из них считать отдельным листом. Как оказалось, оттолкнуть их можно: достаточно обработать водородом (атомарным или молекулярным) либо гелием. Маленькие атомы этих элементов втиснутся в промежуток между листами, с помощью тех же сил притянутся к их поверхностям, а между собой станут отталкиваться; листы зависнут друг над другом на расстоянии в несколько нанометров, продемонстрировав эффект квантовой левитации. Для своих опытов шведские физики выращивали графен на подложке из диоксида кремния. Предполагается, что эта технология позволит не только получать графеновые листы хорошего качества, но и создавать вместительные хранилища водорода. Кроме того, обработанные водородом листы могут двигаться друг относительно друга без трения, а это пригодится при создании нанороботов.

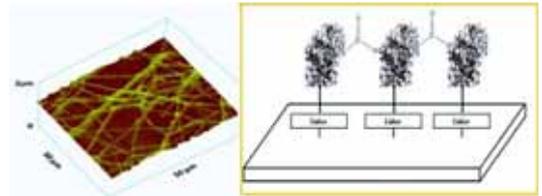
**Холод от давления**

*Получен очередной сплав, который охлаждается под магнитным полем или давлением.*

«Nature Communications», 20 декабря 2011, doi: 10.1038/ncomms1606.

Фазовое превращение, как правило, сопровождается поглощением или выделением тепла. Этим можно воспользоваться для создания принципиально новых холодильников, в которых не будет никаких систем испарения-охлаждения газов. Неудивительно, что после принятия Монреальского протокола, поставившего фреоны вне закона, внимание исследователей привлекают сплавы, которые можно охладить, вызвав в них фазовое превращение в твёрдом состоянии.

Очередную попытку предприняла международная группа исследователей, которая создала сплав системы «лантан-железо-кремний-кобальт», испытывающий обратный барокалорический эффект, то есть снижающий свою температуру под давлением. Эффект оказался неплохим: один градус на каждый килобар давления, причем особо высокого давления не требуется. Более того, фазовое превращение, ответственное за этот эффект, можно вызвать не только давлением, но и магнитным полем. «То, что к снижению температуры приводят сразу два фактора, вселяет надежду на использования нового сплава в разнообразных новых охлаждающих устройствах. Кроме того, возможно создание и устройств для сбора энергии», — говорит участник работы профессор Льюис Маньоса из Барселонского университета.



**Виагра и сердце**

*Силденафил при внутривенном введении делает сердечную мышцу эластичнее.*

«Circulation», 2011, т. 124, с. 2882, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.048520.

Действующее вещество виагры — силденафил — повышает уровень свободного нуклеотида — циклического гуанозинмонофосфата, цГМФ в пещеристом теле, что в итоге расслабляет гладкую мускулатуру сосудов и способствует наполнению кровью соответствующего органа. Сейчас мало кто помнит, что на основе этого вещества хотели сделать препарат, улучшающий кровоток в сердечной мышце, но уже первая фаза клинических испытаний показала куда большую эффективность в другой области. Однако не исключено, что силденафил все же послужит сердечникам. Дело в том, что цГМФ участвует и в другой важной реакции — фосфорилировании титина, гигантского белка сердечной мышцы. При этом эластичность белка возрастает, сердце лучше наполняется кровью и симптомы болезни — слабого сердца — исчезают.

Исследователи из Рурского университета в немецком Бохуме вместе со своими американскими коллегами из миннесотской Клиники Мэйо ставили опыты на собаках с диастолической сердечной недостаточностью, у которых желудочки сердца плохо наполнялись кровью. У людей это недомогание широко распространено: более половины пациентов клиник старше шестидесяти лет, которые жалуются на слабое сердце, страдают именно от него.

Как оказалось, после введения препарата в вену концентрация цГМФ в плазме крови возрастает, и почти сразу увеличиваются степень фосфорилирования титина и емкость левого желудочка. Конечно, опыты на животных нельзя сразу переносить на человека, но, как считает доктор Вольфганг Линке, молекулярный механизм действия лекарства от слабого сердца на основе виагры уже известен. А лечить этот вид сердечной недостаточности врачи пока что не умеют.

**Плазма против вируса**

*С помощью газа заряженных частиц можно предотвратить размножение вирусов.*

«Journal of Physics D», 2011, т. 44, № 50.

Низкотемпературная плазма образуется при пропускании тока через газ. Она состоит из заряженных частиц, то есть радикалов, которые охотно взаимодействуют со всяческой органикой, разрушая ее. Направляется идея: использовать ее для дезинфекции. Так, было установлено, что с помощью плазмы можно очищать от бактерий воду или поверхность кожи. А как насчет вирусов? И на них плазма действует губительно, как показали недавние эксперименты, которые провели исследователи из Института внеземной физики Общества Макса Планка во главе с Юлией Циммерманн и Мюнхенского технического университета.

В качестве модельных объектов были взяты аденовирусы. Прочная белковая оболочка защищает их и от лекарств, и от воздействия температуры, и от изменений кислотности среды. В общем, при ОРВИ или воспалении легких, вызванных этим вирусом, приходится лечить симптомы болезни и ждать, пока организм сам справится с заразой.

Немецкие физики всего три минуты обрабатывали раствор вирусов плазмой, и лишь одна вирусная частица из миллиона сохранила жизнеспособность. В этом они убедились, заразив обработанным раствором две различные линии клеток и сравнив результат с контролем. Видимо, аналогичный эффект плазма окажет и на менее стойкие вирусы. Исследователи надеются, что обработка плазмой воздуха в больницах уже сейчас даст немалую пользу в борьбе с вирусными болезнями. В будущем же плазмой станут обрабатывать непосредственно поверхность легких или кровь больного.

**Воду в водород**

*Белок на гематите способствует разложению воды светом.*

«Advanced Functional Materials», 12 декабря 2011, doi: 10.1002/adfm.201101830.

**Р**азложение воды солнечным светом на катализаторе — шаг к водородной энергетике: не нужно будет сначала превращать свет в электричество, а потом проводить электролиз и получать чистый водород. Тогда солнечные районы планеты вроде пустыни Сахара, откуда трудно было бы доставлять электричество в густонаселенные районы Европы, превратятся в фабрики по производству нового, неископаемого и возобновляемого энергоносителя. (Достаточное количество воды в Сахаре, по некоторым данным, можно добыть из-под земли.)

Однако пока что в водород таким способом удается превратить ничтожную долю солнечного света. В используемых преобразователях фотокатализатор — диоксид титана, а он работает только в ультрафиолетовой области.

Дебаджит Бора, аспирант из швейцарской Федеральной лаборатории по материаловедению и технологии (EMPA), решил под руководством Артура Брауна и с помощью коллег из США и ФРГ пойти другим путем. Он взял наночастицы оксида трехвалентного железа, который встречается в природе, например, в виде минерала гематита. Это известный дешевый фотокатализатор, способный на свету разлагать воду, причем он работает в диапазоне видимого света. На поверхность гематита удалось пришить белок фикоцианин: с его помощью синезеленые водоросли собирают фотоны солнечного света, чтобы потом использовать их для фотосинтеза. В результате фототок от таких наночастиц вырос в два раза, соответственно увеличилось и производство водорода.

**Шум не пройдет**

*Вслед за шапкой-невидимкой физики создали плащ-глушилку.*

«Physical Review Letters», 2012, т. 108, № 1.

**М**етаматериал — это искусственное вещество, необычные свойства которого обусловлены созданной человеком периодической структурой. В частности, наиболее часто упоминают такое свойство, как с отрицательным коэффициентом преломления света; с его помощью физики надеются создать шапку-невидимку, то есть заставить световые волны обтекать обернутый метаматериалом объект (см. «Химию и жизнь», 2010, № 9). Однако аналогичную идею можно применить к любым волнам, в том числе звуковым. Именно так поступили немецкие инженеры из Технологического университета Карлсруэ и Института прикладной физики во главе с профессором Мартином Вегенером.

Они синтезировали микроструктурированную пленку толщиной в миллиметр из двух полимеров с разной жесткостью. Оказалось, что акустические колебания этой пленки не способны попасть в ее центр, а обтекают его по окружностям. Иными словами, в центре находится область полной тишины, причем созданная не за счет поглощения или отражения звука, а с помощью нового физического механизма. «Представьте себе город, через который можно проехать либо напрямую, либо по окружным дорогам. Чтобы спастись от шума автомобилей, мэр города сделал так, что чем ближе к его центру, тем с меньшей скоростью разрешено ехать. В результате весь транзитный поток направляется в объезд. Примерно так обращается и наш материал со звуковыми волнами», — объясняют свою идею участники работы.

**Выплавка наночастиц**

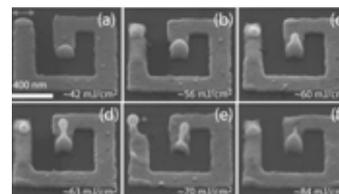
*С помощью лазера можно получать идеально сферические наночастицы металла.*

«Advanced Materials», 9 января 2012, doi: 10.1002/adma.201103807.

**Н**аночастицы золота стали распространенным инструментом у биотехнологов и медиков: с их помощью выполняют множество манипуляций, от доставки в клетку генетического материала до прицельного уничтожения клеток опухоли. А получают такие наночастицы методами коллоидной химии. Однако их форма, как правило, скорее угловатая, нежели сферическая, да и поддерживать неизменный размер частиц от партии к партии непросто.

Новую технологию, свободную от таких недостатков, придумала международная группа исследователей во главе с Венцеславом Веневым из Католического университета Лёвена (Бельгия). Для получения частиц они освещали тонкую золотую фольгу лазером.

При быстром и сильном нагреве металл может не просто расплавиться, а выплунуть горячую каплю. Она застынет и превратится в сферическую частицу. (Аналогичный эффект можно наблюдать при падении камешка в лужу.) Но как добиться, чтобы размер капли был меньше длины волны света? Казалось бы, это невозможно, ведь диаметр луча лазера, а стало быть, и расплавленной зоны не может быть столь малым. Венев тут применил плазмоны — поверхностные возбуждения электронной плотности. Освещая лазером пластинку, на которую нанесены наноразмерные узоры, можно создавать совсем маленькие горячие плазмонные пятна. Электроны в них совершают быстрые движения и расшатывают ионный остов до такой степени, что металл переходит в жидкое состояние. Так и получается капля не микронного, как следовало ожидать, а нанометрового размера. Производительность этого метода не идет ни в какое сравнение с химическим, зато частицы — гладкие и одна к одной, поскольку их размер зависит от длины волны лазера. Наверное, и с другими металлами можно поступать так же.



**Управа на гусеницу**

*Аминокислота метионин — незаменимый компонент питания человека и яд для насекомых.*

«Journal of Economic Entomology», 2011, т. 104, № 6.

**В** 1998 году Брюс Стивенс из Флоридского университета обнаружил, что метионин — незаменимая для человека аминокислота — ядовит для личинок насекомых. В их средней кишке щелочная среда, а при повышенных значениях pH метионин блокирует ионные каналы в стенках клеток кишечника. После этого насекомое перестает грызть листья и через несколько дней погибает. Позднее Стивенс выяснил, что обработка метионином губит и личинок комаров, переносящих желтую лихорадку, и гусениц пятиточечного бражника — вредителей помидоров, и даже личинок колорадского жука. А теперь очередь дошла до опытов над лимонным парусником *Prionoxystus demoleus*, который, добравшись до островов Карибского моря из Азии, стал угрожать американским цитрусам.

В опытах, которые поставили коллеги Стивенса под руководством Делано Льюиса, листья дикорастущего лайма опрыскивали растворами двух аминокислот — метионина и пролина. А потом выпускали гусениц парусника кресфонтеза (завозить самого вредителя в США строжайше запрещено, поэтому в опытах использовали его ближайшего родственника). Всего за три дня все гусеницы, которые питались листьями с метионином, погибли, а в контроле остались живы. На сами же растения обработка аминокислотами никакого влияния за две недели опытов не оказала.

Нечасто ядохимикатом оказывается съедобное для человека вещество, к тому же продукт массового производства, который, попав в почву, быстро разлагается и становится удобрением. Исследователи уже получили два патента на инсектициды с метионином, и, по их мнению, у него большое будущее.

Выпуск подготовил кандидат физико-математических наук **С.М. Комаров**

# Юка, или Рассказ о мамонте и его мире



Adrie and Alfons Kemis, Нидерланды

## Мамонтовая кладовая Якутии

Время остается абстрактным понятием, пока не соприкоснешься со следами прошлого, отдаленного от сегодняшнего дня на неделями или месяцами, а десятками тысяч и даже миллионами лет. Видя окаменевшие кости или раковины, понимаешь и быстротечность собственной жизни. Остатки древних животных и растений — своего рода окно в прошлое, в другой, исчезнувший мир.

Поразительное впечатление производят сохранившиеся в вечной мерзлоте северо-востока Евразии трупы животных конца ледниковой эпохи (плейстоценовый период). Только для того, чтобы увидеть детеныша мамонта с реки Киргиля, известного как мамонтенок Дима, или голову юкагирского мамонта, миллионы людей в разных странах мира готовы выстаивать многочасовые очереди на выставки. И неудивительно: эти находки занимают особое место среди других палеонтологических реликвий, они представляют давно вымерших на Земле животных почти без изменения их внешнего облика. Их научная ценность огромна.

Одна из последних подобных находок — труп детеныша мамонта с реки Хрома,



Художник М.А. Панова

1  
Реконструкция внешнего вида трех-пятимесячного детеныша мамонта с реки Хрома (Аллаиховский улус, Якутия)

найденный два года назад на территории Аллаиховского улуса в Якутии (рис. 1), — исследована авторами этой статьи. Данные о физиологическом состоянии животного, его заболеваниях, а также определение времени и причины гибели дают такую информацию о биологии и условиях жизни древних обитателей Земли, которую невозможно получить, изучая только окаменевшие остатки.

Шерстистый мамонт *Mammuthus primigenius* — наверное, самое известное вымершее млекопитающее, символ плейстоценового периода, который закончился около 10 тысяч лет назад. Даже детям знаком его характерный облик: длинная шерсть, коренастое тело и огромная голова — приспособления к жизни в холодном климате. История появления шерстистого мамонта (далее будем называть его просто мамонтом) связана с севером Евразии, где его предок, трогонтериевый слон (рис. 2а), более 800 тысяч лет назад освоил зону умеренного пояса с ее редколесьями и степями. За время существования линии северных слонов климат Северного полушария становился все более холодным и сухим. В этом главная причина появления и широкого распространения плейстоценового северного слона, он же мамонт (рис. 2б), — продолжалось приспособление к холодному климату, к жизни на открытых пространствах, к питанию травянистой растительностью и ветками низкорослых северных кустарников. Огромный ареал этого вида, занимающего почти всю Голарктику 14—15 тысяч лет назад, сначала сократился до Северо-Востока Евразии и Северо-Запада Северной Америки, а около четырех тысяч лет назад последние мамонты навсегда исчезли с нашей планеты.

Обширное сообщество крупных млекопитающих позднего плейстоцена получило название по самому знаменитому своему представителю: «мамон-

Реконструкция внешнего вида Юки. Здесь молодая самка мамонта изображена с небольшими бивнями, которых у Юки все-таки, скорее всего, не было

товая фауна». Хотя условия обитания на Земле в последние 11—12 тысяч лет претерпели огромные изменения, большая часть соседей и современников мамонта — бизоны, овцебыки, дикие лошади, северные олени, волки и многие другие — продолжают жить и поныне. Только повсеместное преследование крупных млекопитающих современным человеком заставило их отступить в труднодоступные районы Земли. Этот пример наглядно показывает, что значительное продвижение в эволюции и специализации — путь, по которому нельзя вернуться обратно, если условия жизни меняются слишком сильно. Можно сказать, что мамонт безвозвратно исчез вместе с тем миром,



Художник М.А. Панова



2  
Трогонтериевый слон *Mammuthus trogontherii* (а) и его потомок, шерстистый мамонт *Mammuthus primigenius* (б)



3  
На карте побережья Восточносибирского моря отмечено место, где был найден труп мамонта. На фотографии — расположенное неподалеку местонахождение Идреево; в обрыве видны мерзлые отложения позднего плейстоцена



4  
Труп мамонта на месте находки. Видна свисающая шерсть крестцовой части туловища, хобот (1) и подвнутая передняя нога (2). Справа — мамонт после извлечения из мерзлых пород



Фото: В. Г. Горохов

в котором он существовал сотни тысяч лет. Но благодаря своему удивительному облику мамонт остается одним из немногих вымерших животных, прочно вошедших в «генетическую память» человека. В мыслях наших предков мамонт явно занимал больше места, чем другие представители фауны: его изображения — один из самых распространенных мотивов в рисунках и скульптуре верхнего палеолита. И может быть, не случайно каждая новая находка сохранившегося в вечной мерзлоте мамонта вызывает огромный интерес не только у специалистов-палеонтологов.

В арктической зоне Якутии, с ее многолетней мерзлотой, которая сохранилась до наших дней еще от времен плейсто-

ценовых похолоданий, особенно часто находят замороженные тела животных того периода — мамонтов, шерстистых носорогов, древних лошадей, бизонов. Чаще всего такие находки происходят из льдистых отложений едомной свиты конца плейстоценового периода (особый тип льдистых отложений, распространенный на северо-востоке Якутии). В последнее время ученые не только исследуют самих вымерших животных, но и стремятся получить информацию об условиях захоронения, о древних микробах, сохранившихся в мягких тканях, о древней ДНК и изотопах некоторых элементов из вмещающих пород и костей животных. Сейчас известно, что выживать в условиях холодного климата мамонтам позволяло не только массивное сложение, но и такие уникальные морфологические адаптации, как способность накапливать большие жировые отложения и быстрый рост в

## Сведения об авторах

**Протопопов Альберт Васильевич**, кандидат биологических наук, заведующий отделом изучения мамонтовой фауны Академии наук Республики Саха (Якутия).

**Боескоров Геннадий Гаврилович**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук, эксперт Росохранкультуры по палеонтологии.

**Плотников Валерий Валериевич**, научный сотрудник отдела изучения мамонтовой фауны Академии наук Республики Саха (Якутия).

**Потапов Владимир Николаевич**, директор-менеджер проекта «Мамонт Юка».

**Агенброд Ларри**, директор и научный руководитель музея «Мамут Сайт» (Mammoth Site of Hot Springs), Южная Дакота, США.

**Потапова Ольга Роальдовна**, куратор коллекций, руководитель музея «Мамут Сайт» (Mammoth Site Museum of Hot Springs), Южная Дакота, США.

**Мащенко Евгений Николаевич**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории млекопитающих Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

первые полгода после рождения. В то же время многие детали остаются до конца не выясненными, поэтому важна каждая находка ископаемого животного. В последнее десятилетие количество находок замороженных трупов плейстоценовых млекопитающих значительно возросло, и это позволило палеонтологам не только исследовать особенности отдельных экземпляров, но также анализировать те или иные качества и признаки вымерших животных на небольших сериях материала.

Осенью 2010 года глава родовой общины «Юкагир» В.Г.Горохов сообщил о находке замороженного трупа некрупного мамонта. (Юкагиры — один из древнейших народов, проживающих на территории Якутии.) Мамонта нашли в конце августа 2010 года на береговом обрыве моря Лаптевых, называемом Ойогосский яр, в 30 км к западу от устья реки Кондратьево (рис. 3). Замороженный труп животного вытаивал из верхней части берегового обрыва, образованного льдистыми осадочными породами позднего плейстоцена (едомными отложениями) (рис. 3, 4). Первичный осмотр показал необходимость скорейшего извлечения находки из обрыва, готового обрушиться. К моменту открытия мамонта прилегающие части породы уже вызвали разрывы кожи и мягких тканей, сквозь которые выпали некоторые кости скелета: часть ребер, таз и лопатка. Работать приходилось вручную, на подтаявшем краю двадцатиметрового берегового обрыва. Это было очень опасно, пришлось вначале извлечь из туши череп и некоторые другие мелкие кости, и только после этого удалось поднять почти трехсоткилограммовую тушу наверх.

По давно заведенной традиции замороженные трупы мамонтов получают собственные имена — производные от названий мест, где они были найдены («березовский мамонт», «киргильянский детеныш», он же Дима — по названию одноименного ручья), или от имен людей, которые их нашли. За мамонтом с Ойогосского яра закрепилось имя Юка, поскольку он был найден членами родовой общины «Юкагир».

А дальше начинается другая история — история изучения находки.

**А.В.Протопопов, Г.Г.Боескоров, В.Н.Потапов**

# Новый гость из вечной мерзлоты

До прибытия специалистов из Якутска остатки мамонта Юки поместили в погреб, вырубленный в вечной мерзлоте. В середине ноября 2011 года уникальная находка была доставлена в Якутск и помещена в холодильный контейнер Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. Уже первоначальный осмотр показал, что это молодое животное относительно некрупных размеров. За более чем двухсотлетнюю историю изучения мамонта это был первый случай, когда для исследований стала доступна молодая особь. Ранее в руки специалистов попадали только трупы взрослых самцов мамонта или совсем маленьких детенышей, возрастом менее года.

Туша мамонта Юки значительно деформирована — сплющена сверху вниз и сильно растянута. Передние ноги подогнуты вперед, а задние вытянуты назад. Подошва задней левой стопы оторвана и утеряна при обрушении породы. На брюшной поверхности туловища — крупный продольный разрыв, через который выпала большая часть внутренних органов брюшной полости и часть костей скелета.

Длина деформированной замороженной туши от основания хобота до основания хвоста — 177 см, а длина тела живого мамонта могла превышать 200 см. Вес замороженной туши после доставки в Якутск составлял около 200 кг. С учетом веса утраченных частей, а также мумификации тканей вес Юки при жизни можно оценить в 350—400 кг.

Хорошо сохранился хобот Юки. Длина его от основания до кончика — 102 см. На концевой части имеются два пальцеобразных выроста (рис. 1а, б), совершенно не таких, как у современных слонов. Они гораздо длиннее, вырост задней поверхности хобота более широкий, а вырост передней более узкий, что типично для мамонтов (рис. 1в).

Это существенное отличие мамонта от современных видов слонов — результат жизни среди бескрайних тундростепей. Питались мамонты в основном травянистыми растениями



Фото: В. Г. Горохов



Фото: Е. Н. Машенко

1

*Голова мамонта Юки (а). На заднем плане — извлеченная из мягких тканей нижняя челюсть. Внизу — концевая часть хобота хатангского мамонта, найденного в 1924 году в среднем течении Колымы (экспозиция Зоологического музея РАН). Длинные отростки улучшали «мелкую моторику» хобота мамонтов, позволяя им собирать скудную растительность тундростепей*

и ветками низкорослых кустарников, а значит, им нужно было уметь захватывать хоботом именно мелкие объекты. Слоны тратят на сбор и поедание пищи 16—18 часов в сутки. Во-первых, пищи этим гигантам нужно много — 250—350 кг в день, а во-вторых, у слонов (и у мамонтов тоже) в отличие от жвачных животных нет усложненного кишечника, способного расщепить и переварить значительную часть питательных веществ из растительной массы. Слоны усваивают только 40—45% проглоченной еды. А при диете, состоящей из мелких растений, собрать достаточное количество пищи тем более непросто. Можно, правда, предположить, что какие-то особенности физиологии мамонтов, о которых мы пока не знаем, позволяли им не только выживать, но

и благоденствовать на тундростепном рационе в течение десятков тысяч лет.

Шкура Юки сохранилась достаточно хорошо. Кожа сразу после извлечения из мерзлоты была темно-бурой, а при высыхании приобрела более серый оттенок. На части нижней поверхности туловища и ногах осталась шерсть. Остевые волосы преимущественно светло-рыжего и соломенного цвета, подшерсток — белесый. На передних ногах, ниже локтевого сгиба, длина шерсти достигает 30—40 см (рис. 2, 3).

На правой стороне головы Юки четко виден глаз и наружное ухо (рис. 1а). Между ухом и глазницей — отверстие височной железы, органа, характерного для современных слонов. То, что она есть и у мамонтов, подтвердил голландский палеонтолог Дик Мольт (Dick Mol) только в 2006 году, при изучении головы взрослого самца — юкагирского мамонта. Позднее она была обнаружена и у других сохранившихся в вечной мерзлоте трупов мамонтов, в том числе у детенышей.



Фото: В.Г. Горохов



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

2  
*Ногтевые пластинки на правой передней стопе Юки*

Височная железа имеется у обоих видов современных слонов, африканского и азиатского. Одна из ее функций — выделение жидкого секрета, химический состав которого сообщает другим слонам о физиологическом состоянии данной особи. Мечение секретом височной железы веток и стволов деревьев позволяет передавать эту информацию не только членам своей группы, но и другим слонам, находящимся на данной территории. Интенсивность секреции выше у слонов с высоким социальным рангом (доминантных самцов, самок-матриархов — предводительниц семейных групп, состоящих из самок и детенышей) и ниже у субдоминантных особей.

Биохимический анализ гормонального состава секрета височной железы не проводился, однако известно, что выделение секрета увеличивается у самцов и самок, готовых к размножению, а также у кормящих самок. Понятно, что в сложной коммуникативной системе слонов височная железа наряду с другими гормональными органами играет важную роль как внутри группы, так и между особями из разных групп. Установлено, что структура популяций мамонтов была примерно такой же, как у современных слонов (подробнее см. об этом «Химию и жизнь», 2000, № 8). Можно предположить, что и секрет височной железы играл в их социальном поведении такую же роль.

Длина хвоста Юки — около 9 см. По сравнению с современными родственниками мамонты короткохвосты: даже у взрослого самца с реки Березовка (высота тела около 255 см) длина хвоста составила только 60 см, тогда как хвосты слонов могут быть длиннее

135 см. Укорочение хвоста — одно из приспособлений к холодному климату, уменьшающее теплоотдачу за счет уменьшения относительной площади поверхности тела. Все подобные изменения иллюстрируют экогеографическое правило, установленное Джоэлом Алленом в 1877 году: среди родственных форм теплокровных животных, ведущих сходный образ жизни, особи, которые обитают в более холодном климате, имеют относительно меньшие выступающие части тела — уши, ноги, хвосты. Кстати, уменьшение размеров ушей мамонтов — еще одно яркое подтверждение этого правила. Если у африканского слона длина уха вдоль его наружного края может быть больше 150 см, то у мамонта Юки она всего 17 см.

На передней поверхности стоп передних ног Юки по три ногтевых пластинки (рис. 2, 3); на задних ногах их по четыре



Фото: П.А. Лазарев

3  
*На передних ногах хорошо сохранилась шерсть*

— точно так же, как и у всех исследованных мамонтов, у которых сохранились мягкие ткани стоп. Ногтевые пластинки слонов иногда неправильно называют «копытами». Эти производные кожи состоят из того же вещества, что и ногти человека, — из белка кератина. На самом деле и передние, и задние стопы мамонтов и слонов пятипалые, но фаланги и ногтевые пластинки крайних боковых пальцев редуцированы. Интересно, что у мамонта эта редукция заходит немного дальше, чем у современных слонов, так что на задних ногах фаланги и часть костей предплюсны исчезают целиком. Кожа на подошвах очень толстая (2 см), изрезана глубокими трещинами, что обычно бывает у взрослых слонов. Диаметр передней стопы у мамонта Юки 24—26 см.

Таз Юки, сохранившийся отдельно от тела, достаточно крупный. Он соединен с крестцом очень прочными связками, хотя даже у взрослых мамонтов срастание крестца с тазом может вообще не происходить. Ширина таза по наиболее выступающим в стороны частям (буграм подвздошных костей) — почти 70 см. У слонов и мамонтов ширина туловища увеличивается по направлению от плеч к тазу: шире всего оно как раз в области бугров подвздошных костей. Таким образом, у Юки ширина тела могла быть 80—82 см при высоте в 160—165 см. Подобное соотношение пропорций указывает, что мамонт был уже не детенышем, а подростком.

Именно «подростковый» возраст Юки стал предметом наиболее острой дискуссии. До этой находки не было известно ни одного скелета мамонта близкого возраста, поэтому она и стала сенсацией для палеонтологов. Практически все, что удалось увидеть в морфологии и особенностях нового мамонта, исследователи видели впервые, но тем интереснее были результаты.

**Г.Г.Боесков, В.Плотников,  
Е.Н.Мащенко**

# Портрет подростка

Можем ли мы сейчас сказать, сколько лет было мамонту по имени Юка в момент гибели? И кстати, «он» это или «она»?

Хотя истинные размеры и некоторые морфологические особенности этого мамонта надежно установлены, определение его индивидуального возраста все еще вызывает большие трудности. Млекопитающие даже в пределах одного вида отличаются размерами. Изменчивость определяется разной наследственностью особей: детеныши различаются по величине уже при рождении и этот генетически обусловленный признак затем варьирует в зависимости от условий окружающей среды (даже крупный детеныш не достигнет максимального для своего вида размера при плохом питании). Вот почему невозможно судить о возрасте животного только по одним размерам. Нам пришлось прибегнуть к специальному методу, который используется для определения индивидуального возраста современных слонов.

У мамонтов, как и у большинства современных млекопитающих, зубы — своего рода паспорт, по которому устанавливается индивидуальный возраст. Зубы сменяются в течение жизни: у большинства млекопитающих есть зубы молочные и постоянные. Степень стертости зубов тоже зависит от возраста. Кроме того, слои дентина, заполняющие корневую полость зуба, показывают, сколько физиологических циклов или сезонов роста потребовалось для их формирования.

Со слонами и мамонтами все обстоит немного сложнее. Их четыре зуба, по

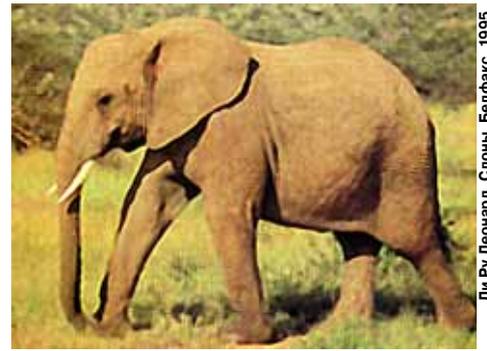
одному в каждой половине верхней и нижней челюстей, меняются в течение жизни пять раз — в той же половине челюсти по очереди вырастают шесть зубов. По мере того как функционирующий зуб стирается, зуб следующей смены постепенно выдвигается из глубины альвеолы. Сами зубы формируются (минерализуются) постепенно. Слои дентина в корнях зубов разных смен при этом показывают только те физиологические циклы, которые прошли за время существования конкретного зуба. К счастью, для азиатского и африканского слонов известно, в каком возрасте прорезается та или иная смена зубов и в каком возрасте зуб каждой смены достигает определенной степени стертости (Roth L.V., Shoshani J. «Journal Zoology» 1988, № 214, с. 567—588; Laws R.M. «East African Wildlife Journal», 1966, т. 6. с. 1—37). Методика определения индивидуального возраста по сменам зубов была перенесена на мамонтов с поправкой на то, что зубы первых трех смен у них стирались немного быстрее.

У Юки одновременно функционировало по два зуба с каждой стороны верхней и нижней челюстей: зуб третьей смены и зуб четвертой смены (рис. 1). Зуб третьей смены сильно стерт, от него осталась небольшая задняя часть коронки перед более крупным зубом четвертой смены. Будь Юка современным слоном, эта картина соответствовала бы 9,5—11 годам. Но, учитывая более быстрое стирание зубов первых смен у мамонтов, возраст нужно уменьшить на полтора-два года.

Размер стопы и рост Юки сравнили с аналогичными размерами у современного азиатского слона. Поскольку в Индии этот вид — домашнее животное, для него набрана статистика зависимости между этими двумя параметрами. У самок домашних азиатских слонов от 5—7 до 25—27 лет диаметр передней стопы и высота тела — 27—35 см и 195—252 см соответственно. У самцов 6—11 лет эти же размеры — 26—33 см и 192—233 см. Таким образом, уже к 11 годам самцы-подростки азиатского слона догоняют по росту взрослых самок.

Диаметр стопы Юки — 26 см, и это вместе с определением индивидуального возраста по смене зубов вполне соотносится с данными для самок-подростков азиатского слона (рис. 2). Высота тела, рассчитанная по формуле определения роста у азиатского слона ( $H = 2,03 \times \text{обхват стопы}$ ), составит 155—160 см.

Более чем скромные для мамонта размеры Юки позволяют предположить, что это самка. Пока международная группа исследователей из России, Нидерландов и США не проведет более подробное изучение этой удивительной



Лит. Ру Леонард. Слоны. Белфаст, 1995

2

*Шести-семилетняя самка саванного африканского слона, возраст и размер которой приблизительно соответствуют размеру и возрасту мамонта Юки*

находки, предположение останется гипотезой, тем не менее некоторые особенности строения черепа Юки подтверждают ее.

Из-за повреждений черепа мы почти ничего не можем сказать о бивнях Юки. Обломаны предчелюстные кости и частично повреждены отростки верхней челюсти, которые вместе с предчелюстными костями формируют альвеолы бивней. Однако по структуре верхней части внутреннего пространства предчелюстных костей, заполненных костными перегородками воздушных камер, становится понятно, что бивни у этой особи были либо очень небольшими, либо их не было вообще. Ячеистое строение внутренней части предчелюстных костей не совсем обычно для молодых и взрослых мамонтов: после достижения четырех-пятилетнего возраста все внутреннее пространство предчелюстных костей, до нижнего края носового отверстия (у слонов и мамонтов оно расположено в центре лба), представляет собой полую костную трубку альвеолы бивня.

Отсутствие бивней — очень редкая для мамонтов особенность. Без них в ледниковую эпоху было трудно выжить: бивнями они разгребали снег, добывая пищу. У самок бивни были тоньше и короче, у самцов значительно крупнее. У самцов современных слонов размер бивней — важный фактор полового отбора (при этом существует несколько популяций азиатского слона, в которых 90% и более самцов лишены бивней, например азиатский слон Шри-Ланки). Крупные самцы с большими бивнями имеют преимущество в столкновениях за самку. Видимо, так же обстояло дело и у самцов мамонтов, и это было одной из причин, вызвавших развитие гигантских бивней. Самый крупный измеренный бивень мамонта с Чукотки (с обломанной концевой частью) — 430 см в длину, а самый тяжелый бивень, хранящийся в Зоологическом институте, весит более 110 кг (рис. 3).

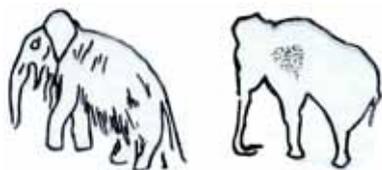
Фото: В. Г. Горохов



1  
*Функционирующие зубы в черепе (вид с небной поверхности) и нижней челюсти Юки*



3  
Один из крупнейших известных бивней взрослого самца мамонта: длина 310 см, вес более 110 кг (экспозиция Зоологического музея РАН)



4  
Верхнепалеолитические изображения взрослых мамонтов, не имеющих бивней, на стенах пещер: слева — Арси-сюр-Кер (Франция), справа — Эль-Пиндаль (Испания)

До сих пор палеонтологам не удалось найти ни одного черепа взрослого мамонта с полностью неразвитыми бивнями, хотя по рисунку человека верхнего палеолита известно, что такие особи существовали (рис. 4). Поскольку развитие бивней у самцов слонов и мамонтов контролируется помимо других факторов половым отбором, можно предположить, что немногие мамонты, не имеющие бивней, — скорее всего, самки.

В шесть-семь лет молодые слоны уже похожи на взрослых особей, но сохраняют некоторые «детские» черты (рис. 1). Внешний вид молодого мамонта из Якутии также включает характерные «подростковые» особенности. В их поиске палеонтолог отчасти напоминает криминалиста, восстанавливающего портрет человека по немногим известным деталям. Если говорить о черепе Юки, на ее молодость и принадлежность к прекрасному полу указывает небольшой, закругленный и направленный вниз носовой отросток. У слонов и мамонтов к этому отростку крепятся хрящи и связки основания хобота. У самцов он очень крупный и направлен вперед и вверх, так как основание хобота у них массивное и гораздо крупнее, чем у самок. И наконец, еще один небольшой штрих, показывающий, что Юка может быть самкой, — ровный, закругленный контур

Авторы глубоко сожалеют о преждевременной кончине сотрудника Института прикладной экологии Севера П.А.Лазарева, начавшего предварительное изучение мамонта Юки. Выражаем огромную благодарность художнику М.А.Пановой за возможность использовать графические реконструкции вымерших видов слонов, а также главе родовой общины «Юкагир» В.Г.Горохову (Республика Саха (Якутия)) за предоставленные фотографии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

мозговой части черепа с незначительным заглазничным сужением и маленькими заглазничными отростками.

Сложив всю эту мозаику из отдельных данных, зачастую понятных только палеонтологам, можно составить портрет этой молодой самки мамонта.

Причину гибели Юки пока нельзя установить точно. К сожалению, море каждый год на два, а то и четыре метра размывает Ойогосский яр, где было сделано открытие. Это значит, что нет возможности определить, погиб ли мамонт, провалившись в трещину, увяз ли в болоте или же с ним случилось что-то еще. До начала комплексного исследования этой уникальной находки можно лишь утверждать, что он не был убит хищниками. После гибели труп Юки был скрыт слоем мерзлых осадков от медведей, росомех, волков и песцов, которые не упускают возможности полакомиться мертвым мамонтом.

Большие надежды возлагаются на результаты палеоэкологических исследований Юки. В первую очередь интерес представляет содержимое кишечника и желудка. Поскольку пищеварение слонов и мамонтов не очень совершенно, часть остатков растений остается практически не поврежденной. По этим остаткам определяются виды растений, которыми питались мамонты. Растения же позволяют реконструировать условия жизни, климат и даже сезон гибели мамонта (если будут найдены плоды или семена, созревающие в конце лета или начале осени). Сравнивая виды растений из желудка мамонта и виды, которые встречаются на севере Якутии сейчас, можно судить о том, как изменилась окружающая среда за прошедшие тысячелетия.

При палеоэкологических реконструкциях любая мелочь имеет колоссальное значение — например, надкрылья жуков, которые могли запутаться и сохраниться в шерсти мамонта. Насекомые, как и млекопитающие, чутко реагируют на изменения климата, поэтому изучение их видового состава также помогает реконструировать климатические условия, существовавшие в далеком прошлом на севере современной Якутии.

Было бы интересно воспользоваться методом определения изотопов кислорода в костях и зубах Юки. Этот метод позволяет выяснить, насколько холодно было в эпоху жизни этого мамонта зимой и насколько тепло летом. Оказывается,



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

даже незначительное изменение среднегодовой температуры отражается на биохимических процессах организма, усваивающего то количество изотопов химических веществ, которое находится в окружающей среде. И эти изменения можно определить с большой точностью, исследовав ткани нашего мамонта. Конечно, уже отобраны и отправлены в лабораторию пробы тканей для радиоуглеродного датирования, которое относительно точно покажет дату гибели мамонта. А после всесторонних исследований Юка, несомненно, займет свое место в одном из музеев Якутска, известного во всем мире ценнейшими экспонатами плейстоценовых млекопитающих.

Итак, комплексные исследования мамонта по имени Юка дадут представление и о самом мамонте, и о мире, в котором он жил тысячи лет назад. Каждая такая находка дополняет наши знания о мамонтах, еще немного приоткрывая окно в прошлое, но в то же время приносит с собой и новые вопросы. Сто десять лет назад, в 1901 году, в Якутии был найден (а позднее исследован в Санкт-Петербурге) знаменитый березовский мамонт, названный в честь реки Березовки, притока Колымы. Находка была знаковой — с нее началось научное исследование сохранившихся в вечной мерзлоте трупов животных ледниковой эпохи. Недавняя находка, о которой мы рассказали в этих статьях, — новый и очень важный шаг на этом пути.

**Е. Н. Машенко, О. Р. Потапова, Ларри Агенброт**

### Что еще можно почитать о мамонтах

**Машенко Е. Н.** Детеныш мамонта с полуострова Ямал. «Наука и жизнь», 2010, № 9.

**Машенко Е. Н., Протопопов А. В., Плотников В. В., Павлов И. С.** Особенности детеныша мамонта (*Mammuthus primigenius*) с реки Хрома (Якутия). «Зоологический журнал». В печати.

**Марра А. Ч., Машенко Е. Н.** Древние слоны в мифах юга и преданиях севера. «Природа», 2008, № 11.

# Наш друг иммунитет

*Изнуренный мраком и холодом организм к концу зимы начинает сдавать, позволяя хворям одолевать себя. Его верный друг и страж — иммунитет — ослабевает, перестает справляться со своими обязанностями в должной мере. Что нового мы узнали об иммунной системе в последнее время и как можно ей помочь?*

Самая известная помощь иммунитету — прививки, в частности против гриппа. Вспышка этой болезни в 2009 году стала началом очередной «охоты» за универсальной вакциной. В отличие от обычных сезонных всплесков инфлюэнцы, тот вирус вызывал к жизни значительно больше антител весьма широкого спектра действия. У одного из пациентов представитель этого «воинства» — F16 — был способен инактивировать все 16 подтипов вируса гриппа А (наиболее распространенная разновидность вирусов, без которой не обходится ни одна эпидемия). Столь ценная находка была не случайной — специалисты из Института биомедицинских исследований в Беллинзоне (Швейцария) исследовали 104 000 белых кровяных клеток (В-лимфоцитов), взятых у восьми доноров, и в результате обнаружили ту единственную, что вырабатывала F16. Теоретически это дает надежду на создание универсальной вакцины против гриппа.

Вирус гриппа обладает необходимым арсеналом, чтобы играть с иммунной системой в интеллектуальные игры. На его поверхности есть два типа белков — нейраминидаза и гемагглютинин. Подбирая антитела против этих белков, организм не поспевает за быстрыми их мутациями, а потому антитела зачастую оказываются действенными лишь против единственной разновидности (штамма) вируса.

Поскольку существующие вакцины подражают природному вирусу, они оказываются в той же ловушке: если организму и удастся выработать антитела довольно широкого «радиуса действия», их поражающие способности все равно ограничены одним штаммом, и для подкрепления иммунитета большинству из нас приходится каждый год снова и снова болеть гриппом. Чтобы обойти эту проблему, следует посмотреть в буквальном смысле в корень — на ту часть гемагглютинина, что остается неизменной, даже когда вирус меняется. Именно туда направлено действие F16 и других схожих с ним антител. Использовать их можно и для пассивной иммунизации тяжелобольных пациентов, которым не помогают привычные противовирусные препараты, и в качестве образца для создания универсальной вакцины.

Впрочем, возможны и другие пути ее разработки. На макушке гемагглютинина есть крошечная выемка, за которую цепляются рецепторы клеток организма хозяина (именно так вирус распознает клетку и проникает в нее). Она имеется у всех 16 подтипов гемагглютинина, отличаясь лишь малыми модификациями. Углубление столь мало, что его никогда не рассматривали в качестве цели для вакцины. И кажется, напрасно.

Исследователи из университета Дарема в Северной Каролине (США) анализировали антитела, взятые у добровольцев в разное время после вакцинации. Одно из них — CN65 — показалось им чуть более эффективным, чем другие, и они отправили его для дальнейшего изучения коллегам в Бостон. «Воспитателем» иммунной системы считается тимус, или вилочковая железа. Здесь происходит обучение Т-клеток, призванных реагировать на патогены. Но где они получают



уроки толерантности по отношению к тем, кто заведомо не может причинить вреда, как, например, бактерии-симбионты? Поскольку такие бактерии обычно населяют кишечник и в этот же орган мигрируют Т-клетки, можно предположить, что там им и преподаются навыки терпимости.

В тимусе потенциально аутореактивные Т-клетки (распознающие антигены собственного организма) уничтожаются либо трансформируются в регуляторные Т-клетки. Этот процесс называют центральной толерантностью. В результате Т-клетки обучаются реагировать исключительно на недружественные антигены. Но такого переобучения оказывается недостаточно, и иммунная система использует для контроля за появлением потенциально аутореактивных клеток механизмы, происходящие на периферии (периферийная толерантность).

В кишечнике же, кроме собственных антигенов организма, есть немалое количество чужаков, в частности бактерий-симбионтов, которые вызывают активацию наивных Т-клеток. Одно из возможных последствий — воспаление кишечника. Поэтому для иммунной системы важно именно здесь установить еще один «пропускной пункт», где наивные Т-клетки обучаются толерантности, дабы избежать подобных «недоразумений». Данные исследований, проведенных в Йельском университете, Медицинском институте Говарда Хьюза и клинике Гамбургского университета, подтверждают: кишечник — олот периферической толерантности и его роль в воспитании иммунной системы весьма важна. Это объясняет многие известные факты. Например, у младенцев, появившихся на свет путем кесарева сечения, заселение бактериями кишечника происходит иначе, нежели у родившихся естественным путем. Известно также, что первые более склонны к аллергическим заболеваниям — уж не потому ли, что их Т-лимфоциты пропустили несколько важных уроков?

*Nicola Gagliani, Samuel Huber and Richard A. Flavell. The Intestine: where amazing things happen. Cell Research. Онлайн-публикация на сайте журнала «Nature» 20 декабря 2011 года, doi: 10.1038/cr.2011.204.*

Долгое время ученые использовали для доставки вакцин в организм ослабленные версии аденовирусов человека («дикие» аденовирусы вызывают, в частности, простудные заболевания). Специалисты из Оксфордского университета под руководством Пола Кленермана и их коллеги из Швейцарии выяснили, что аденовирусы шимпанзе тоже прекрасно справляются с этим. Ученые использовали их в качестве транспортного средства для вакцины против гепатита С.

Исследователи из Швейцарии выделили более двух десятков аденовирусов из тысяч образцов испражнений животных и выявили среди них тот, что вызывал самый бурный ответ Т-клеток иммунной системы мышей и низших (не челове-



кообразных) обезьян. Его можно рассматривать в качестве потенциального средства доставки вакцины против гепатита С. Британские ученые провели клинические испытания вирусного вектора и обнаружили у здоровых людей иммунный ответ, сравнимый с тем, что вызывала вакцина на основе аденовируса человека.

Вирусологи полагают, что аденовирусы шимпанзе можно использовать для доставки всевозможных вакцин — от противомаларийных до противораковых, а возможно, и для вакцины против ВИЧ. Они обладают важным преимуществом перед человеческими вирусами: у нас есть врожденный иммунитет против собственных аденовирусов, из-за этого действие вакцины на их основе ослабляется. Впрочем, ученые пока не решаются однозначно высказаться в пользу обезьяньих аденовирусов: получены предварительные данные, второй этап исследования только начался.

*Michael Houghton. Chimp Virus Makes a Savvy Vaccine Vector. «Science Translational Medicine» (4 January 2012), vol. 4, no 115, c. 115fs1, doi: 10.1126/scitranslmed.3003526*

*Novel Adenovirus-Based Vaccines Induce Broad and Sustained T Cell Responses to HCV in Man. Eleanor Barnes et al. «Science Translational Medicine» (4 January 2012), vol. 4, no 115, c. 115ra1, doi: 10.1126/scitranslmed.3003155*

Не исключено, что иммунный ответ организма на бактериальные инфекции зависит от обнаруженных иммунных клеток нового типа. До сих пор авангардом защитных сил организма считались нейтрофилы — атакующие и уничтожающие захватчиков, а организатором дальнейшего иммунного ответа, когда вырабатываются антитела к определенным патогенам, полагали В-клетки. Данные, полученные исследователями из Центра системной биологии в Бостоне, заставляют пересмотреть такую иерархию. Ключевую роль на начальном этапе формирования иммунного ответа они отводят В-клеткам.

Ученые выяснили это, пытаясь обнаружить источник фактора роста GM-CSF, активирующего иммунные клетки разных типов, в том числе нейтрофилы и макрофаги. Они вводили мышам бактерии, чтобы вызвать иммунный ответ, и использовали флуоресцентные антитела, которые связываются с GM-CSF. И неожиданно обнаружили искомым источник — необычные IRA-B-клетки, вырабатываемые в селезенке. (Название происходит от английского innate response activator — «активатор врожденного ответа».)

В эксперименте на мышах, лишенных этих клеток, зверьки, у которых начался сепсис — одна из форм иммунной реакции на инфекцию, — оказались не в состоянии бороться с инфекцией и чаще, чем в контроле, умирали от септического шока. Эти исследования углубили наше понимание механизмов врожденного иммунитета — модная тема после Нобелевских премий прошлого года.

*Innate Response Activator B Cells Protect Against Microbial Sepsis. Philipp J. Rauch et al. «Science», онлайн-публикация 12 января 2012 года, doi: 10.1126/science.1215173*

Иммунная система вовсе не обязательно защищает организм от внешних врагов, она, например, может участвовать в остановке женских «биологических часов». Специалисты из Нидерландов, Великобритании, США и еще 12 стран мира, ознакомившись с данными 43 геномных исследований менопаузы, выявили 13 участков, предположительно связанных с ее началом. Три из них «приютились» в генах, связанных с иммунной системой.

Пока нельзя утверждать, является ли иммунная система движущей силой этого процесса или она на подхвате у других биологических факторов. Ученые надеются найти точный ответ после серии новых экспериментов. Как бы то ни было, связь между овуляцией и иммунной системой нельзя считать неожиданной: женщины, у которых слишком рано наступает менопауза, часто страдают аутоиммунным заболеванием яичников.

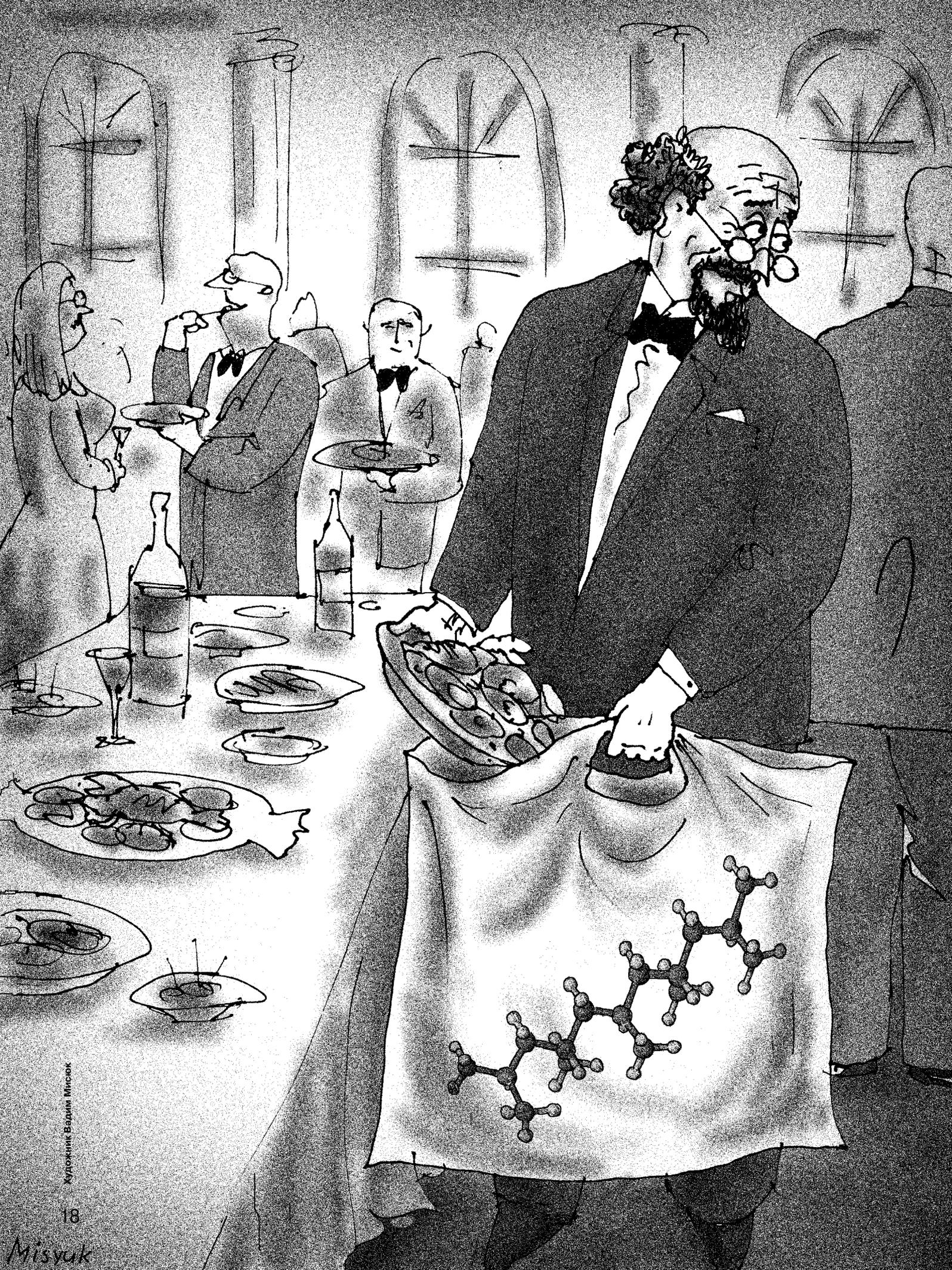
*Lisette Stolk et al. Meta-analyses identify 13 loci associated with age at menopause and highlight DNA repair and immune pathways. «Nature Genetics», онлайн-публикация 22 января 2012 года, doi:10.1038/ng.1051*

Вновь вернемся к прививкам — им посвящена недавняя публикация в «Journal of the American Medical Association» (2012, т. 307, с. 391—397). Ее авторы утверждают, что присутствие в крови ребенка перфторполимеров снижает эффективность вакцин против столбняка и дифтерии. Эти органические химические соединения, содержащие фтор, используют для упаковки пищевых продуктов и в промышленном производстве. Они присутствуют в организме многих животных и человека. Снижение эффективности вакцинации означает, что они воздействуют на иммунную систему. Ранее проведенные опыты на мышах уже продемонстрировали эту их способность. Теперь аналогичные данные получены при обследовании детей.

Это не первое химическое соединение, чье присутствие в организме сказывается на работе иммунной системы. Несколько лет назад та же группа ученых из Гарвардской школы здравоохранения в Бостоне (США) выяснила, что такое же действие, хотя и значительно более слабое, оказывают широко распространенные полихлорированные бифенилы. Каким образом они попадают в организм человека, до конца не ясно. Но это явление не столь уже редкое.

*Daniel Cressey. Manufacturing chemicals may damage the immune system. «Nature», онлайн-публикация 24 января 2012 года, doi:10.1038/nature.2012.9877*

Подготовила  
**Е. Сутоцкая**



# Средиземноморская диета для полимеров



В.Лешина

ТЕХНОЛОГИИ

На XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, который прошел в сентябре прошлого года в Волгограде, в числе иностранных гостей приехал профессор Козимо Карфанья из Института химии и технологии полимеров (Неаполь). В своем докладе он рассказал о двух направлениях исследований, существующих в его институте. Первое — использование природных антиоксидантов для стабилизации полимеров, второе — материалы, предназначенные для упаковки пищи, с антибактериальными природными добавками. Они прекрасно укладываются в современную концепцию устойчивого развития, предполагающую бережное сохранение окружающей среды для будущих поколений.

О том, как диета человека влияет на его здоровье и болезни, пишут много, причем на одну научную публикацию приходится несколько десятков научных и околонаучных материалов в СМИ. Например, ученые долго исследовали волююще отменное здоровье жителей Средиземноморья и Франции. Теперь научное сообщество пришло к единому мнению, и его тут же растиражировали журналисты: самые обычные компоненты средиземноморской кухни (фрукты, овощи, рыба, красное вино, оливковое масло) богаты антиоксидантами, которые улавливают свободные радикалы и тем самым предотвращают сердечно-сосудистые, онкологические и многие другие заболевания. Даже национальная жирная пища никак не портит здоровье французов, обильно запивающих ее красным вином. Именно красным, поскольку у жителей Эльзаса — восточной области Франции, граничащей с Германией, где традиционно делают и пьют главным образом белое вино, — в среднем регистрируют на 50% больше сердечно-сосудистых заболеваний, чем в остальных регионах Франции. Красное вино гораздо эффективнее, чем витамин E (альфа-токоферол),

препятствует окислению липопротеинов низкой плотности — того самого «плохого холестерина», ответственного за неприятности с сосудами, поскольку антиоксидантов в нем особенно много.

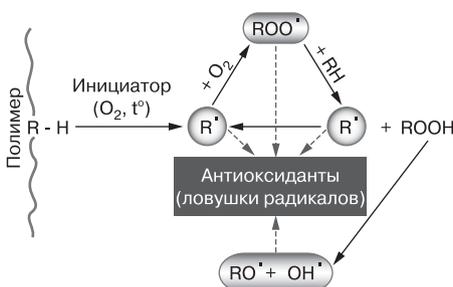
Откуда берутся эти вещества в овощах и фруктах? В процессе фотосинтеза, то есть превращения световой энергии в химическую, образуется довольно много свободных радикалов, от которых растению надо как-то защищаться. Это не для нас, а для себя они научились производить антиоксидантные пигменты, накапливающиеся в корнеплодах, фруктах, ягодах. Впрочем, это не единственная причина образования вторичных метаболитов — веществ, не таких необходимых, как белки, жиры и углеводы, но полезных для растения и для нас. Например, некоторые растения синтезируют их, чтобы защититься от паразитов и грибов (именно для этого в красном винограде образуется ресвератрол).

Подробно об антиоксидантах мы писали не раз, это большие классы сильно различающихся соединений (см. «Химию и жизнь», 2007, № 11): красные каротиноиды — длинные углеводородные цепочки с двойными связями; оранжевые, желтые, красные и фиолетовые флавоноиды (в том числе антоцианы и флавонолы). Общая формула флавоноидов — два бензольных ядра, соединенных трехуглеродным

фрагментом. Кстати, к этой же группе относятся многие полезные компоненты зеленого чая и соевых бобов. А есть еще витамины, токоферолы и многие другие классы антиоксидантов. Если вернуться к красному вину, то в него переходит целый набор флавоноидов и других полезных веществ даже не столько из сока, сколько из кожуры и косточек красного винограда. Активнейшие природные вещества также содержатся в красном перце, имбире, томатах, капусте (см. рис. на следующей странице).

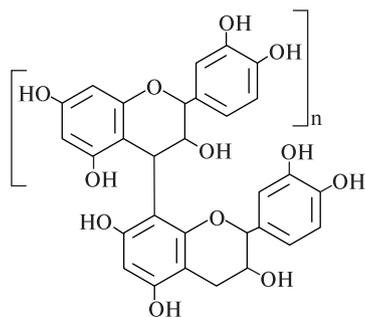
Теперь поговорим о материалах искусственного происхождения. Полипропилен — второй по объему производства полимер в мире, который широко используют в производстве упаковки и в сельском хозяйстве. Как и все полимеры, он подвержен старению. Свет, тепло, вода, кислород и химические загрязнители в воздухе — все эти факторы постепенно окисляют длинные молекулы, и соответственно ухудшаются потребительские свойства полимера — снижается прочность, теряется цвет. Окисление и деградация полимера происходят по радикальному механизму, то есть сначала образуется один активный радикал  $R^*$ , а потом и другие ( $RO^*$ ,  $ROO^*$ ), запуская дальнейшие реакции. Фактически все как в живом организме. Если добавить в полимер антиоксидант, то можно замедлить старение полимера, что обычно и делают при его производстве (рис. 1). В зависимости от природы химического соединения антиоксидант может стать ловушкой для пероксидных радикалов ( $R-O-O^*$ ), уловителем радикалов ( $R^*$ ) или разлагать уже образовавшийся пероксид ( $ROOH$ ).

Одни из самых распространенных антиоксидантов — это «Irganox 1010» и «Irgafos 168». Для стабилизации полиэтилена и полипропилена их используют одновременно, поскольку они усиливают действие друг друга. И тот, и другой вовсе не безвредны для окружающей

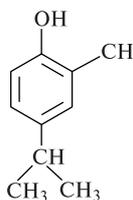


1 Старение полимера с образованием свободных радикалов. Антиоксиданты работают как ловушки, захватывая активные частицы и нейтрализуя их





2  
Проантоцианидины – флавоноиды, которые в избытке содержатся в коре сосны

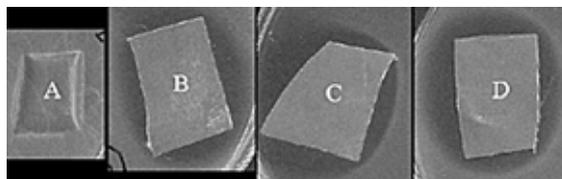


3  
Карвакрол – антисептик из орегано и тимьяна

красных или белых сортов винограда, а также из помидоров. Их сравнивали с образцом, в который добавили стандартную пару промышленных антиоксидантов «Irganox 1010» и «Irgafos 168». Об эффективности природных антиоксидантов судили с помощью двух тестов. Первый — хемилюминесценция, сигнал которой пропорционален степени окисления полимера (чем больше хемилюминесценция, тем больше деградация). Второй — тест OIT (oxidative induction time), который показывает, насколько продолжителен эффект стабилизации, то есть через какое время начнется деградация полимера в присутствии кислорода при заданной температуре.

Образцы с экстрактами, полученными из белого винограда и томатов, были стабильнее, чем чистый ПП без добавок, но все же уступали ПП с промышленными стабилизаторами. А вот полипропилен со стабилизаторами (1% от веса), полученными из красного винограда, не отстал от промышленного образца. Однако устойчивее всех оказался полипропилен с добавкой экстракта коры средиземноморской сосны. Экстракт из коры сосны — это сложная смесь биофлавоноидов, включающая олигомеры (цепочки, содержащие разное количество звеньев) проантоцианидина (рис. 2).

В первый раз состав этого полезного экстракта определил в 1947 году французский химик Жак Маскелье, прочитав о давней экспедиции на север Америки, которая выжила только благодаря тому, что пила настой коры сосны. Американские индейцы употребляли эту кору в пищу и как лекарство еще сотни лет назад. Кстати смесь проантоцианидинов есть также в косточках винограда, в вине, клюкве, яблоках, грушах и гранатах.



4  
В чашки Петри, где выращивали бактерии, поместили кусочки обычного полиэтилена (А) и полиэтилена с 10% карвакрола (В, С, D — соответственно *Brochotrix thermosphacta*, *Listeria innocua*, *Carnobacterium sp.*). Вокруг полимера с карвакролом вредные бактерии не растут (прозрачные круги — это агар-агар, не покрытый бактериальным газоном)

Второе направление модификации искусственных материалов — природные антибактериальные добавки. Они хорошо знакомы каждому из нас под названием «специи». Когда в Средние века пряности завезли в Европу, они получили широкое распространение не только потому, что делали вкус пищи пикантным, но и потому, что не позволяли развиваться гнилостным бактериям — холодильников-то еще не было.

Карвакрол — это производное фенола (рис. 3), которым богаты эфирные масла орегано, тимьяна, дикого бергамота и некоторых других растений. Он не только приятно пахнет, но и обладает антибактериальными свойствами.

Антибактериальные пищевые упаковки пытаются производить довольно давно. Ведь способность сохранять пищу свежей как можно дольше — не менее нужное качество, чем газо- и влагонепроницаемость, а также подходящие механические и термические свойства. Сейчас активно разрабатывают и сложные композитные материалы. Для этой цели предлагают различные варианты на основе полиэтилена низкой плотности и других полимеров с наполнителями и добавками: наночастичками серебра, оксида цинка и титана. Многие из них дают очень хороший эффект — например, наночастицы оксида цинка в полиэтилене продлевают хранение свежесжатого сока апельсина в такой упаковке до 28 дней.

Итальянские исследователи в качестве основы нанокompозита также взяли полиэтилен низкой плотности — у него неравномерная структура, в микропоры которой хорошо «укладывается» мелкодисперсный наполнитель. В качестве последнего использовали «Nanomer» — глинистый минерал монтмориллонит с модифицированной поверхностью. В нанонаполнитель добавили карвакрол

из орегано, чтобы придать всему материалу антибактериальные свойства.

Исследовались образцы пищевых упаковок из обычного полиэтилена низкой плотности (ПЭНП); ПЭНП с 5% добавлением по весу «Nanomer»; и ПЭНП с 5% «Nanomer» и 10% карвакрола. Разработчики проверяли эти материалы на прочность, выясняли, как они пропускают кислород, влагу и как на этих композитах растут различные бактерии. Добавка карвакрола повысила термическую стабильность и уменьшила газопроницаемость материала. С бактериальными свойствами все было так, как и ожидалось, — композит с карвакролом, очевидно, тормозил по сравнению с остальными рост болезнетворных бактерий *Brochotrix thermosphacta*, *Listeria innocua*, *Carnobacterium* (рис. 4). Предполагается, что карвакрол как производное фенола нарушает структуру липидной мембраны бактерий. Такие нанокompозиты будут хороши для упаковки пищи со всех точек зрения: они безвредны, пища в них станет медленнее портиться, к тому же и пахнуть упаковка будет не пластиком, а пряной травой.

Словом, у итальянских исследователей нет сомнений, что растительные компоненты можно и нужно применять в химической промышленности. А если упаковка все-таки закончит свою жизнь на дне океана, морским организмам натуральные компоненты тоже наверняка понравятся.

#### Литература

**P. Cerruti, M. Malinconico, J. Rychly, L. Matisova-Rychla, C. Carfagna.** Effect of natural antioxidants on the stability of polypropylene films. «Polymer Degradation and Stability», 2009, т. 94, с. 2095.

**P. Persico, V. Ambrogi, C. Carfagna, P. Cerruti, I. Ferrocino, G. Mauriello.** Nanocomposite polymer film containing carvacrol for antimicrobial active packaging. «Polymer Engineering & Science», 2009, т. 497, с. 1447..



ТЕХНОЛОГИИ



# Вездесущая реакция Майяра



Кандидат биологических наук

**О.В.Космачевская,**

Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН

*Все сознают, что нормальная и полезная еда — есть еда с аппетитом, еда с испытываемым наслаждением; всякая другая еда, еда по приказу, по расчету, признается уже в большей или меньшей степени злом...*

И.П.Павлов

Химия богата именными реакциями, их более тысячи. Но большинство из них мало о чем скажут человеку, далекому от химии, они для тех, кто понимает. Однако в этом богатом перечне есть одна реакция, с которой все мы сталкиваемся каждый день — всякий раз, когда подходим к плите, чтобы приготовить что-нибудь вкусненькое, или пьем утренний кофе с бутербродом, или пиво вечером с друзьями. Речь идет о реакции Майяра, которой в этом году исполняется сто лет. Во Франции в Нанси даже планируют провести юбилейный международный симпозиум, посвященный этой реакции.

За что такие почести? Чем она так примечательна? Да тем, что вездесуща и хорошо знакома каждому. Образование гумуса почв, угля, торфа, сапропеля, лечебных грязей происходит благодаря этой реакции. Но говорить мы будем о куда более привычных и привлекательных вещах — о незабываемом аромате свежезаваренного кофе, испеченного хлеба и жареного мяса, о золотистой поджаристой корочке на буханке и отбивной, об изумительном вкусе этих продуктов. Потому что все перечисленное — это результат реакции Майяра.

## Первая отбивная и революция

Сложно представить жизнь современного человека без кулинарии, а кулинарию без жарки, варки и выпечки, хотя все прочие живые существа обходятся без термической обработки пищи. Есть данные, что уже синантропы (*Homo erectus pekinensis*) использовали огонь, а современный *Homo sapiens* готовил на огне, что называется, с рождения. Так что любовь к жареному и вареному сформировалась очень давно. Но что заставило первобытного человека сунуть пищу в огонь, а потом съесть ее? И почему потом все начали есть обработанную пищу?

Вряд ли мы узнаем, когда и как это произошло. Видимо, по каким-то причинам сырое мясо попало в костер, зажарилось, а наши предки просто не смогли удержаться, чтобы не положить ароматные кусочки в рот. Понятно, что жареный кусочек по вкусу превзошел сырой даже без соли, кетчупа и приправ. Впрочем, понятно это только небиологам. В соответствии с теорией эволюции вкусно должно быть то, что полезно, что содержит ценные компоненты (избыток сладкого вреден, однако нашим предкам этот избыток не грозил). Почему вкусным кажется жареное — это нетривиальный вопрос. Может быть, как раз потому, что приготовленное легче усваивается и вкусовые рецепторы это чувствуют. И вскоре приготовленную пищу стали считать сакральной, «освященной огнем», ведь во время жертвоприношения, когда на огне сжигали потенциальную еду, ее часть в виде дыма возносилась в дар богам.

ЧТО МЫ ЕДИМ

Интересно, что, если бы нынешние человекообразные обезьяны умели жарить и парить, они непременно бы этим занимались. Антропологи Ричард Ранэм из Гарварда и Виктория Уоббер из Института эволюционной антропологии Макса Планка установили, что шимпанзе, бонобо, гориллы и орангутаны предпочитают приготовленную пищу сырой, будь то мясо, морковь или бататы. В чем тут дело — в мягкости готового продукта, его лучшей перевариваемости или его лучшим вкусе — непонятно. Хотя, как мы знаем, домашние животные тоже с удовольствием употребляют «человеческую» еду.

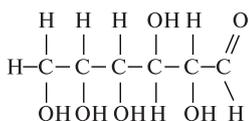
Так или иначе, огонь, сковородки, вертела и кастрюли стали главными инструментами поваров и хозяек, а вкусная теплая еда — одним из самых доступных удовольствий. Как писал Джером К. Джером, «чистая совесть дает ощущение удовлетворенности и счастья, но полный желудок позволяет достичь той же цели с большей легкостью и меньшими затратами».

Однако такой способ приготовления пищи породил куда более значимые, глобальные последствия. Существует любопытная теория, согласно которой термическая обработка пищи повлекла за собой антропогенетическую революцию и послужила отправным пунктом в культурном становлении человека. Наши предки были всеядными животными. Это давало несомненное эволюционное преимущество, поскольку разнообразие потребляемых продуктов было велико, но имело и минусы: сырая грубая пища усваивалась плохо, поэтому приходилось много есть, тратить много времени на добывание пищи. Специалисты подсчитали, что шимпанзе расходует на потребление пищи несколько часов в сутки, а современный человек — немногим более часа (долгие сидения в ресторанах и барах не в счет, здесь основное время уходит на общение). Получается, что термическая обработка пищи, резко повысив КПД переваривания, сократила потребность в ресурсах и подарила нашим предкам свободное время и энергию, которые могли быть затрачены на размышления, познание мира, творчество, создание орудий труда. Иными словами, приготовление пищи дало *Homo sapiens* возможность стать действительно разумным существом.

## О том, как сахара, жиры и белки встречаются на сковороде

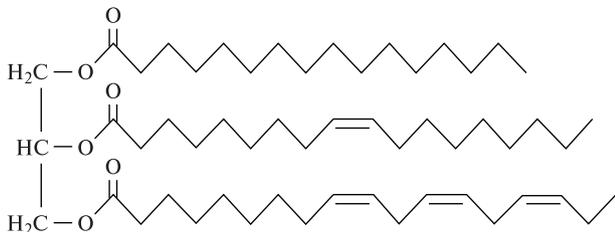
Стоит только представить хрустящую золотистую корочку на хорошо прожаренном мясе или буханке свежего хлеба, как начинают течь слюнки. Почему жареная еда такая вкусная и привлекательная на вид?

Три важнейших компонента входят в состав органики, употребляемой в пищу: углеводы, жиры и белки. Не буду останавливаться на биологическом значении этих веществ, поскольку для читателей «Химии и жизни» это очевидно. В данном случае нас будут интересовать некоторые особенности химического строения этих веществ. Углеводы, которые еще называют природными полигидроксиальдегидами и полигидроксикетонами с общей формулой  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$ , в составе своих молекул содержат не только гидроксильные группы —ОН, но и карбонильные С=О.



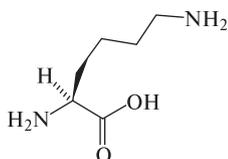
*Глюкоза (линейная форма)*

В молекулах природных жиров, триглицеридов (сложные эфиры глицерина и одноосновных жирных кислот) также обязательно присутствуют карбонильные группы.

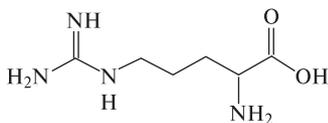


*Триглицериды*

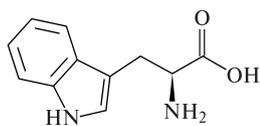
Белки устроены куда сложнее, это полимеры, цепи которых выстроены из самых разных аминокислот. Свойства белка напрямую зависят от того, какие аминокислоты и в какой последовательности его образуют. Среди 20 аминокислот, составляющих белок, есть несколько наиболее уязвимых с химической точки зрения: лизин, аргинин, триптофан и гистидин. Их молекулы содержат свободные аминогруппы (-NH<sub>2</sub>), гуанидиновую группу (-C(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), индольное и имидазольное кольца.



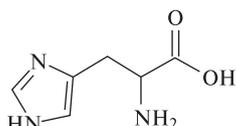
*Лизин*



*Аргинин*



*Триптофан*



*Гистидин*

Уязвимы они потому, что перечисленные группы даже в составе белковой молекулы легко вступают в реакцию с карбонильной группой (C=O) углеводов, альдегидов и липидов. (У других аминокислот аминогруппа вступает в реакцию, только если эта аминокислота свободная или концевая в полипептидной цепи.) Нужна лишь повышенная температура, огонь или плита. Эта реакция известна в пищевой химии как реакция сахароаминой конденсации, или как реакция Майяра.

История ее открытия — запутанное дело. Считается, что Майяр был первым, кто обнаружил активное взаимодействие сахаров с аминокислотами. Однако справедливости ради следует отметить, что впервые подобную реакцию наблюдали П.Брандес и Ц.Штоэр в 1896 году, нагревая сахар с аммиаком.

В 1912 году молодой французский врач и химик ЛуиКамилл Майяр начал изучать взаимодействие между аминокислотами и пищевыми сахарами, глюкозой и фруктозой. На исследование его вдохновило желание отыскать возможные пути синтеза полипептидов. В течение нескольких часов он кипятил водные растворы сахара или глицерина с аминокислотами и обнаружил, что в реакционной смеси образуются некие сложные соединения

желто-коричневого цвета. Ученый принял их за пептиды и поспешил опубликовать результаты в «Compte Rendu de l'Academie des Sciences». Однако это был тот случай, когда исследователь выдал желаемое за действительное — дело в науке обычное. Никакие экспериментальные данные не подтверждали это чисто умозрительное заключение. К чести Майяра, он это понял, продолжил исследования и уже в следующем, 1913 году обнаружил большое сходство образующихся коричневых пигментов с гуминовыми веществами почвы. Это были не пептиды, а что-то другое.

Эстафету исследований в этом направлении подхватили российские ученые из лаборатории физиологии растений Петербургского университета. Вскоре после Майяра, в 1914 году, С.П.Костычев и В.А.Бриллиант описали продукты, образующиеся в реакции между аминокислотами и сахарами в дрожжевом автолизате — продукте самопереваривания дрожжевых клеток. Русские ученые активно исследовали образование «новых азотистых соединений», окрашивающих раствор в темно-бурый цвет при добавлении глюкозы или сахарозы к дрожжевому автолизату, и доказали, что материалом для синтеза служат сахар и аминокислоты, которые с легкостью реагируют без вмешательства ферментов.

Из всех исследователей, занимавшихся этой проблемой, основные результаты все же были получены французским ученым, установившим, что взаимодействие кетогруппы (C=O) сахара с аминогруппой (-NH<sub>2</sub>) аминокислоты происходит в несколько стадий. Поэтому сахароаминая реакция известна под именем реакции Майяра. С 1910 по 1913 год французский ученый опубликовал около 30 сообщений, которые легли в основу его докторской диссертации «Генезис белков и органических материалов. Действие глицерина и сахаров на аминокислоты».

Но, как это часто бывает в науке, открытие Майяра не получило должного признания при его жизни. Только в 1946 году ученые снова заинтересовались этой реакцией. И сегодня о реакции Майяра мы знаем уже очень многое. Прежде всего это не единичная реакция, а целый комплекс процессов, которые протекают последовательно и параллельно без участия ферментов и придают реакционной массе коричневый цвет. Главное, чтобы в реакционной смеси присутствовали карбонильные группы (в составе сахаров, альдегидов или жиров) и аминогруппы (белки). Понятно, что такой букет реакций приводит к образованию многочисленных продуктов различного строения, которые в научной литературе обозначаются термином «конечные продукты гликирования». В эту группу входят и алифатические альдегиды и кетоны, и гетероциклические производные имидазола, пиррола и пиазина. Именно эти вещества — продукты сахароаминой конденсации — ответственны за формирование цвета, аромата и вкуса продуктов, подвергнутых термической обработке. Эта реакция ускоряется с повышением температуры и поэтому интенсивно протекает при варке, жарке и выпечке.

## Меланоидины: добро и зло

О том, что реакция Майяра прошла, можно судить по золотисто-коричневой корочке на хлебе, зажаренных рыбе, мясе, по коричневому оттенку высушенных фруктов. Цвет термически обработанному продукту придают темноокрашенные высокомолекулярные вещества меланоидины (от греческого «меланос», что означает «черный»), которые образуются на последней стадии реакции Майяра. Однако цвет стандартных меланоидинов — не черный, а красно-коричневый или темно-коричневый. Меланоидины образуют черные пигменты, подобные гуминовым веществам, лишь в том случае, если огонь был слишком силен или вы забыли о жарящейся на сковороде картошке, пироге в духовке и безнадежно сожгли их. Сам же термин «меланоидины» в 1897 году предложил О.Шмидеберг. (Кстати, «Химия и жизнь» однажды уже обращалась к теме меланоидинов; см. 1980, № 3.)

Кофе, какао, пиво, квас, десертное вино, хлеб, жареные мясо и рыба... Пока мы пьем и едим все это, реакция Майяра и ее продукты, меланоидины, с нами. Мы потребляем около 10 г меланоидинов каждый день, поэтому так важно знать об их пользе и вреде.

По химической сути меланоидины — это широкий спектр нерегулярных полимеров разнообразного строения, включая гетероциклические и хиноидные структуры, с молекулярной массой от 0,2 до 100 тысяч дальтон. Механизм их образования достаточно сложен и до конца не изучен — слишком уж много промежуточных продуктов, которые взаимодействуют между собой и с исходными веществами.

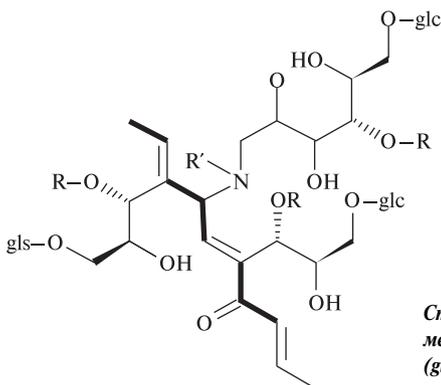
Образование меланоидинов сопровождается появлением множества ароматических веществ: фурфурола, оксиметилфурфурола, ацетальдегида, формальдегида, изовалерианового альдегида, метилглиоксаля, диацетила и других. Именно они придают незабываемый, аппетитный аромат свежее испеченному хлебу, плову, шашлыку... Еще в 1948 году создатель нашей лаборатории в Институте биохимии им. А.Н.Баха В.Л.Кретович (впоследствии член-корреспондент РАН) и Р.Р.Токарева обнаружили, что в растворах глюкозы в присутствии аминокислот лейцина и валина образуются специфические тона корки ржаного хлеба, а в присутствии глицина — карамельный аромат. Чем не способ получения вкусовых и ароматизирующих добавок?

Традиционные рецепты приготовления блюд и напитков включают стадии обработки пищи, на которых образуются меланоидины. Например, темные сорта пива своим насыщенным цветом обязаны меланоидинизированному солоду. А вкусовые добавки и ароматизаторы — это готовые продукты реакции Майяра, которые получают отдельно и добавляют в продукты и напитки в качестве естественных красителей и усилителей вкуса. Ароматизаторы и приправы для фастфуда — того же происхождения. Например, пищевую добавку с ароматом тушеной грудки получают микроволновой сушкой ферментативного гидролизата мяса говядины.

Однако вертится на языке вопрос — а не опасны ли эти вещества? Ведь только и слышишь: не ешьте жареного, в поджаристой корочке содержится всякая канцерогенная дрянь. Давайте разберемся.

Сегодня в научной литературе накоплено огромное количество данных о полезных свойствах меланоидинов — антиоксидантных, антимикробных, иммуномодулирующих, а также об их способности связывать ионы тяжелых металлов. Впервые антиоксидантная активность продуктов реакции Майяра была обнаружена в 1961 году в экспериментах с вареным мясом. Затем было показано, что вареное мясо ингибирует перекисное окисление липидов, а в роли собственно ингибиторов выступают меланоидины и мальтол, образующиеся в говядине при варке.

Сегодня ученые, исследующие природу антиоксидантной активности меланоидинов, предполагают, что она связана со структурой этих веществ, которые содержат систему сопряженных двойных связей в гетероциклических и хиноидных звеньях.



Структура фрагмента меланоидинового полимера (glc – остаток D-глюкозы)



## ЧТО МЫ ЕДИМ

Именно такая структура позволяет им обезвреживать свободные радикалы и захватывать металлы. И для организма это чрезвычайно полезно. Скажем, связывая железо ( $Fe^{2+}$ ), меланоидины не дают ему взаимодействовать с перекисью водорода в организме с образованием сильного окислителя и разрушителя — гидроксильного радикала ( $HO\cdot$ ). Также они могут восстанавливать пероксильные липидные радикалы ( $ROO\cdot$ ).

Еще одно достоинство — антимикробная активность. В недавно опубликованной статье в журнале «Food & Function» (Ulla Mueller et al. «Food & Function», 2011, vol. 2, 265—272) антимикробное действие меланоидинов кофе связывают с образованием в ходе реакции Майяра перекиси водорода ( $H_2O_2$ ), подавляющей рост бактерий *Escherichia coli* и *Listeria innocua*.

Исследование меланоидинов кофе, развернувшееся в последние годы, подталкивает ученых к мысли, что они могут уменьшать риск заболевания раком. Кроме того, они усиливают синтез ферментов семейства глутатион-S-трансферазы, которые обезвреживают различные ксенобиотики (Somoza V. et al. «Molecular Nutrition & Food Research». 2005, 49, 663—672). А группа ученых из Кореи, Японии и Германии в экспериментах на крысах показала, что аромат жареных кофейных зерен (результат реакции Майяра) изменяет работу некоторых генов и при этом в мозгу синтезируются белки, снижающие последствия стресса из-за лишения сна. Таким образом, научно доказано, что просыпаться на запах кофе полезно для мозга, а потому и приятно. Впрочем, это вовсе не означает, что кофе надо пить с утра и до вечера. Руководитель исследований невролог Йосинори Масуо из Научно-исследовательского центра технологий здравоохранения (Япония) считает, что можно просто понюхать кофе, вместо того чтобы пить (Han-Seok Seo et al. «Journal of Agricultural and Food Chemistry». 2008, 56 (12), 4665—4673).

Благодаря полезным свойствам меланоидины нашли применение не только в кулинарии и пищевой химии. В народной медицине с незапамятных времен используют целебные свойства этих веществ. Отвар ржаных колосьев применяют для лечения заболеваний органов дыхания как отхаркивающее смягчительное средство; припарки из ячменного солода рекомендуют при воспалениях кожи и геморрое; отварами ячменного зерна лечат заболевания желудочно-кишечного тракта, почек, мочевых путей и нарушения обмена веществ. В России XIX века был популярен так называемый госпитальный квас, который входил в рацион каждого солдата, выздоравливающего после ранения, для поднятия сил. Видимо, отсюда и поговорка «Русский квас много народу спас».

А что сегодня? Наружное антисептическое средство для лечения кожных заболеваний — «жидкость Митрошина» — представляет собой концентрат меланоидинов, получаемый термической обработкой овса, пшеницы и ржи. Препарат под названием «Холеф» (фехолин), густой экстракт из пшеничных зародышей, разрешен к применению для лечения больных с различными формами прогрессивной мышечной дистрофии. В Научно-практическом центре по животноводству Нацио-

нальной академии наук Республики Беларусь получили опытно-партию кормовой антиоксидантной добавки «Эколин-1», которая представляет собой композицию из гидролизатов ростков солода и торфа. В Ставропольском политехническом институте из отходов молочного производства сделали препарат «ПВ», рекомендованный для широкого применения в растениеводстве и животноводстве в качестве биостимулятора. К сожалению, все эти препараты выпускают локально и малыми партиями

Но вернемся к меланоидинам, которые мы едим. Они, надо признать, плохо расщепляются пищеварительными ферментами и не всасываются в желудочно-кишечном тракте. Казалось бы, минус? Не будем торопиться. Меланоидины выполняют ту же функцию, что и пищевые волокна, улучшают пищеварение и стимулируют рост бифидобактерий, то есть обнаруживают свойства пребиотиков. А это уже скорее плюс.

И все-таки откуда разговоры о канцерогенах? Дело в том, что при слишком высоких температурах в ходе реакции Майяра могут образовываться действительно токсичные или канцерогенные вещества. Например, акриламид появляется при запекании или жарке выше 180°C, когда происходит термическое разложение меланоидинов. Вот почему пережаривать не стоит. Но что интересно: исследователи выяснили, что некоторые продукты реакции Майяра стимулируют образование ферментов, участвующих в связывании токсинов, в том числе и акриламида. А в модельных экспериментах было показано, что высокомолекулярные меланоидины подавляют образование канцерогенных N-нитрозаминов (Kato H et al. «Agricultural and Biological Chemistry». 1987, vol. 51).

Конечно, к минусам можно приписать и то, что реакция Майяра снижает биологическую ценность белков, поскольку аминокислоты, особенно лизин, треонин, аргинин и метионин, которых чаще всего недостает в организме, после соединения с сахарами становятся недоступными для пищеварительных ферментов и, следовательно, не усваиваются. Но, согласитесь, стоит пожертвовать небольшой толикой аминокислот ради аппетитного вида, аромата и вкуса еды. Ведь без этих факторов, согласно И.П. Павлову, полноценное переваривание пищи невозможно. Еда должны быть вкусной!

Чтобы оценить вред или пользу меланоидинов, необходим комплексный подход к проблеме, учитывающий все факторы и детали, часто взаимоисключающие. Сделать это трудно. Но есть другой путь. Сегодня для реакции Майяра найдены катализаторы и ингибиторы, мы знаем, как влияют pH среды, температура, влажность, соотношение компонентов на ход этого процесса и спектр образующихся веществ. С этими параметрами обычно считаются при производстве пищевых продуктов. Иными словами, реакция Майяра становится управляемой, поэтому вполне возможно получать в процессе кулинарной обработки стандартные продукты, только с полезными для организма свойствами.

## Загар, тайнопись и плащаница

С реакцией Майяра мы можем встретиться не только на кухне. Если вы используете средства для автозагара (намазался кремом и без всякого солнца стал коричневым), то вы наблюдаете эту реакцию на своей коже. Действующее начало автозагара — дигидроксиацетон, получаемый из сахарной свеклы и сахарного тростника, а также ферментацией глицерина. Дигидроксиацетон или его производное эритролуза вступают в реакцию с аминокислотами белков кожного кератина, в результате чего образуются меланоидины, похожие на естественный пигмент кожи — меланин. В течение нескольких часов по мере образования меланоидинов кожа приобретает цвет натурального загара. Этой процедурой достаточно часто пользуются культуристы и фотомодели, которым нужно быстро приобрести красивый цвет кожи.

Считается, что в отличие от солнечных ванн автозагар позволяет получить естественный коричневый оттенок кожи без вреда для здоровья. Однако это не совсем так. У автозагара есть один недостаток: он не защищает кожу от воздействия ультрафиолетового излучения, как это делают естественные пигменты меланины. Но это полбеды, хуже другое. Меланоидины — фотосенсибилизаторы, при поглощении света они вступают в химические реакции, в частности, с образованием супероксидного анион-радикала ( $O_2^{\cdot-}$ ). Поэтому покрытая меланоидинами кожа более чувствительна к действию солнечного света. После 40 минут пребывания на солнце в такой коже образуется в три раза больше свободных радикалов по сравнению с необработанной кожей.

А вот еще одно старое применение реакции Майяра. Помните детский рассказ Михаила Зощенко «Иногда можно кушать чернильницы» о том, как В.И. Ленин, чтобы перехитрить надзирателей, писал молоком революционные тексты на страницах обычных художественных книг? Молоко — классические невидимые (симпатические) чернила. Чтобы проявить текст, написанный молоком, достаточно нагреть бумагу с посланием над свечой или прогладить утюгом. Невидимый текст станет видимым, коричневым. Что это, как не реакция Майяра — взаимодействие белков молока с молочным сахаром лактозой! Кстати, на роль симпатических чернил подойдут любые доступные вещества, содержащие карбонильные и аминные группы, например слюна, пот, сок лука и многое другое.

В итальянском городе Турине, в соборе Святого Иоанна Крестителя, хранится одна из самых почитаемых и загадочных христианских реликвий — Туринская плащаница, льняное полотно, в которое, по преданию, Иосиф из Аримафеи завернул тело Иисуса Христа после его снятия с креста. На этом полотне неведомым образом запечатлелись лик и тело Христа. Причина возникновения нечеткого желтовато-коричневого отпечатка остается и поныне загадкой (см.: Верховский Л.И. «Химия и жизнь», 1991, № 12; Левшенко М.Т. «Химия и жизнь», 2006, № 7). Есть несколько версий, за счет каких химических реакций получилось изображение. Однако камнем преткновения остается тот факт, что коричневый цвет находится только на поверхности волокон, остающихся внутри непрокрашенными. Очень похоже, что мы имеем дело с сахароаминой реакцией.

Химики Раймонд Роджерс из Национальной лаборатории Калифорнийского университета в Лос-Аламосе и Анна Арнольди из Миланского университета попытались в эксперименте воссоздать способ окраски полотна за счет сахароаминой реакции. Специально для этого эксперимента была изготовлена льняная ткань по технологии, описанной 2000 лет назад Плинием Старшим. Для осуществления реакции Майяра, как вы уже знаете, необходимы сахар и аминокислоты. Откуда на полотне сахар? Дело в том, что нити, из которых делали ткань, покрывали крахмалом, защищая их от повреждений. Готовую ткань отмывали в экстракте мыльнянки лекарственной (*Saponaria officinalis*), которая содержит сапонины — поверхностно-активные вещества. Они гидролизуют полисахарид крахмал до моно- и олигосахаридов: галактозы, глюкозы, арабинозы, ксилозы, фукозы, рамнозы и глюкуроновой кислоты. Поскольку ткань сушили на солнце, то вещества из промывочных вод концентрировались на поверхности волокон.

На ткань, изготовленную по описанной технологии, исследователи воздействовали продуктами разложения белков, содержащими аминокислоты, — путресцином (1,4-диаминобутан) и кадаверином (1,5-диаминопентан). Оба этих вещества называют «трупными газами», так как они образуются при разложении белков после смерти. На поверхность льняной ткани продукты гидролиза крахмала взаимодействовали с путресцином и кадаверином и получалась действительно поверхностная окраска. Так Роджерс и Арнольди подтвердили

гипотезу о сахароаминном происхождении изображения на плащанице и о том, что эта реакция действительно могла иметь место при обертывании тела в льняную ткань тех времен.

## Меланоидины у колыбели жизни

Учитывая легкость, с которой протекает реакция Майяра, можно предположить, что на заре возникновения жизни на Земле, в пребиотической гидросфере, то есть в первичном бульоне, взаимодействие сахаров с аминокислотами (альдегидов с аминами) шло активно и повсеместно. А это, в свою очередь, приводило к образованию меланоидиновых полимеров. Впервые мысль о том, что абиогенно образующиеся меланоидины могут быть прототипом современных коферментов, высказали Д.Кеньон и Г.Штейнман в 1969 году. И это предположение было сделано не случайно.

Дело в том, что в состав меланоидинов входят структуры с сопряженными двойными связями, придающие полимерам электрон-транспортные свойства. Поэтому меланоидиновые матрицы могут имитировать некоторые типичные биохимические реакции, протекающие в клетках: оксидо-редуктазные, гидролазные, синтазные и др. Кроме того, эти полимеры способны связывать тяжелые металлы, которые играют важную роль в функционировании многих ферментов. Вот почему образование подобных полимеров могло послужить отправной точкой в формировании основных типов биохимических реакций. А.Ниссенбаум, Д.Кеньон и Дж.Оро в 1975 году высказали гипотезу, что меланоидины — это протоферментные системы, игравшие роль матрицы в процессах зарождения жизни до возникновения систем с более высокой специфичностью.

В Институте биохимии им. А.Н.Баха РАН сотрудники лаборатории эволюционной биохимии на протяжении многих лет моделируют процессы предбиологической эволюции и исследуют роль меланоидиновых пигментов в усложнении углеродсодержащих соединений. Кандидат биологических наук Т.А.Телегина с коллегами в этих экспериментах доказала, что меланоидины обладают каталитической активностью, в частности содействуют образованию пептидных связей между аланинами. Меланоидиновые пигменты наносили на силикагель и помещали в кварцевую колонку, облучаемую ультрафиолетом, через которую циркулировал раствор аланина. В результате были получены ди-, три- и тетрааланиновые пептиды. Причем их концентрация оказалась в десять раз выше концентрации диаланина, который получали в эксперименте с немодифицированным силикагелем. Этот результат показал преимущество меланоидиновых матриц над неорганическими в процессе абиогенеза.

## Реакция Майяра и карбонильный стресс

Наш рассказ о реакции Майяра и ее продуктах был бы неполным, если бы мы умолчали о том, что эта реакция протекает и в организме человека. Впервые на это обратили внимание уже упоминавшиеся русские ученые П.А.Костычев и В.А.Бриллиант. В отличие от Майяра они проводили сахароаминную реакцию при более низких температурах, 30—55°C, и тогда предположили, что она, возможно, протекает и в клетках. Вот что они писали в своей статье в «Известиях Императорской Академии наук» в 1916 году: «Таким образом, аминокислоты реагируют с сахаром даже без вмешательства ферментов. (...) При современном состоянии науки было бы, конечно, совершенно произвольным отрицание за такими свободно происходящими реакциями физиологического значения, особенно если принять во внимание, что условия, необходимые для осуществления реакции между сахаром и аминокислотами, легко могут иметь место в протоплазме живых клеток, так как там вполне возможны концентрации участвующих в реакции веществ».



ЧТО МЫ ЕДИМ

Действительно, теперь доподлинно известно, что эта реакция протекает и в организме человека, способствуя развитию некоторых патологий. Сейчас внимание исследователей приковано к гликированию — неферментативной модификации биологических макромолекул по реакции Майяра, когда с белками взаимодействуют активные карбонильные соединения, накапливающиеся при перекисном окислении липидов и при диабете.

Из-за накопления активных карбонильных соединений, которое происходит по мере старения или при диабете, развивается так называемый карбонильный стресс. В первую очередь страдают, то есть гликируются, долгоживущие белки: гемоглобины, альбумины, коллаген, кристаллины, липопротеиды низкой плотности. Последствия самые неприятные. Например, гликирование белков мембраны эритроцита делает ее менее эластичной, более жесткой, в результате чего ухудшается кровоснабжение тканей. Из-за гликирования кристаллинов мутнеет хрусталик и, как следствие, развивается катаракта. Модифицированные таким образом белки мы можем обнаружить, а значит, они служат маркерами атеросклероза, сахарного диабета, нейродегенеративных заболеваний. Сегодня одна из фракций гликированного гемоглобина (HbA<sub>1c</sub>) — в числе основных биохимических маркеров диабета и сердечно-сосудистых заболеваний. Снижение уровня HbA<sub>1c</sub> на 1% уменьшает риск каких-либо осложнений при диабете на 20%.

У себя в лаборатории, в Институте биохимии им. А.Н.Баха, мы разработали экспериментальную систему, которая моделирует условия карбонильного стресса. В качестве активного карбонильного соединения мы использовали метилглиоксаль. Оказалось, что при взаимодействии лизина с метилглиоксалем получают свободнорадикальные продукты, способные восстанавливать окисленный гемоглобин. Благодаря этому оксид азота (NO) более эффективно связывается с железом гемовой группы, то есть происходит нитрозилирование гемоглобина. В некоторых случаях образуется нитригемоглобин, причем эти процессы могут происходить и непосредственно в крови, например, у больных диабетом. Особенности функционирования таких модифицированных гемоглобинов еще предстоит изучить.

Кстати, из-за образования нитриммиоглобина может происходить так называемое нитритное позеленение колбасы или ветчины, если нарушена технология обработки мяса нитритом натрия (пищевая добавка E250). Хотя обычно ее добавляют для придания мясным продуктам аппетитного розового цвета (не путать с позеленением, вызванным разрушением гемовой группы в результате обычной порчи продукта!).

Рассказ о реакции Майяра и меланоидинах подошел к концу. Хотя, возможно, это, как говорил Козьма Прутков, начало того конца, которым заканчивается начало. В статье лишь несколькими штрихами обозначена «вездесущность» реакции Майяра, однако мы надеемся, что у читателя сложилось первое представление о важности процессов, протекающих между сахарами и аминокислотами в природе.

Автор благодарит профессора А.Ф.Топунова и доктора биологических наук К.Б.Шумаева за помощь при подготовке и написании статьи.

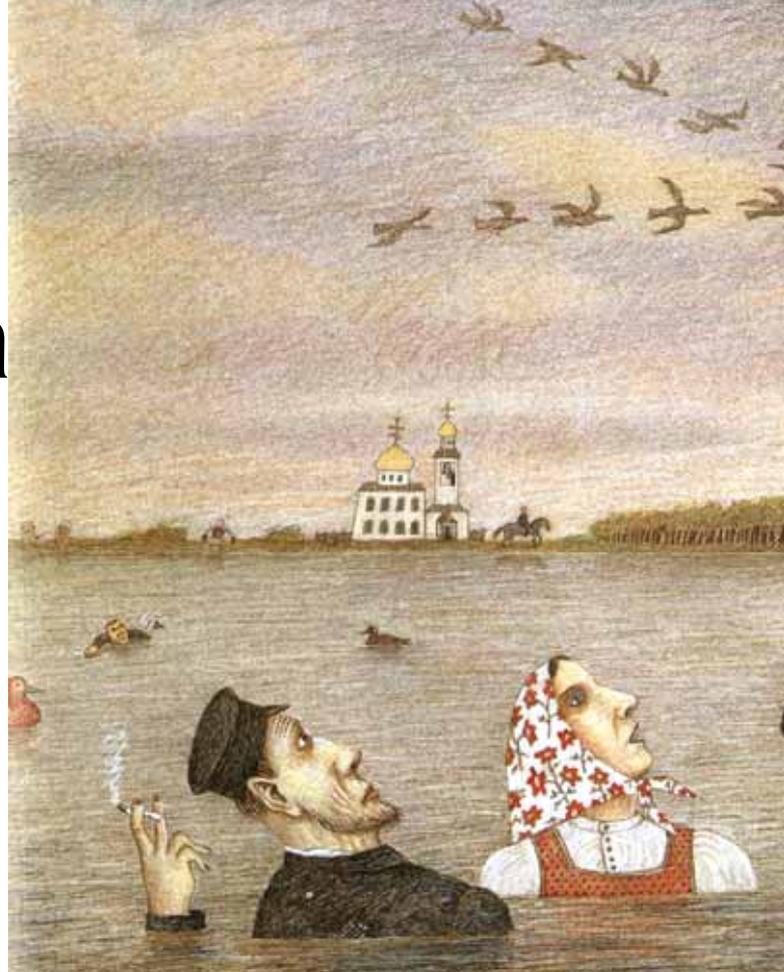
# Еще одна надежда человечества

Кандидат химических наук  
**В.В.Благутина**

В последнее десятилетие становится все очевиднее, что дешевая нефть почти выбрана, а разработка других месторождений требует не только больших вложений, но и новых технологических решений. Самый активный участник поиска альтернативных источников топлива — США. Они поставили задачу в ближайшее десятилетие резко снизить свою зависимость от импорта горючего, поэтому налаживают разработку подводных месторождений (кстати, это несомненно повышенный риск для окружающей среды — вспомним Мексиканский залив), добычу сланцевого газа, а также продолжают расширять производство биотоплива из кукурузы, рапса и других сельскохозяйственных культур (см. «Химию и жизнь», 2007, № 1). Хорошие инвестиции в исследования и планомерная работа дают свои плоды — по производству биотоплива США, пожалуй, впереди планеты всей, а биоэтанол уже отвоевал 10% их топливного рынка. Средний человек потихоньку свыкается с мыслью, что машину он скоро будет заправлять биодизелем, а электричество получать от солнца, ветра и, может быть, даже из водорода.

Однако с биотопливом из сельскохозяйственных культур есть очевидные проблемы. Во-первых, на его производство нужно немало энергии (по некоторым подсчетам, больше, чем дает само топливо), а во-вторых, растения, из которых его производят, занимают земли, пригодные для сельхозпроизводства. В 2005 году департаменты энергетики и сельскохозяйственных исследований США сделали ревизию всего сырья, пригодного для переработки в биотопливо, и по результату оценили объемы, на которые страна может рассчитывать ежегодно. Оказалось, что суммарно все сельскохозяйственные, лесные и бытовые отходы, а также посевы специальных культур, которые можно пустить на производство биотоплива, — это 1,6 млрд тонн каждый год, что соответствует теоретическому максимуму 437 млрд литров топлива. Между тем американцы одного только бензина потребляют 637 млрд, а еще США нужно каждый год 182 млрд литров дизеля и 91 млрд авиационного керосина. Понятно, что рапс, кукуруза и сахарный тростник с такой задачей не справятся.

В Национальном биоэнергетическом центре Колорадо, в национальной лаборатории возобновляемых источников энергии (NREL), П.Т.Пиенкос, Л.Лоуренс и Э.Эйдон активно работают над получением биотоплива из водорослей. Подобная крупная программа уже была реализована в США в 1978—1996 годах, но позднее к этому направлению утратили интерес. После ревизии ресурсов в 2005 году о водорослях вспомнили снова, причем не только в Америке. Ведутся исследования, и даже работают небольшие опытные установки и в других странах — Испании, Германии. Обнаружилось, что у водорослей по сравнению с масличными культурами, выращиваемыми для получения биодизеля, есть немало преимуществ.



Во-первых, в водорослях очень много липидов (в статьях о биотопливе их также называют жиры или масла, но, по сути, в этом случае химиков интересуют эфиры жирных кислот), прекрасного сырья для производства топлива, и это принципиальное преимущество. Из них, равно как из любого растительного масла, например рапсового или кукурузного, можно получить биодизель, причем выход получается гораздо больше (см. таблицу). Во-вторых, у водорослей высочайшая «урожайность» на один квадратный метр. В-третьих, поскольку они не относятся к основным пищевым ресурсам, их выращивание не мешает решению продовольственных задач. Кроме того, для выращивания водорослей подходит практически любая вода — пресная, соленая и даже сточные воды, и, помимо топлива, водоросли могут дать и другие полезные продукты.

Чтобы реализовать эти преимущества, ученым сначала предстоит решить много научных и технологических проблем. А именно: отобрать или создать наиболее продуктивные виды водорослей, разработать надежные методы их культивирования, найти более эффективные системы для извлечения липидов и других полезных продуктов из полученной массы.

## Из микроводорослей можно получить больше биотоплива, чем из наземных культур

Культура	Сколько литров биотоплива можно получить с га в год
Водоросли	22470
Пальма	7310
Сахарный тростник	5060
Соя	570



Художник В. Любаров



## ТЕХНОЛОГИИ

Содержание жира в водорослях может достигать до 50—60% от сухого веса клетки, причем если в наземных масличных растениях его способны вырабатывать только специализированные клетки, то у водорослей все клетки продуцируют нужную субстанцию. Лучше всего подходят для биотоплива именно триглицериды, поскольку из них получается больше биодизеля. Из этих сложных эфиров глицерина с помощью трансэтерификации — отщепления молекулы глицерина и превращения его эфиров в метиловые или этиловые — можно почти со стопроцентным выходом получить топливо. А вот из полярных липидов полезный выход дизеля всего 30—50%, поскольку у них только одна или две жирные кислоты связаны с глицерином, а значит, и метилового эфира жирных кислот получится меньше.

Состав веществ, которые синтезируются в клетке микроводоросли в процессе жизни, очень сильно зависит от ее вида и условий, в которых она растет. Нужные нам жирные кислоты — те самые блоки, из которых строятся все липиды, — образуются в хлоропластах с помощью ферментов. Когда клетки активно растут, все обменные процессы направлены на фотосинтез и производство биомассы (то есть рост), и при этом образуются в основном полярные липиды. Но как уже упоминалось, топливо из них получится максимум с 50%-ным выходом.

Когда клетки испытывают метаболический стресс, например им не хватает основных компонентов питания, их обмен веществ меняется: главной задачей становится не активный рост, а производство углеводов и триглицеридов — соединений, в которых можно «складировать» углерод. К сожалению, о механизме образования триглицеридов на молекулярном и клеточном уровнях известно не очень много. Когда тонкости природного процесса будут распутаны, возможно, станет понятно, как стабильно получать водоросли с высоким выходом нейтральных липидов.

Пока совершенно очевидно, что из клеток, находящихся в состоянии стресса, можно извлечь больше масла. Как установили в лаборатории NREL, например, микроводоросли *Chlorella vulgaris* (хлорелла обыкновенная) при нормальном росте давали 30% жиров от своей биомассы, а если их ограничивали в пище — 50%. Поскольку содержание жирных кислот в клетке, тесно связанное с потенциальным выходом топлива, может варьировать от 10 до 50% ее биомассы в процессе жизненного цикла. Отсюда и разница между тем, что реально получают из микроводорослей, и тем, что из них теоретически возможно получить.

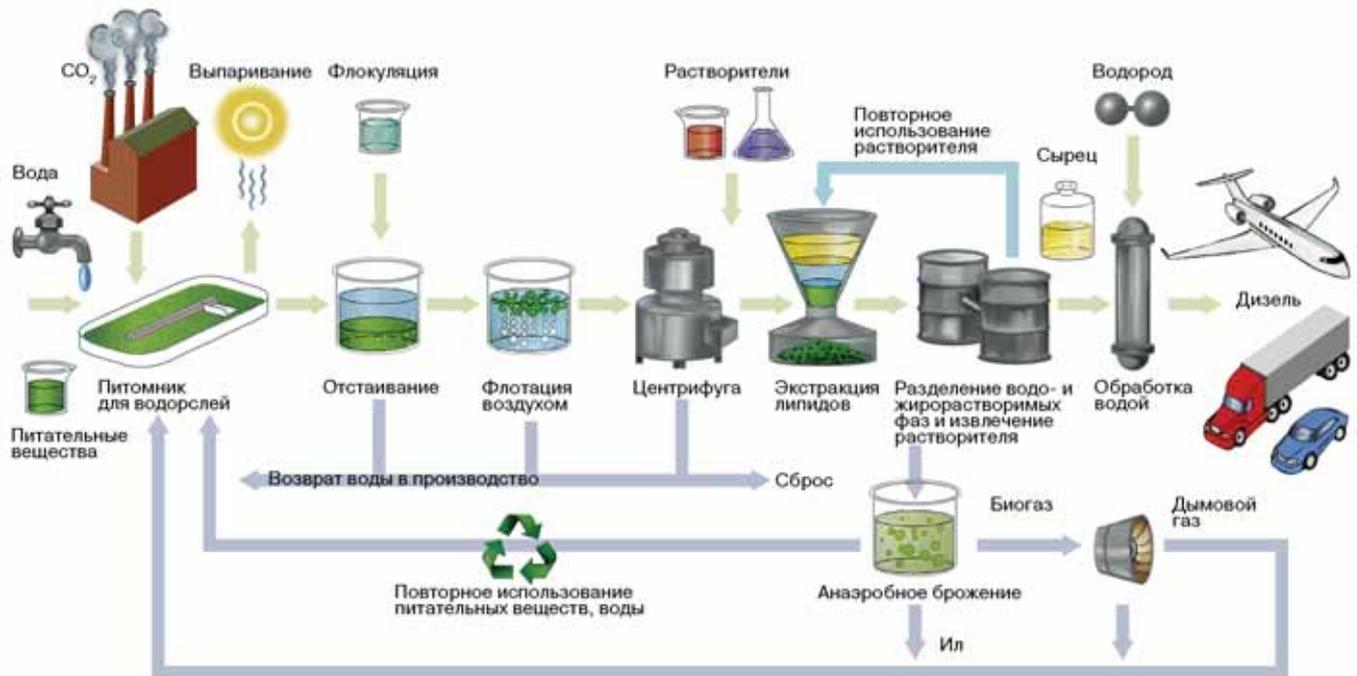
Жиры из клеток микроводорослей можно извлечь с помощью органических растворителей, а потом точно так же, как любое другое растительное масло, превратить в биодизель с помощью трансэтерификации. После этого удаляют глицерин и ненужные примеси (как правило, промывают водой и сушат) — собственно, биодизель готов. Если нужен бензин или авиационный керосин, то понадобятся дополнительные стандартные операции — крекинг и изомеризация. В результате получают топлива, очень похожие на нефтепродукты, поэтому их можно смешивать, а для любых последующих манипуляций с ними использовать существующую инфраструктуру.

Но главная задача — после всех манипуляций топливо из водорослей должно быть сравнимо по цене с топливом из нефти. В общем, работы много, но перспективы интересные.

## Маленькие лучше, чем большие

Для начала надо уточнить, о каких водорослях идет речь. Макроводоросли, растущие и в соленой, и в пресной воде, всем хорошо известны — многие их разновидности столетиями используются в пищу (морская капуста, нори, в которые заворачивают суши, те, из которых получают агар-агар, и другие). Сначала, в 80—90 годах XX века, именно на них пытались построить новую технологию. Но оказалось, что их слишком дорого собирать, да и получение масла обходится недешево. Сейчас перспективными считают микроводоросли — одноклеточные фотосинтезирующие микроорганизмы. Они истинные чемпионы по неприхотливости: для них подходят не только пресная и морская вода, но и гиперсоленые озера, пустыни и даже арктические воды. Микроводоросли можно разделить на два основных класса: эукариотические с органеллами (ядром, хлоропластами, митохондриями и прочим) и прокариотические, не имеющие ядра (цианобактерии, или синезеленые водоросли). Эукариотические водоросли, особенно зеленые, обладают замечательным свойством: они могут в избытке вырабатывать нейтральные липиды, в том числе триглицериды.

Вообще, наиболее распространенные типы липидов — это глицеролипиды, то есть сложные эфиры, которые содержат в молекуле остаток глицерина. Они бывают полярные (одна или две гидроксильные группы глицерина замещены жирными кислотами, а третья связана либо с остатками ортофосфорной кислоты, либо с остатками сахаров) и нейтральные (все гидроксильные группы глицерина замещены остатками жирных кислот). Последние, самые интересные с топливной точки зрения, называют триглицеридами (их формулу см. на 24 стр.).



Промышленная схема производства биотоплива из микроводорослей

После извлечения масла остается биомасса, состоящая из углеводов и белков. Американские исследователи полагают, что, если рассматривать ее как дополнительный сырьевой ресурс, это поможет сделать все направление рентабельным. Из углеводов можно получать метан или этанол, а белки использовать в производстве кормов для животных или даже человеческой пищи. Еще один ценный продукт водорослей, омега-3-кислоты и антиоксиданты, уже всю используют, поэтому рынок сбыта у них есть.

Американские специалисты в 2011 году оценили площадь земель и водоемов, где можно выращивать микроводоросли, и доступность для них воды (если они растут на земле в закрытых реакторах), углекислого газа и необходимых неорганических компонентов. Эффективность рассчитывали для средних темпов роста водорослей, среднего содержания липидов и существующих уже сегодня технологий переработки. Получилось, что американцы могут получать из водорослей почти 260 млрд литров биотоплива в год. А это уже объемы, сравнимые с теми, которые можно получить от всей выращенной наземной растительной биомассы.

## Новое сельское хозяйство

Конечно, на самом деле завтра эти миллиарды литров получить не удастся, поскольку сначала надо фактически создать новое сельское хозяйство, сравнимое по масштабам с тем, которое существует, например, для выращивания кукурузы. И это не так просто. Каждый человек знает, что водоросли растут в любом водоеме сами по себе. Но для стабильного производства недостаточно, чтобы они просто росли, необходим максимальный урожай, который не могли бы снизить вредители или патогенные микроорганизмы.

Большая часть американских исследований посвящена тому, как растут разные водоросли и сколько содержат липидов. Ученые отбирают среди природных штаммов самые устойчивые к паразитам и болезням и способные хорошо размножаться при обычных освещении, температуре и составе воды. Также они разработали специальную быструю методику, позволяющую оценить количество липидов, которое производят водоросли, и их состав — преобладают ли полярные липиды или полезные нейтральные.

Помимо уже упомянутой хлореллы, отобраны и другие эукариотические водоросли, например *Chlamydomonas reinhardtii*, а также виды, принадлежащие к родам *Scenedesmus* и *Nannochloropsis*. *Scenedesmus* не производит много липидов, но ее виды прекрасно изучены, включая геном, что дает простор для манипуляций геномным инженером. *Nannochloropsis* уже используют в опытных хозяйствах и фотобиореакторах, поскольку они производят много масла.

Многие исследователи пытаются также создать искусственные штаммы. Пока еще не до конца понятны биохимические основы липидной продуктивности, но, как только они выяснятся, ученые наверняка сконструируют идеальный вид, который производит много масла и в то же время удобен для массового выращивания. Попытки делают и сейчас — например, геномная модификация цианобактерии *Synechocystis* PCC 6803. Это наиболее изученная, способная к фотосинтезу и к гетеротрофии в темноте цианобактерия, которая легко трансформируется внешней ДНК (большой вклад в ее изучение внес доктор биологических наук С.В.Шестаков). Обычная цианобактерия не синтезирует триглицериды, а ее модификация с геном, ответственным за этот процесс, уже может это делать — она переориентирует свой метаболизм с производства углеводов на жирные кислоты.

Какими будут новые фермы для водорослей? Для массового разведения в принципе подходят две системы: открытый водоем и закрытый фотобиореактор. Водоем может быть мелким — 20—30 см, с небольшим перемешиванием или без него, это также может быть отгороженный участок канала. Открытые водоемы, конечно, дешевле, но в них водоросли плохо защищены от вредителей и патогенных микроорганизмов, попадающих из воздуха. Кроме того, у открытых водоемов, как правило, невелико соотношение «поверхность — объем», поэтому при большом количестве клеток и плохом перемешивании многие из них могут оказаться неосвещенными.

Закрытые фотобиореакторы делают из прозрачных материалов (стекла или пластика), причем конфигурация может быть различной: плоские панели, трубы, пластиковые сумки и прочие. Такие реакторы имеют более высокое соотношение «поверхность — объем», соответственно клетки в них лучше освещены. Кроме того, в закрытый объем не попадают нежелательные организмы, из них меньше испаряется вода — стало быть меньше ее потребуется для производства. Но в закрытой системе могут

быть проблемы с переносом углекислого газа, который нужен для фотосинтеза, нагреванием и отводом кислорода. Реакторы дороже, поэтому те фермы, которые разводят водоросли и получают из них пищевые добавки уже сегодня, предпочитают открытые водоемы.

Обе технологии имеют свои плюсы и минусы, но так или иначе, на сегодняшний день обе слишком дороги, чтобы производить топливо по конкурентоспособной цене.

Культивирование водорослей — лишь одна из технологических проблем. Ведь потом одноклеточную массу надо собрать и удалить из нее воду — только так можно хорошо извлечь триглицериды. Задача непростая, и вот почему. Даже при идеальных условиях выращивания получается максимум один-два грамма биомассы с одного литра культуры. (Для сравнения: при получении индустриального штамма *E. coli* «урожай» составляет 100 г на литр.) Поскольку плотность микроводорослей мала, их взвесь приходится концентрировать, перед тем как извлекать из них масло. Центрифуга — хорошее решение, но дорогое. Альтернативные, более дешевые методы, флокуляцию и флотацию, можно позаимствовать из методов очистки сточных вод. В первом случае к культуре добавляю органический полимер, который заставляет клетки слипаться и постепенно оседать вниз. Во втором пропускают через взвесь пузырьки воздуха, которые прилипают к плохо смачиваемым водой гидрофобным клеткам и заставляют подняться их к поверхности. Как флокуляция, так и флотация дешевле центрифугирования, но для них, возможно, потребуются другие штаммы, а значит, и другие условия роста, чтобы достичь того же результата, что при центрифугировании.

Однако и это еще не все. Как из сконцентрированных водорослей экстрагировать липиды? Пресс не подходит, они слишком малы. Гексан, которым экстрагируют масло из соевых бобов и других растений, не вполне эффективен, поскольку плохо проникает внутрь клетки. Приходится вводить дополнительные стадии — обработку ультразвуком или механическую гомогенизацию, разрушающую оболочку клеток. Кроме того, экстракт неизбежно будет содержать побочные продукты — пигмент хлорофилл, белки и гидрофобные углеводы, а нужны именно жирные кислоты. Поскольку это еще больше удорожает процесс, технологи пытаются придумать, как работать с влажными водорослями без промежуточных стадий, например как трансэтерифицировать сразу всю биомассу, до экстракции. Это даст более стабильный выход топлива.

## Экономические вопросы

Все описанные технические проблемы уже в какой-то степени решены на лабораторном уровне либо на стадии опытной установки. Но осталась главная задача: сделать весь процесс как можно дешевле, чтобы топливо получилось конкурентоспособным по цене.

За последние 20—30 лет оценочная цена биотоплива из водорослей менялась от супероптимистичной (меньше 23 центов за литр) до обескураживающей (больше 9 долларов за литр). На самом деле сделать правильную оценку и учесть все факторы довольно трудно. Даже когда находятся научные и технологические решения, не всегда бывает ясно, насколько они удешевляют процесс.

По последним расчетам специалистов той же лаборатории NREL, стоимость биодизеля с объекта, производящего 45 миллионов литров в год, может колебаться от 2,2 до 4,4 долларов за литр. Базовая модель для расчета включает выращивание водорослей, их сбор, концентрацию, экстракцию липидов и перевод их в топливо, а также получение метана из отработанной биомассы водорослей, чтобы частично покрыть расход энергии. Хотя на экономичность новой отрасли влияют многие параметры, основные из них — все-таки содержание липидов и скорость роста клеток. Увеличение того и другого заметно снизит цену.



## ТЕХНОЛОГИИ

Важнейший момент — использование биомассы, оставшейся после экстракции липидов. Как уже упоминалось, она состоит из углеводов и белка, а углеводы также превращаются в топливо (не только в метан, но и в биоэтанол). Эти технологии уже существуют, но ученые продолжают искать более эффективные решения. В январе этого года «Science» опубликовал статью исследователей из лаборатории биоархитектуры (BAL) Калифорнийского университета (Беркли), которые нашли способ превращения основного углевода из биомассы бурых водорослей альгината в этанол с помощью генно-модифицированной кишечной палочки *Escherichia coli*. Теоретически этот штамм *E. coli* можно модифицировать так, чтобы он производил и другие полезные химические соединения. У бурых водорослей немного другой биохимический состав, чем у тех, которые мы обсуждали, но тем не менее подобные результаты говорят о том, что эффективное решение — это вопрос времени.

Каким бы способом ни получали биотопливо, есть ключевые критерии, позволяющие оценить его производство — оно должно быть «устойчивым» и выгодным. «Устойчивый» — не совсем удачный перевод термина sustainable, который все же вошел в русский язык. Устойчивое развитие предполагает использование таких технологий, которые удовлетворяют потребности нынешнего поколения без ущерба для потомков. Об устойчивости говорят теперь все, кто занимается исследованиями, нацеленными на создание будущих технологий (см. в этом же номере статью «Средиземноморская диета для полимеров»). Один из критериев «устойчивости» — количество углекислого газа, которое выделяется на единицу энергии. При производстве любого биотоплива CO<sub>2</sub> не выделяется, а наоборот, поглощается в процессе фотосинтеза, поэтому во внимание надо принимать другие моменты. Например, положительным фактором считается использование только тех земель, которые не нужны для производства продуктов питания и где не надо рубить лес. Также важно, чтобы хватало неорганических компонентов, необходимых для роста водорослей (азота, фосфора и других). Особое внимание стоит уделить фосфору, которого, как считают многие, будет не хватать, и тогда водорослевая промышленность, возможно, начнет конкурировать за него с пищевой. И конечно, вода не должна быть в дефиците.

Очевидно, что на производство биотоплива не должно идти больше энергии, чем оно может дать. Как показывают незатихающие дебаты по поводу этанола из кукурузы, общие затраты чрезвычайно сложно посчитать. С биотопливом из микроводорослей это сделать еще труднее — слишком много допущений и приближений. А правильная оценка очень важна, ведь только тогда будут оправданы огромные вложения в исследования и развитие этой области. Тем более что о коммерческой реализации можно будет говорить не раньше, чем через 5—10 лет. Но если правы окажутся оптимисты, работающие над этими проблемами, то, возможно, человечество действительно получит хороший возобновляемый ресурс энергии.



# Активность на северном фронте

Кандидат  
физико-математических наук

**С.М. Комаров**

*Зимы ждала, ждала природа.  
Снег выпал только в январе  
На третье в ночь.  
А.С. Пушкин. Евгений Онегин.*

## Холодная зима жаркого лета

Когда в середине декабря 2009 года участники копенгагенской Конференции ООН по изменению климату рассказывали о глобальном потеплении, продрогшим от небывалого для Дании холода журналистам, противники антропогенной гипотезы отпустили немало ехидных шуточек. Мол, у кого-то там потепление, а у нас самое что ни на есть похолодание. Следующие зимы, 2009—2010, 2010—2011 и 2011—2012 годов, когда обитатели средних широт смогли получить полное удовольствие от устойчивой морозной и снежной погоды, подтвердили, что шуточки были не напрасными. Тем более что и снег падал весьма обильно там, где его раньше не особенно привыкли видеть, например в Нью-Йорке, Стамбуле) или индийском Кашмире. Естественно, климатологам, чтобы не потерять лицо, нужно было найти причину столь разительного несоответствия концепции глобального потепления и морозной действительности. В частности, эти делом занялся творческий коллектив, который возглавил доктор Джуда Коген из «Atmospheric and Environmental Research, Inc.». Эта частная компания с 1977 года специализируется на предсказаниях погоды по спутниковым данным и разработке соответствующего программного обеспечения. А помогали ему коллеги из университетов Массачусетса и Аляски. Общий вывод их работы, опубликованной в журнале «Environmental Research Letters» (2012, т. 7, № 1; doi:10.1088/1748-9326/7/1/014007), таков: холодные зимы — следствие теплого лета и жаркой осени. Поэтому с развитием глобального потепления зимы в средних широтах Евразии и на востоке Северной Америки будут все злее и снежнее.



Фото ЕКА

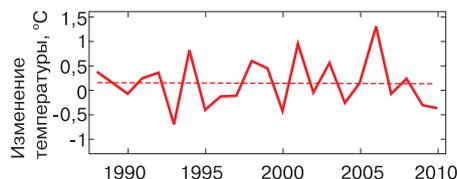
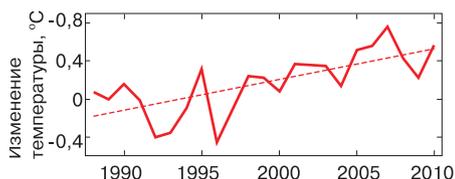
К такому парадоксальному выводу исследователи пришли, проанализировав данные об изменении различных климатических параметров, в том числе спутниковые измерения температуры поверхности планеты в Северном полушарии от полюса до 20-й параллели за период с 1988 по 2010 год, аэростатные измерения влажности воздуха главным образом над территорией Сибири севернее 55-й параллели, измерения площади льдов в Северном Ледовитом океане и снежного покрова в Евразии. Расчет корреляций между ними позволил построить рабочую гипотезу, объясняющую механизм явления.

## Зимнее похолодание

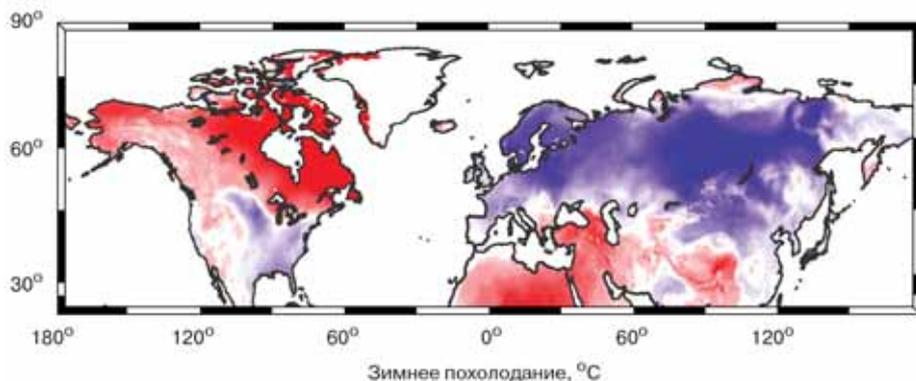
Если посмотреть на зависимость среднегодовой температуры от времени, то, как и следовало ожидать, получается глобальное потепление: она растет в

*В сентябре 2011 года площадь льдов в Северном Ледовитом океане вплотную приблизилась к историческому минимуму, зафиксированному в 2007 году*

Северном полушарии со скоростью 0,33 градуса за десятилетие. При этом, как нетрудно заметить из рис. 1а, в XXI веке скорость явно увеличилась: минимумы на кривой температуры раз от раза становятся все выше и выше, то есть даже холодный год оказывается чуть ли не теплее теплого столетней давности. Однако если вычленишь из этой кривой данные только для зимних месяцев — декабря, января и февраля (рис. 1б), то окажется, что никакого потепления нет. Температура то ли растет с пренебрежимо малой скоростью 0,05 градуса в десятилетие, то ли вообще падает со скоростью 0,01 градуса — в зависимости от используемого массива данных



1  
Спутниковые данные показывают, что в Северном полушарии наряду потеплением хорошо видно, если судить по среднегодовой температуре (слева). Зимой же его заметить нелегко (справа)



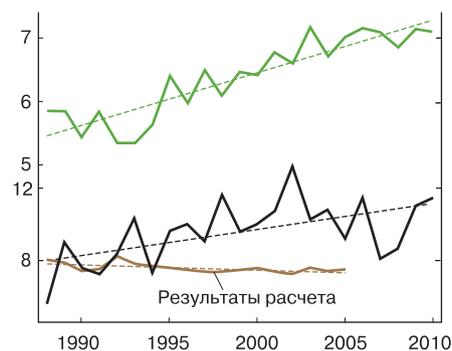
2  
Скорость зимнего похолодания в средних широтах Северного полушария местами достигает двух градусов в десятилетие

наблюдений. При этом расчет по климатическим моделям дает заметное зимнее потепление с десятикратно большей скоростью:  $0,51 \pm 0,28$  градуса за десятилетие! Если же построить карту скорости изменения температуры в зимнее время, то окажется, что на огромных территориях наблюдается вовсе не пренебрежимо малое, а очень заметное зимнее похолодание (рис. 2). Быстрее всего, со скоростью два градуса за десятилетие, оно идет в обширных районах за Уралом и в районе Смоленска. Однако и далеко на юге, например в тропических районах Китая южнее Янцзы и в долине Инда, зимняя температура тоже заметно падает. В Северной Америке зимнее похолодание менее выражено, его скорость не превышает одного градуса в десятилетие, а охватывает оно область от Великих озер до Флориды и от Атлантического океана до Скалистых гор.

Интересно, что к северу от Великих озер, в Гренландии и на арктических островах Канады наблюдается сильнейшее зимнее потепление со скоростью два градуса в десятилетие. На севере Таймыра и Ямала оно тоже есть, но менее выражено — скорость не превышает одного градуса. Получается, что полюс нагревается, причем делает это осенью и за счет средних широт. Осенний нагрев полюса, естественно, приводит к таянию льда в Северном Ледовитом

океане. Сентябрь (когда площадь арктического льда меньше всего) ставит рекорд за рекордом: абсолютный минимум был в 2007 году — 4,14 млн. км<sup>2</sup>. 2011 год ушел недалеко — 4,34 млн. км<sup>2</sup>. Расчет показывает, что при продолжении этой тенденции к 2100 году Северный Ледовитый океан будет летом полностью свободным ото льда. Однако сравнение расчетных и измеренных данных о толщине льдов за тридцать лет наблюдений показывает, что это весьма оптимистическая точка зрения: скорее всего, лед растает гораздо раньше («Journal of Geophysical Research», 2011, т. 116, doi:10.1020/2011JC007110).

Казалось бы, чем дальше на юг от полюса, тем поверхность Земли должна нагреваться все сильнее, приводя к



3  
И влажность атмосферы в Арктике (верхний график), и площадь октябрьского снежного покрова в Северной Евразии вот уж четверть века стабильно растут



## ЦИКЛ ЗЕМЛИ

уменьшению площади снежного покрова. Собственно, именно так и получается при расчетах климата: скорость уменьшения составляет 0,29 млн. км<sup>2</sup> в десятилетие. Однако реальность полностью опровергает эту точку зрения (см. рис. 3). Площадь Евразии, засыпанная снегом в октябре, растет со скоростью 1,46 млн. км<sup>2</sup> в десятилетие, достигнув в 2010 году значения около 11 млн. км<sup>2</sup>, причем главным образом этот рост идет за счет Сибири. Причину сибирских снегопадов выяснить не столь уж трудно. При осеннем таянии льда в океане обнажается относительно теплая поверхность воды. В результате увеличивается испарение и возрастает влажность нижних слоев атмосферы — со скоростью 0,54 кг/м<sup>2</sup> в десятилетие, причем местами — у берегов Новой Земли или в устье Оби — скорость оказывается в четыре раза больше. Больше влаги в воздухе — небо над Арктикой чаще покрывается тучами, из них выпадают осадки, где-то дождь, а там, где похолоднее, — снег. Больше влаги — больше снега, его покров по мере освобождения океана ото льда продвигается все дальше на юг. А снег — это отличный отражатель солнечных лучей. Они подогревают сначала тропосферу, а потом и стратосферу, что вызывает изменение всей системы циркуляции воздуха в Северном полушарии. Тот факт, что наблюдаемое невооруженным глазом зимнее похолодание в средних широтах держится уже третий год подряд, позволяет дополнить рассуждения Когена с коллегами предположением, что такое изменение носит пороговый характер: действующий фактор превысил некое критическое значение и эта циркуляция вышла на новый устойчивый режим, тем более что прекращения таяния льдов в океане ожидать не следует.

## Игры циклонов

В чем особенности этого режима? Что-бы разобраться в них, надо вспомнить, как формируется климат в Северном полушарии.

В соответствии с вращением Земли, воздушные массы у нас перемещаются с запада на восток. Этот факт был уста-

новлен еще на заре научной метеорологии: во время челночных бомбежек фашистской Германии летчики дальней авиации союзников заметили, что перелет с английских аэродромов на советские занимает меньше времени, чем полет обратно, из-за попутного ветра. С этим же ветром на Евразию обычно надвигается и влажный теплый воздух Атлантики в виде областей низкого давления — циклонов. По мере преодоления препятствий вроде Альп или Карпат он охлаждается и выпадает осадками. Если других препятствий нет, то атлантические осадки выпадают более-менее равномерно по всей Европе чуть ли не до Урала. Когда же на пути встает область высокого давления — антициклон, — да еще состоящая из холодного воздуха Арктики, то на линии фронта случаются ливни и снегопады, серьезно осложняющие жизнь людей в прифронтовых районах. А дальше на восток тучи не проникают, и там устанавливается солнечная сухая погода.

Восточным переносом воздушных масс управляет давление, которое распространено по атмосфере полушария весьма неравномерно. Зимой над полюсом, где царит ночь, возникает область высокого давления с крайне холодным воздухом. Она окружена полярным вихрем — областью низкого давления. А еще южнее, в районе 40-й параллели, располагается система из трех мощных антициклонов. Самый сильный формируется над Восточной Сибирью и Монголией, его центр расположен в районе Байкала. Этот антициклон обеспечивает на огромной подконтрольной ему территории сухую морозную погоду. Весьма силен и Азорский антициклон, располагающийся над Атлантикой с центром между Азорами и Бермудами. Третий, самый слабый, Канадский, находится в районе североамериканских Скалистых гор. Воздух в средних широтах перемещается фактически в ложбине, образованной этими четырьмя областями высокого давления. Изменения ее геометрии могут нарушить это естественное течение, и тогда возникают всевозможные климатические аномалии.

В численном виде глубину ложбины можно выразить разницей атмосферного давления в районе 37—40-й и 60-й параллелей. Разница эта постоянно изменяется, и для оценки этих изменений введено понятие «арктической осцилляции». Первоначально, с середины 20-х годов XX века, ее под названием «североатлантическая осцилляция» измеряли по разнице данных метеостанций на Азорских островах (где стоит устойчивый антициклон) и в Исландии (область стабильного циклона). Однако в пятидесятых годах стало ясно, что по-

добное колебание давлений управляет погодой не только в северной Атлантике, но и во всем полушарии. При положительной осцилляции полярный вихрь силен, теплый атлантический воздух свободно движется на восток, а холодному арктическому воздуху не удается проникнуть далеко на юг. В Европе устанавливается холодное дождливое лето или теплая снежная, а порой и дождливая зима. Именно такая ситуация преобладала с середины 70-х годов, когда после кратковременного похолодания наступил современный нам период ускоренного глобального потепления. А в 90-х годах начались перемены: сперва средняя за год осцилляция занулилась, а теперь в среднем стала отрицательной. Это уже совсем иная ситуация: сильной области высокого давления над полюсом не составляет особого труда заставить воздух двигаться вдоль меридиана и прерывать его движение вдоль параллели. Образуются устойчивые области высокого давления в виде идущих от полюса языков, заполненных холодным арктическим воздухом. Итог — мороз и солнце в Европейской части нашей страны, обильные снегопады и холод на запад и юг от Карпат, снегопады и морозы в Нью-Йорке и Вашингтоне, на севере Китая и Индии.

Отраженное октябрьскими сибирскими снегами тепло играет, по мнению Когена и его коллег, главную роль в формировании отрицательной арктической осцилляции. Во-первых, это проявляется в статистике: зимние холода сильнее всего коррелируют именно с площадью снежного покрова в октябре. Эль-Ниньо же и другие факторы, на которые любят ссылаться многие метеорологи, проявляют себя несравнимо бледнее. А во-вторых, можно предложить механизм, описывающий эту зависимость. Чем больше в октябре площадь снежного покрова, тем сильнее он отражает солнечный свет и нагревает тропосферу. (Не будем забывать еще и о скрытой теплоте кристаллизации, выделение которой в снеговой туче растет по мере увеличения мощности снегопада.) За ноябрь — декабрь тропосфера над снежным полем прогревается так сильно, что возникает мощный восходящий поток тепла, затрагивающий вышележащий слой — стратосферу. Мощность такого потока к январю оказывается столь высокой, что тепло не успевает рассеиваться и возникает известное в метеорологии явление — аномальный нагрев стратосферы. В итоге полярный вихрь разрушается, препятствие для холодного полярного воздуха ослабляется, монгольский антициклон усиливается и распространяется далеко на запад и юг, блокируя восточный перенос

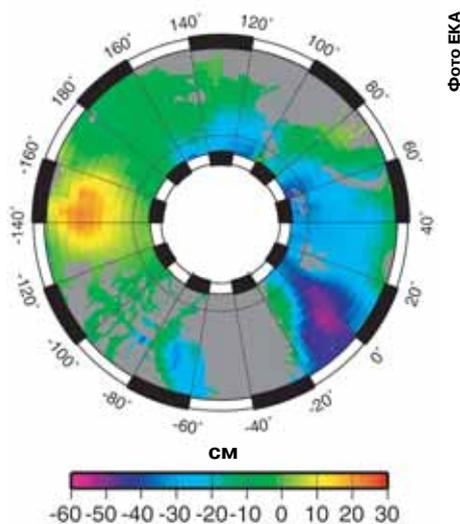
воздушных масс и создавая встречный поток с сухим и холодным восточным или северо-восточным ветром. В Европейской части страны на смену новогодному дождю приходит сухая, холодная и солнечная зима.

Может быть, механизм выглядит сложным и противоречивым (казалось бы, по мере развития глобального потепления граница снежного покрова никак не может смещаться на юг), однако факт остается фактом: зимнее похолодание прекрасно коррелирует с площадью октябрьского снежного покрова, что по всем правилам статистики свидетельствует о прочной связи этих двух явлений. Хорошо бы еще выяснить, отчего третье лето подряд зимний сухой холод превращается в летнюю засушливую жару, вызываемую уже не арктическим, а азорским антициклоном, который протягивает языки раскаленного африканского воздуха до Уральских гор. Типичный пример — лето 2010 года.

## Торможение Гольфстрима

Из гипотезы Когена следует неизбежный вывод: количество снега, выпадающего на территории Евразии, по мере глобального потепления в обозримом будущем станет только расти. К каким последствиям это может привести? Прежде всего возникает угроза опреснения Северного Ледовитого океана. Суть явления и его последствия таковы.

Чем больше выпадает снега в средних широтах Евразии, тем больше будет сток питаемых этим снегом рек — сибирских Оби, Лены, Енисея и европейской Печоры. Чем больше пресной воды с ними поступает, тем меньше соленость океана. Свою долю добавляет и Западное полушарие: там пресная вода стекает в океан с ледников Гренландии и северных территорий Канады. Снижение солености Северного Ледовитого океана особенно неприятно в месте его соприкосновения с северной частью Атлантического океана: чем ниже соленость северных вод, тем глубже под них уходит теплая, соленая и соответственно тяжелая вода Гольфстрима. По мнению океанологов, при чрезмерном опреснении мощность этого течения упадет вплоть до полной его остановки. Итог — установление в Западной Европе чрезвычайно сурового климата со снежными холодными зимами. Поскольку увеличение площади сибирского снежного покрова полностью противоречат климатическим моделям, вряд ли следует ожидать получения надежных оценок поведения главного теплого течения нашей цивилизации. Однако в прошлом, как считают некоторые палеоклиматологи, такое уже



4  
Высота купола воды у берегов Канады в 2011 году достигла 30 см над уровнем моря

случалось, когда примерно 12 тыс. лет тому назад в Атлантический и Северный Ледовитый океан прорвались воды ледникового озера Агассис. Вытекший за год их объем был так огромен, что Гольфстрим перестал достигать северных широт почти в течение тысячи лет, и получилось похолодание позднего дриаса. (Альтернативная гипотеза — кометная бомбардировка, см. «Химию и жизнь», 2010, № 11.)

Оказывается, медленное опреснение океана из-за увеличения стока северных рек — не единственная беда. Похожий, правда менее катастрофический сценарий назревает буквально на наших глазах: на севере Канады, по данным исследователей из Европейского космического агентства, над поверхностью океана формируется купол пресной воды (рис. 4). Причина колебаний уровня моря здесь известна — это сочетание ветров и течения Бофорта. Однако если раньше уровень поднимался и опускался, то с 2002 года он непрерывно растет, и общий объем накопленной пресной воды составляет 8 тыс. км<sup>3</sup>, или 10% от запасов этой воды в Северном Ледовитом океане. Считается, что причина длительной стабильности купола — таяние льдов и влияние этого процесса на взаимодействие ветра и воды. Детали взаимодействия неизвестны, поэтому ученые не исклю-

**Кстати,** Мария Семенова в романе «Валькирия» так повествует о немного наивной славянской климатологии, содержащей, впрочем, и указание на цикличность процесса, и на переход количественных изменений в качественные: «Семь годов ждут зиму по лету, другие семь — наоборот. Прошрое лето выдалось жарким и грозным, за ним поспела зима — трескучая, многоснежная. Нынешняя наверняка будет гнилой. Не зря кровтые норки уже теперь смотрели какие на запад, какие прямо на север, предрекая оттепели до самой весны! Чего доброго, и море не успокоится, не уснет в тиши подо льдом, так и будет ворочаться, катить на берег стылые волны...»

чают возможности, что ветер может подогнать купол к Северной Атлантике, и тогда с течением Гольфстрима возникнут проблемы.

## Снега и ледник

А может ли в конце концов в Евразию вернуться ледниковый период? Какие для этого нужны условия? Одна из базовых гипотез образования ледникового щита принадлежит русскому климатологу А.И.Воейкову, который завершил свои публикации по проблемам ледников в 1909 году фундаментальным трудом «Климатические условия ледников и ледниковых покровов северного полушария, настоящих и прошедших». В нем он на основании известных гляциологам того времени данным по ледникам Альп и Скандинавии пришел к выводу, что для их образования требуется большое количество твердых осадков, более метра в год. Многие современные гляциологи придерживаются такого же мнения.

Но вот российские географы во главе с академиком В.М.Котляковым завершили многолетний труд по составлению Атласа снежно-ледовых ресурсов мира. С его помощью оказалось возможным дать реальную оценку условий накопления льда («Доклады РАН», 2011, т. 441, № 2). И выяснились поразительные вещи: для роста ледника значительных твердых осадков вовсе не требуется. Так, в Антарктиде ледники прекрасно существуют при выпадении всего 70 мм снега в год. В Гренландии хватает 300 мм в год, причем увеличение количества выпадающего снега из-за глобального потепления ведет к росту толщины ледника в центре острова, так что даже с учетом прибрежного таяния гренландский ледник увеличивает свой объем.

Атлас дает также интересную информацию о строении Антарктиды. Оказывается, значительная часть этого континента находится ниже уровня моря, и если бы ледник на Южном полюсе растаял, то на месте Антарктиды появился бы архипелаг. Значит, при надлежащих условиях ледниковый щит способен сковать воедино множество островов.

Побережье Арктики, особенно в Северной Америке, тоже представляет собой большой архипелаг, немало островов и у берега Евразии. И всю эту территорию может охватить единый ледниковый щит. Произойдет это так.

Сейчас граница питания арктических ледников (то есть линия, разделяющая области с положительным и отрицательным балансом количества льда) севернее 60-й параллели расположена на высоте примерно 400 метров. Во время же последнего оледенения она снижалась до отметки 200 метров ниже уровня моря, то есть на 600 метров. При нынешнем вертикальном падении температуры на 0,4 градуса при увеличении высоты на 100 метров для такого снижения требуется похолодание в северных широтах примерно на 2,5°C. Тогда возникнут реальные условия для формирования устойчивого ледникового щита по арктическому побережью, что, видимо, и происходило во время последнего ледникового периода. При этом необходимый объем твердых осадков составит всего 240 мм в год, то есть даже несколько меньше, чем сейчас — 300 мм. А рост объемов снега соответственно позволяет увеличить критическое значение температуры, при которой начинается рост ледника; ведь чем больше снега, тем больше энергии надо затратить на его таяние в летний период и тем менее сильно его надо морозить зимой. Если вспомнить о росте влажности арктического воздуха и увеличении площади снежного покрова, отмеченных в статье Когена, рассуждения российских географов о необходимых условиях для возникновения арктического ледникового щита приводят к неожиданным выводам о последствиях глобального потепления.

# Питон — проверка слуха

Кандидат биологических наук  
**Н.Л.Резник**

«Химия и жизнь» второй раз подряд пишет о питонах. Не потому, что мы так любим экзотику (хотя мы любим), а потому, что питоны — новый и очень интересный модельный объект. На них можно поставить эксперименты, для которых не подходят ни собаки, ни мыши с крысами, ни даже обезьяны. В прошлом номере мы рассказывали о том, как исследователи ищут потенциальные лекарства — факторы, вызывающие гипертрофию сердечной мышцы. Лекарства нужны человеку, но проводить исследования было удобно на тигровых питонах из-за некоторых особенностей их физиологии. А эта статья посвящена роли среднего уха и барабанной перепонки у позвоночных, вышедших на сушу. Удобно для таких исследований иметь объект, лишенный среднего уха, а также простой в содержании и безопасный в обращении, а таких животных можно по пальцам пересчитать. И не такая уж питон экзотика — обычная неприхотливая террариумная змея. Кому-то, возможно, милее родные ужи, но их гораздо труднее содержать в неволе, так что придется нам привыкать к питонам.

## Проблемы среднего уха

Змеи глухи. Об этом знают даже далекие от биологии люди, если они смотрели замечательные советские фильмы о Шерлоке Холмсе и докторе Ватсоне (которого звали Джон): «Холмс! Последние исследования доказали, что змеи абсолютно глухи. — Да? Я этого не знал». Среди этих экспериментов были довольно оригинальные. Например, американец Ф.Мэннинг в 1923 году работал с гремучими змеями (американские ученые почему-то любят этот объект). В тридцати сантиметрах от змеиной головы исследователь располагал телефонную трубку, которая громко жужжала с разной частотой, и наблюдал, как рептилии реагируют на этот шум стуком погремучки или движениями языка. Мэннинг пришел к выводу, что гремучие змеи очень плохо различают звуки и едва ли хоть одна из них когда-либо слышала собственную погремучку, разве что реагировала на вызываемую ею вибрацию тела. С тех пор много воды утекло, и ученые стали склоняться к мысли, что змеи на звук все-таки реагируют, хотя и плохо. Их чувствительность ограничена низкими и громкими звуками.

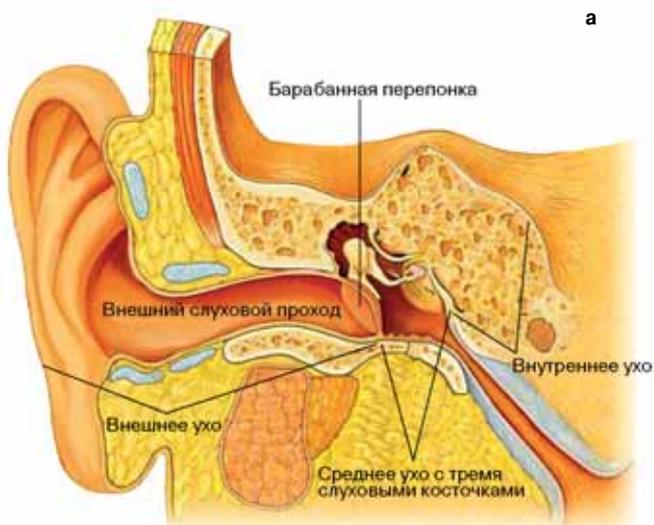
Это странно, потому что теоретически змеи слышать не должны, им нечем. У рептилий, как и у других наземных позвоночных, звуковые колебания воспринимают специальные волосковые клетки внутреннего уха, расположенного в толще височной кости и заполненного жидкостью. Жидкость колеблется, давит на клетки, и они реагируют на изменения давления. Водные организмы легко улавливают эти изменения, потому что их внешняя и внутренняя среды однородны: колебания, рожденные звуком в воде, беспрепятственно доходят до жидкости внутреннего уха. Но когда животные выбрались на сушу, им понадобилось передавать на внутреннее ухо звуковые колебания воздуха. Для решения этой задачи наземные позвоночные обзавелись звукопроводящей



системой — средним ухом, расположенным в височной кости (рис. 1а). На внешней границе среднего уха находится барабанная перепонка — тонкая (0,1 мм) мембрана, непроницаемая для воздуха и жидкости. Она улавливает разность давления звука, трепещет сама и приводит в движение систему слуховых косточек. Косточки постукивают во внутреннее ухо, его жидкость колеблется, волосковые клетки возбуждаются. Без среднего уха на суше обойтись невозможно, в ходе эволюции это нужнейшее приспособление возникало по крайней мере пять раз. Но у змей среднее ухо и барабанная перепонка вторично утрачены. Сохранилась единственная слуховая косточка, *columella auris*, которая соединяет внутреннее ухо не с барабанной перепонкой, а с подвеской нижней челюсти — квадратной костью (рис. 1б), и теперь волосковые клетки реагируют не на звук, а на дрожание змеиной пасти. У других рептилий барабанная перепонка и слуховые косточки сохранились и выполняют положенную роль передатчика звуковых колебаний. (Млекопитающие, развивая слух, пошли еще дальше и вырастили себе наружное ухо, которое улавливает звуковые колебания и направляет их к барабанной перепонке.)

Итак, за змеями прочно закрепилась слава глухих созданий. Но результаты нескольких исследований, проведенных в Германии и США, поколебали эту точку зрения. Специалисты обнаружили, что представители некоторых видов ужей, гремучих змей, удавов и питонов реагируют на достаточно громкие и низкие звуки: 65—75 дБ и 150—450 Гц. Например, гремучие змеи при таких колебаниях реже двигают телом и языком, но значительно чаще — головой и хвостом. И как спрашивается, они воспринимают звук, если среднего уха у них нет? Этой проблемой заинтересовались специалисты Орхусского университета и университета Южной Дании. В исследовании, опубликованном в «The Journal of Experimental Biology» (2012, т. 215, с. 331—342, doi:10.1242/jeb.062539), датские ученые проверяли две гипотезы: либо змеи каким-то образом воспринимают звуковые колебания, то есть плохо, но слышат, либо они не способны ощущать давление звука в чистом виде и реагируют на вызванную им вибрацию.

Свои предположения исследователи проверяли на королевских питонах (*Python regius*). Это одна из самых популярных террариумных змей. Она неприхотлива, относительно миролюбива, а главное — невелика. Длина королевского питона не превышает 1,2—1,5 м. Тело у него толстое, мощное, с коротким хвостом. Королевский питон обитает в Экваториальной Африке, где охотится на мелких зверьков и птиц,



1

*Важнейшие компоненты уха наземного позвоночного с хорошим слухом (а) – барабанная перепонка, воспринимающая звуковые колебания, и три слуховые косточки, которые передают их во внутреннее ухо. А вот змеи утратили барабанную перепонку (б). Их внутреннее ухо соединено с нижней челюстью, поэтому воспринимает не звук, а вибрацию*

## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

которых подкарауливает, пристроившись на ветви дерева и свесив вниз переднюю часть туловища. При опасности он скручивается в тугий шар, пряча голову внутрь, и развернуть его одному человеку не под силу. За эту особенность королевского питона называют иногда «питон-шар» или «питон-мяч». Исследователи купили 11 молодых змей весом от 156 до 299 г и длиной 63–78 см. Каждого питона держали в отдельном террариуме, давали вволю воды, кормили мышами и время от времени вытаскивали для участия в эксперименте.

Когда врач проверяет слух, он просит пациента отойти в дальний угол кабинета и повторять произнесенные шепотом числительные. С питонами так не получится. Змея ничего повторять не станет, и ее реакцию на звук можно определить либо по изменению поведения, либо приборным методом. Исследователи решили, что второй вариант предпочтительнее, потому что психофизиологические эксперименты на рептилиях проводить трудно, а приборы не соврут. В питонов втыкали электроды: в ствол мозга, в VIII черепной (слуховой) нерв и в шею (электрод сравнения), и определяли чувствительность змей к вибрации и звуковым колебаниям. В ответ на стимуляцию нервные клетки возбуждаются и совместными усилиями генерируют электрический сигнал — вызванный потенциал. Его регистрировали как разницу напряжения между электродами в голове и электродом сравнения. Если после звукового или вибрационного сигнала возникает вызванный потенциал, это означает, что питон реагирует на раздражение, и чем выше значение вызванного потенциала, тем сильнее реакция змеи.

Экспериментаторы сделали все возможное, чтобы исключить помехи. Они использовали «безэховую» камеру, стены которой поглощают звук. Схема камеры размерами 5,75x4,5x3,65 м показана на рис. 2. Чтобы изолировать тело змеи от посторонних вибраций, рептилию каким-то образом водрузили на матерчатые петли, подвешенные внутри клетки Фарадея (заземленной клетки, сделанной из хорошо проводящего материала, которая экранирует аппаратуру от электромагнитных помех). Под голову змеи подсунули шейкер — генератор вибрации. Клетку и шейкер установили на несколько слоев плитняка и минеральной ваты, заглушающих вибрацию пола.

Громкоговоритель — генератор звуков — во избежание дополнительной вибрации изолировали от всех стенок, подвесив на шнурах. Эксперименты с одной змеей продолжались не более четырех часов. Чтобы питон вытерпел эти манипуляции и не вздумал сворачиваться в шар, его перед опытом обездвигивали минимальной дозой гипнорма и кетамина.

Шейкер работал в диапазоне частот 40–1000 Гц, громкоговоритель — с частотами от 80 до 1000 Гц и громкостью от 50 до 110 дБ. Исследователи сняли виброграммы и аудиограммы

питонов, то есть определили их чувствительность к вибрации и звуку разной частоты и интенсивности, и обнаружили, что на вибрации змеи реагируют очень чутко, особенно на частоты от 80 до 120 Гц. А к давлению звука они малочувствительны: улавливают частоты ниже 1000 Гц, причем пик чувствительности приходится на диапазон от 80 до 160 Гц со средней громкостью около 78 дБ (примерно с такой громкостью работает мотоцикл с глушителем). Чувствительность к звуку при более высоких частотах уменьшается, и 800 Гц питоны воспринимают только при 96 дБ — уровень шума в вагоне метро. Для сравнения: человек различает звуки от 20 до 20 000 Гц и слышит шелест листьев громкостью 10 дБ. Увы, королевские питоны лишены возможности наслаждаться шепотом листьев, среди которых проводят значительную часть жизни. И пения птиц они не слышат.

Исследователи пришли к выводу, что *P. regius* все-таки глухи. Хотя они и реагируют на звук, но их чувствительность очень мала и ограничена узкой полосой низких частот, поэтому гипотезу о том, что питоны в состоянии по-настоящему слышать, то есть воспринимать звуковые колебания воздуха, пришлось отвергнуть. Такого результата следовало ожидать. Внутреннее ухо змеи, соединенное с подвеской нижней челюсти, должно быть чувствительно только к вибрации.

### Квадратная кость вместо барабанной перепонки

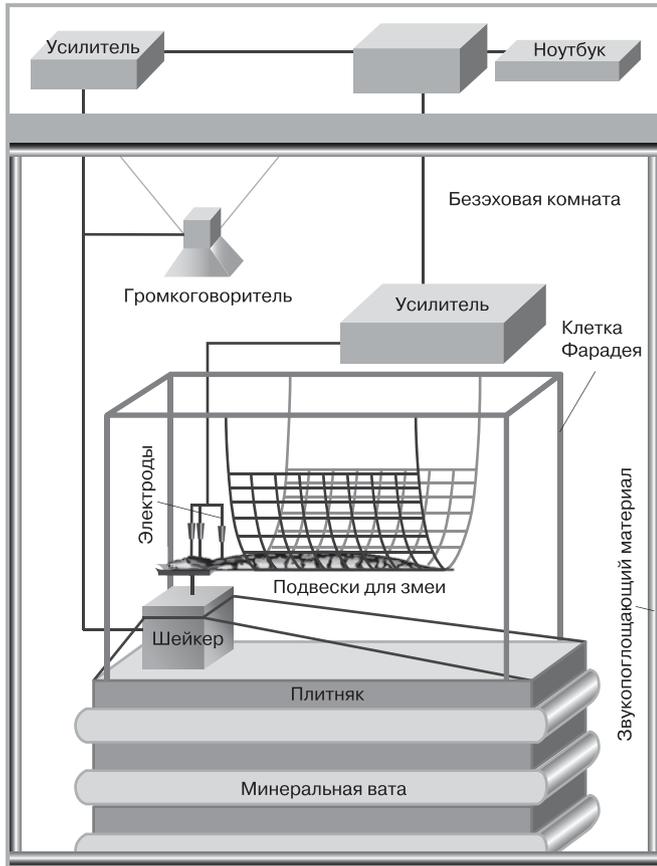
Очевидно, змеи воспринимают не звук, а вызванную им дрожь твердой поверхности. А что может вибрировать в экспериментальной камере? Либо шейкер у змеи под головой, либо сам питон. Исследователи начали с шейкера и замерили частоту вибрации прибора, вызываемую звуковыми колебаниями. Оказалось, что змеи способны почувствовать только дрожь, генерируемую частотой 80 Гц. Вибрация поверхности, возникающая под действием более высоких частот, в том числе 120–160 Гц, слишком слаба, чтобы питон мог ее ощутить. Однако же на эти звуки он реагирует. И если не дрожь подложки тому причина, значит, вибрирует змеинная голова — она тоже твердая.

Для проверки этого предположения на голову питону приклеили миниатюрный приборчик весом всего 0,6 г и с его помощью измерили механическую вибрацию черепа, вызванную звуками. Оказалось, что под действующим частот 80–250 Гц, хорошо «слышимых» питонами, их головы вибрируют гораздо интенсивнее, чем отключенный шейкер, и змеи эти колебания прекрасно ощущают. При частотах выше 500 Гц вибрация головы очень слаба, ниже порога змеиной чувствительности, поэтому на высокие частоты питоны не реагируют. Подопытные змеи были молоды. Исследователи не



исключают, что для взрослых рептилий оптимальными будут еще более низкие частоты, поскольку резонансная частота головы должна уменьшаться с увеличением ее размеров.

Результаты, полученные датскими исследователями, позволяют заключить, что змеи все-таки глухи и волосковые клетки



2 Чувствительность питонов к звуковым колебаниям и вибрации определяли в экспериментальной камере, надежно изолированной от всех возможных помех (пояснения в тексте). Методику тестирования одобрил Датский совет по экспериментам на животных

их внутреннего уха воспринимают не звук как таковой, а вызванную им вибрацию костей собственного черепа. Нельзя слышать без барабанной перепонки, лишь она улавливает звуковые волны. Очевидно, первые вышедшие на сушу четвероногие, не имевшие этого полезного приспособления, были глухи как пень. У рептилий в ходе эволюции возникло вполне качественное среднее ухо, которое затем исчезло у предков современных змей. Но, утратив слух, змеи обрели высокую чувствительность к вибрации благодаря тому, что внутреннее ухо, «освобожденное» от обязанностей улавливать звуковые колебания, оказалось связанным с подвеской нижней челюсти. Чем могла быть вызвана такая замена и насколько выгодной она оказалась?

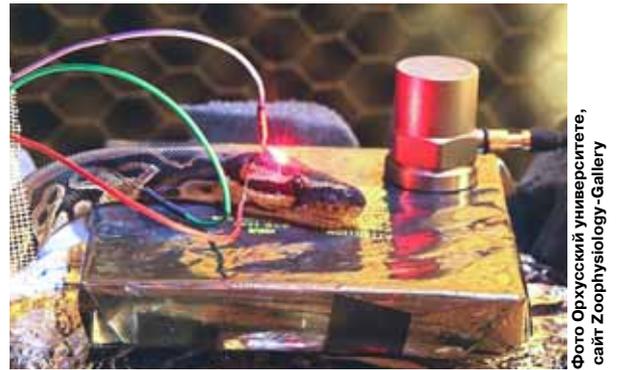


Фото Орхусский университет, сайт Zoophysiology-Gallery

3 Королевский питон *Python regius* во время эксперимента — на матерчатых подвесках, с шейкером под челюстью и электродами в голове

Одна из гипотез происхождения змей предполагает, что их предками были роющие животные. Такой образ жизни привел к утрате конечностей и резкому ухудшению слуха. Под землей все равно много не услышишь, зато большие преимущества дает чувствительность к вибрации. Второй причиной «перенастройки» внутреннего уха, вероятно, стал своеобразный механизм питания змей. Челюсть у них играет роль подающего механизма, и ее высокая чувствительность к вибрации помогает змеям ощущать положение добычи во время еды.

Змее легко уловить дрожь земли, стоит лишь опустить на нее нижнюю челюсть. Однако змеи ведут не только наземный, но и водный, полуводный или древесный образ жизни. Каждое твердое тело вибрирует по-своему, и, возможно, у разных видов разные любимые частоты, оптимальные для тех условий, в которых они живут.

Высокая чувствительность к вибрации позволяет змеям использовать ее как источник информации о приближении потенциальной добычи, хищников или собратьев по виду. Известно, что змея может ощутить мышинный топот на расстоянии 128 см. Не исключено, что эти рептилии определяют и направление источника вибрации по тому, какая половина нижней челюсти у них дрожит сильнее.

Может ли вибрация головы, вызванная звуком, в полной мере компенсировать утрату среднего уха? Очевидно, нет. Авторы исследования установили, что чувствительность королевского питона к давлению звука примерно на 40 дБ меньше, чем у геккона, сурка или человека — видов с развитым слухом. Так что квадратная кость не заменяет барабанную перепонку, у нее иные функции. Но с другой стороны, *P. regius* лучше всего реагирует на вибрацию, вызванную такими низкими частотами, к которым барабанная перепонка животных менее чувствительна, чем к высоким.

Обычно животные лучше всего слышат на тех частотах, на которых звучат сами, потому что им нужно обмениваться информацией с собратьями по виду. У змей не так. Они не безмолвны, но частота издаваемых ими звуков много выше той, которую они ощущают. Следовательно, змеи шипят не друг другу, а млекопитающим и птицам — пугают потенциальных врагов. Способность общаться с сородичами с помощью звуков они утратили, но, возможно, для коммуникации им служат слабые вибрации. Все эти вопросы ждут разрешения — о жизни змей мы знаем еще очень мало.

Есть два способа беседовать с человеком, который плохо слышит: либо кричать ему в ухо, либо говорить как можно ниже. Те же методы хороши для привлечения внимания змеи — надо рявкнуть на нее басом прямо в голову. А на дудочке ей играть или подзывать тихим свистом бесполезно.





Художник Н. Колпакова



НАНОФАНТАСТИКА

# Броники

Юрий Иванов

Кто два года назад думал, что пробки на московских улицах — хуже некуда, сильно ошибался. Есть куда, оказалось. Раньше, постояв несколько часов на одном месте, можно было доехать наконец до работы. Или повернуть к дому, смотря по тому, в какое время суток это случилось. Теперь — нет. Если уж один из броников заснул, то это до утра как минимум.

Главное, сделать ничего нельзя: весит броник под тысячу тонн. Ни его тягачом, ни вертолетом. И зацепить тросом не за что — нет ни лапы у него, ни хвоста, ни даже головы. Просвет между ним и землей — минимальный, пара миллиметров, не больше. Слово гигантская капля брони вздыбилась над мостовой, перегородив проспект. Можете сигнальте сколько влезет — чудовище почивает, и баста. Выход один — разворачивать движение в обратную сторону. Если в той стороне, конечно, второй броник не выполз на дорогу.

Чего только ни испробовали за первые два месяца! Кумулятивный заряд оставлял на кирпичного цвета шкуре монстра лишь небольшое почернение, которое смывалось первым же дождем. Лазерные резак, способные, наверное, прожигать землю насквозь, за час делали не более чем миллиметровые оспинки. Бронебойные пули и болванки танковых орудий рикошетили от гладких боков чудовища строго в соответствии с законами физики — по зданиям и не съеденным еще синим кабинкам уличных туалетов. Подземные взрывы и бомбардировку решили на всякий случай не применять — все-таки мегаполис вокруг.

К тому же броник — существо безобидное, если смотреть на него не из пробки, опаздывая на важную встречу и матерясь, а из окна своей квартиры, расцелованный семьей во все щеки за то, что успел к ужину. Лежит себе, асфальт переваривает или ползет не быстрее черепахи на запахах пластика. Или на цвет — кто знает, какие у них органы чувств и есть ли у них чувства вообще!

Наверное, какие-то все же есть — иногда два монстра встречаются и пристыковываются друг к другу, как «Союз» к «Аполлону». Или как тягач к трейлеру — черт не разберет, где у них что расположено. Не то разговаривают они так, не то плодят себе подобных, чего, прямо скажем, водителям не хотелось бы!

Броников — два. Федор, потому что он покрупней, и Анютка. Хотя в природе нередко встречается доминирование женской особи, так что не факт, что именно Федор — мужик. Но то в нашей природе, а броники явно пришлые, и данные устным

народным творчеством имена — не более чем условность.

Появилась эта красная парочка как-то вдруг. Есть версия, что они вылезли из-под земли на одной из строящихся станций метро. Главная московская магистраль поутру, как водится, встала, мы думали — ранняя пробка. Но с камер наблюдения за дорогой по ТВ показали такое, что и со страшного бодуна не пригрезится. С тех пор стоим в заторах, смотрим, как Федор выедает пластиковые винные прилавки, а Анютка уничтожает биотуалеты.

Ночью броники пропадают, а утром появляются в совсем неожиданном месте. Какой-либо системы в их перемещениях найти не удалось, поэтому прогноз дорожной обстановки на следующий день поручили делать метеорологам. Как вы понимаете, этим не привыкать.

До полуночи, когда транспортные потоки уже удалось отвести по другим дорогам, а время спать еще не пришло, монстров освещают передвижные прожекторные станции. Возле броников кучкуются тинейджеры. На спине у Анютки кто-то нарисовал огромные черные круги, так что из космоса она выглядит, как божья коровка-переросток. На самый верх ее каким-то чудом забираются девчухи — попеть популярные песни, поводить хоровод, а то и просто потрепаться на прогревом за день крупе монстра.

На боку у Федора черная рюмка нарисована, знак «не кантовать». По скатам его тела шныряют маунт-байкеры на горных велосипедах. Странники менее активного отдыха сидят, привалившись спинами к теплому боку Федора, пиво безалкогольное потягивают — крепкого он не терпит.

Как бы ни изгалялись мастера городских граффити, прочие надписи с тела броников неизменно исчезают. Не то монстры предпочитают лаконичные украшения, не то чувство юмора у них соответствующее.

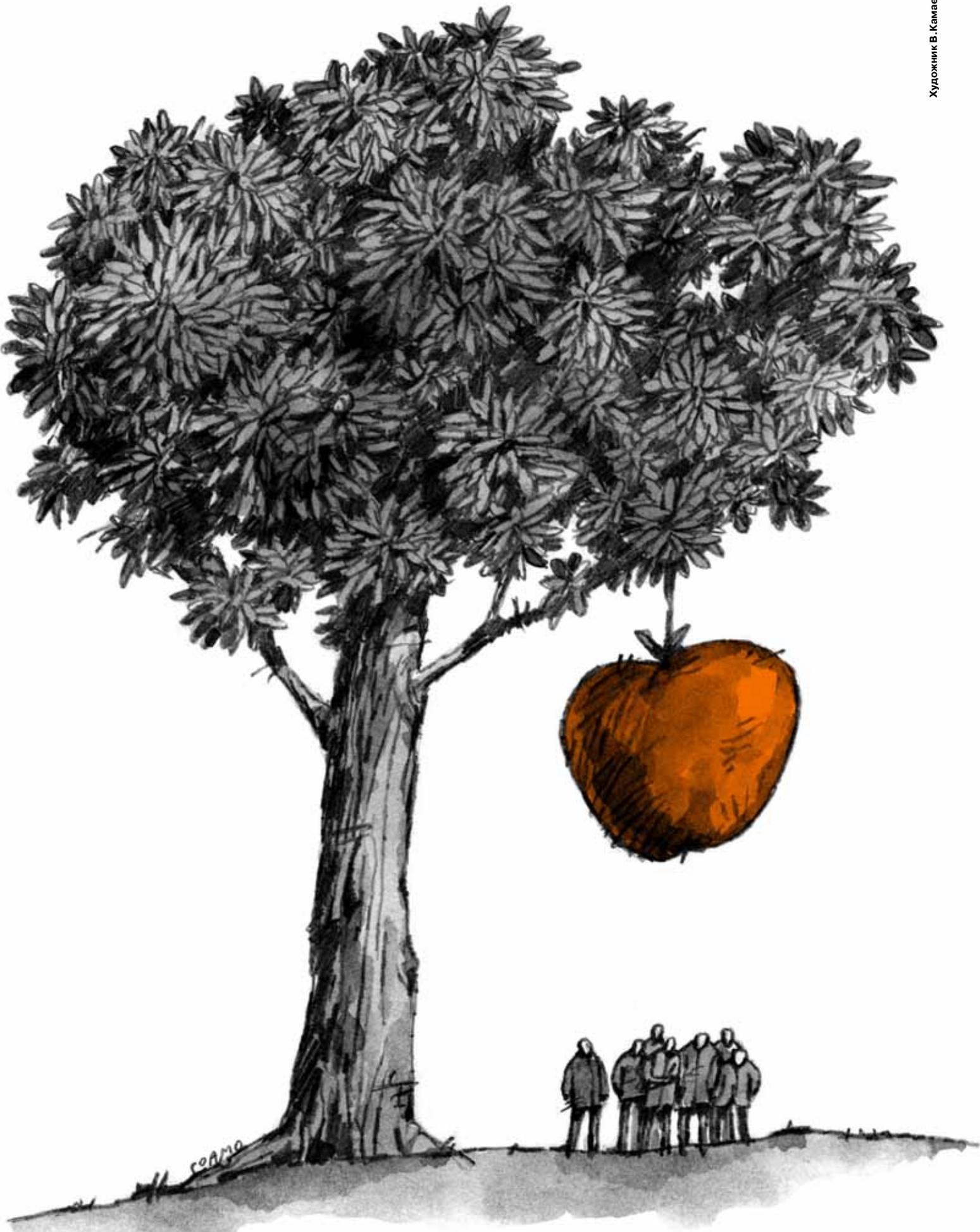
Городские власти за два года смирились с неизбежностью. Ущерб от поедания асфальта Московская дума решила списывать на дорожные работы, а вместо него тут же укладывать традиционную брусчатку. Только пока не придумали, по какой статье проводить утраченные биотуалеты.

Но недавно правительство города поддержало деловую инициативу бизнесмена, не имеющего никакого отношения к семье нового мэра: заманить броников на городскую свалку, чтоб отходы поедали. А в качестве «морковки» использовать пластиковые кресла, в неприличном изобилии установленные по Москве. Провели операцию грамотно, вывели монстров за город. С тех пор броники уютножат горы хлама, а бизнесмен помимо прибыли имеет почет и уважение. Правда, тинейджеры недовольны — к теплым тушам броников добираться неудобно стало, да и пованивает на свалке, чего уж там...

Зато вчера Анютка произвела на свет броника-малыша. У него на макушке оперативно намалевали розовый бантик. Девочка, решил народ, а он не ошибается.

Лично я выпью за новорожденную! Безалкогольного. Потому что завтра снова за руль — и в старые добрые пробки...





сеама

# Практическое Эвриковедение

Доктор химических наук  
Г. Эрлих



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

## Теоретические основы эвриковедения



Как делаются открытия? Как создаются теории? Вот стандартный алгоритм, общепринятый в истории философии и науки. В некоей области науки по мере накопления экспериментальных фактов возникают условия для создания теории, связывающей все эти факты воедино. Необходимость такой теории осознает большинство научного сообщества, появляются предтечи, предлагающие частные обобщения. Затем приходит пророк, который скрупулезно рассматривает все факты и критически анализирует все идеи. В результате многолетних размышлений он создает всеобъемлющую теорию, которая вскрывает тайную суть явлений и служит основой для движения вперед по пути познания. При этом зачастую не обходится без озарения, которое играет роль прожектора, внезапно высвечивающего картину связи вещей, и катализатора, ускоряющего создание теории. Последнее сравнение тем более верно, что катализатор, как мы помним, увеличивает скорость химической реакции, но не влияет на положение равновесия, в рассматриваемом случае — Истины, которую отражает новая теория. Соответственно этому алгоритму лепится и образ ученого — всезнающего, мудрого, целиком погруженного в свои исследования и размышления, движимого лишь целью познания истины. Популярность этой схемы объясняется тем, что так должно быть. Кроме того, она признается полезной для воспитания новых поколений ученых.

В реальности же дело обстоит иначе. Идеальная схема подразумевает существование достоверных экспериментальных фактов, так сказать, первичных неоспоримых истин. Но в науке нет ничего абсолютно достоверного, ученые по самой своей природе люди сомневающиеся, сомневающиеся во всем. То, что нередко преподносится нам как истинный, установленный наукой факт, есть лишь отражение мнения большинства научного сообщества или его наиболее влиятельной группировки. При этом всегда находятся люди, которые говорят, что этот факт не доказан или вообще не соответствует действительности.

Наше знание о природе всегда неполно, никакое количество экспериментальных фактов не может дать нам исчерпывающую картину окружающего мира. Факты, которыми располагает научное сообщество, есть лишь некоторый образ этого мира, который еще нужно распознать. Положение усугубляется тем, что один человек просто физически не способен усвоить и переварить все известные факты, поэтому при создании теории ученый оперирует ограниченным количеством фактов, зачастую меньшей их частью. О других он может просто не знать. Или, зная, отбрасывать их как несущественные или ошибочные (см. выше). Кстати, на размышления о том, чем можно пренебречь, уходит большая часть времени, и здесь же лежит источник многих фатальных ошибок — пренебрегают зачастую принципиально важным. То, что многие открытия в науке делают молодые люди, объ-

ясняется среди прочего тем, что они мало знают. Во многих мудрости много печали.

Кроме того, факт факту рознь. Один более важен, другой менее. Это восприятие в значительной мере субъективно. При создании картины явления ученый один факт наносит жирным ярким пятном, другой — маленьким и бледным. У другого исследователя свой взгляд на значимость фактов, у него и картина получается другой. Обе картины — лишь несовершенные образы мира, какая из них больше соответствует истине, сказать трудно. При оценке еще раз вмешивается субъективный фактор. Это как на вернисаже одни восторгаются тщательно выписанным портретом, а ты смотришь: нет, не похож. То ли дело соседний портрет, написанный несколькими смелыми линиями: как живой! Проблема заключается в том, что в науке, в отличие от портретной живописи, нам неизвестен оригинал и мы не можем оценить степень сходства.

Сущность гениальности в том и состоит, что гению неким непонятным для нас, простых людей, способом удается угадать правильную картину мира. Часто этому предшествует еще одна догадка — о принципиальном значении какого-то факта. Другие ученые могут полагать его несущественным, ошибочным или досадным исключением из всеобъемлющей теории, но гений возводит его в абсолют, строит на его основе новую теорию, пренебрегая, в сущности, множеством устоявшихся, «достоверных» фактов. Чаще всего это приводит к изгнанию из научного сообщества или к сумасшедшему дому, но, случается, и к смене парадигмы в науке. Нечто подобное сделал Эйнштейн, абсолютизовав скорость света и выведя из этого теорию относительности.

От фактов — к идеям. Большинству людей свойственно думать. Особенно к этому предрасположены ученые, их раздумья воплощаются в идеи, гипотезы, теории. Они не ждут, пока наука накопит достаточное количество фактов для создания теории, толчком к теоретическим построениям им служит любой факт, даже первый и единственный, а иногда они начинают размышлять вообще при отсутствии каких-либо фактов. Так что идеи в научном сообществе генерируются непрерывно, зачастую параллельно и независимо (потом это порождает жаростные споры о приоритете), идеи бредовые и гениальные (оценки со временем могут меняться местами), обоснованные и умозрительные. С приближением к критической черте их установится столь много, что они, как говорится, носятся в воздухе.

Критическая черта — это когда фактов накоплено более чем достаточно, а большинство научного сообщества утверждается в мысли, что жить дальше без общей теории невозможно. Выбор обычно делается из нескольких кандидатов. Для этого есть объективные критерии, однако не обходится и без субъективных факторов, таких как давление авторитета создателя одной из концепций, активная реклама, национальные пристрастия, междоусобная вражда между различными научными школами и т. п.

В результате далеко не всегда выбирают лучшую теорию — случается, и просто неправильную. То есть в момент вы-

бора она представляется правильной, потому что более или менее удовлетворительно объясняет имеющиеся экспериментальные факты, но создаваемый ею образ мира лишь в малой степени соответствует истинной картине. Поэтому нередко случаи возврата к старым идеям, давно, казалось бы, отвергнутым, надежно похороненным и окончательно забытым. Автора идеи причисляют к гениям, обычно посмертно, а новую-старую теорию вводят в канон.

Парадокс ситуации заключается в том, что идея, воплощающая наиболее адекватный образ мира, может родиться на любой стадии развития науки, ведь ее автору, чтобы верно угадать суть явления, отнюдь не требуется большого количества фактов (см. выше): задним числом мы называем это гениальным прозрением. Сам творец при этом зачастую не слишком соответствует идеальному образу ученого, представленному нами в начале статьи. Он отнюдь не всеведущ и не мудр, открытие он делает не в результате многолетних раздумий, а между прочим, где «прочее» может включать и занятия, далекие от добродетельности. Что присутствует, так это жажда познания, без нее никак нельзя, но двигают им совсем другие мотивы, порой не достохвальные.

## Объект исследования



Давайте с точки зрения приведенных выше теоретических положений рассмотрим историю одного из главных открытий XX века, по мнению многих ученых, — самого важного. Речь пойдет о расшифровке структуры ДНК. История очень известная и хорошо задокументированная — почти все участники тех событий написали подробные воспоминания. Вся история занимает немного времени, с осени 1951 года до весны 1953-го.

Сначала об экспериментальных фактах, известных ученым на тот момент. Удивительно, но с формальной точки зрения ДНК открыли раньше хромосом. В 1869 году швейцарский ученый Иоганн Фридрих Мишер выделил из ядер клеток лейкоцитов неизвестное вещество и назвал его по местонахождению нуклеином.

Хромосомы разглядели несколькими годами позже, когда научились подкрашивать их определенными красителями. Собственно, за это свойство поглощать красители их и называли хромосомами («хрома» по-гречески «цвет»).

Долгое время о нуклеине было известно лишь то, что он является кислотой, обладает очень большой молекулярной массой, содержит углерод, азот и фосфор и в отличие от белков химически инертен и стабилен. В 1919 году Фебус Левин, который, кстати, вырос и получил образование в Санкт-Петербурге, а 1893 году эмигрировал в США, установил наконец химический состав нуклеина, в который входили остатки сахара (дезоксирибозы) и фосфорной кислоты, а также четыре азотсодержащих органических основания — аденин, гуанин, тимин и цитозин. Вещество обрело привычное нам имя — дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК. Была высказана гипотеза о ее строении: органическое основание соединяется с остатком дезоксирибозы, образуя нуклеозид, тот присоединяет остаток фосфорной кислоты, давая нуклеотид, а они скрепляются между собой в длинную цепь. Гипотеза была в духе времени, ведь именно тогда родилось понятие о полимере.

Косвенное экспериментальное подтверждение она получила в 1937 году, когда англичанин Уильям Астбери (1898—1961) получил первые рентгенографические изображения кристалла ДНК: из них следовало, что ДНК имеет регулярную структуру. Химики, в основном усилиями Александра Тодда (1907—1997), разобрались со строением и методами получения нуклеотидов и даже научились синтезировать из них короткие

цепи, олигонуклеотиды, с заданной последовательностью. За эти исследования Тодд в 1957 году получил Нобелевскую премию по химии. В 1950—1951 годах американский биохимик Эрвин Чаргафф выполнил более скрупулезный анализ ДНК и установил, что в пределах экспериментальной погрешности содержание аденина совпадает с содержанием тимина, то же относится к паре гуанин-цитозин. Впрочем, погрешность была довольно высокой, да и сам метод анализа у многих исследователей вызывал сомнения. Это, в сущности, полный перечень сведений о строении ДНК, известных ученым на момент начала нашей истории.

С другой стороны, о роли ДНК в организме знали еще меньше. Долгое время ученые отводили ей роль арматуры хромосом, хранилища фосфора, регулятора кислотности в ядре клетки, были и другие гипотезы. Идею о том, что ДНК служит носителем наследственной информации, никто из ученых всерьез не рассматривал. Сейчас можно найти ссылки на то, что выдающийся русский биолог Николай Константинович Кольцов (1872—1940) еще в 1928 году писал о присутствии в хромосомах гигантских молекул, ответственных за наследственность, состоящих из двух зеркальных цепочек, каждая из которых при удвоении играет роль шаблона (темплата) для синтеза второй цепочки. Прозрение из разряда гениальных, но, во-первых, ниоткуда не следует, что Кольцов говорил о ДНК, а во-вторых, идея в те годы прошла незамеченной.

Все внимание ученых было приковано к белкам, связанным с ДНК и образующим с ней хромосому. Белки обладали заведомо более сложным строением (двадцать строительных блоков против четырех в ДНК) и множеством экспериментально подтвержденных биологических функций. ДНК в сравнении с ними смотрелась как унылый бесконечный забор, сложенный из четырех повторяющихся бетонных плит, рядом с затейливыми нарядными особняками. Впрочем, о строении белков тоже знали очень мало. К моменту начала нашей истории было установлено лишь наличие первичной структуры белка, то есть определенной последовательности аминокислот.

Считается, что первыми убедительно доказали определяющую роль ДНК в передаче наследственной информации американцы Освальд Эвери, Колин Маклеод и Маклин Маккарти в ходе изящного эксперимента, выполненного на бактериях в 1943 году. Их сообщение не потрясло основы генетики. Во-первых, время было неподходящее для научной революции — мировая война, во-вторых, многие ученые просто пропустили эту публикацию, а ознакомившиеся высказали свои сомнения. Кроме того, для большинства биологов все эти исследования если и представляли интерес, то лишь досужий. Они привыкли оперировать с хромосомами, клетками, организмами, а уж что там служит действующим началом — дело второе. Ученые вполне комфортно чувствовали себя в рамках существовавшей методологии. Еще меньший интерес они проявляли к структуре ДНК. Все это была какая-то мудреная, незнакомая им химия, и они совершенно не представляли себе, как знание вышеозначенной структуры может помочь им в их работе.

## Субъекты

Теперь о главных действующих лицах нашей истории. Перечисляю в порядке возраста.

Фрэнсис Крик, 35 лет, англичанин, физик по образованию, громогласный, многословный, заносчивый, увлекающийся и фонтанирующий идеями. Во время войны занимался разработкой магнитных мин. После прочтения книги Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь?» заинтересовался биологией, работал какое-то время в лондонском Королевском колледже у Джона Рэндалла, откуда его выгнали за несносный характер. С 1949 года работал в Кембридже в Кавендишской лаборато-



рии в группе Макса Перуца, занимался рентгенографическим изучением белков, собирая материал для кандидатской диссертации. Неудачник по формальным показателям, непризнанный (пока) гений.

Морис Уилкинс, 35 лет, уроженец Новой Зеландии, в шесть лет переехавший с родителями в Англию, физик по образованию, хрестоматийный ученый — в очках, мягкий, скромный, погруженный в науку. Во время войны работал над созданием экранов для радаров, затем участвовал в Манхэттенском проекте в Калифорнии. После войны перешел в биологию, чистую во всех смыслах науку. Все это время работал в Королевском колледже, где познакомился и подружился с Криком. Был одним из пионеров рентгенографического исследования кристаллов ДНК, которую считал важнейшей биологической молекулой. Работал методично, основательно, без спешки, не думая о приоритете и громких открытиях. Его характер лучше всего отражает название книги его воспоминаний: «Третий мужчина в истории двойной спирали».

Розалинда Франклин, 31 год, из еврейской банкирской семьи, химик по образованию, резкая в суждениях, нетерпимая в спорах, последовательно отстаивавшая идею женского равноправия. После защиты кандидатской диссертации в 1945 году в Кембридже переехала в Париж, где занималась рентгеноструктурным анализом углей и графита и достигла в этом высокого профессионализма. В 1950 году Джон Рэндалл пригласил ее на работу в Королевский колледж в Лондоне. Предполагалось, что Франклин будет заниматься исследованиями ДНК вместе с Уилкинсом, фактически в роли его ассистентки. Франклин настояла на том, что будет работать самостоятельно и что ей передадут все новое оборудование и лучшие образцы кристаллической ДНК, имевшиеся в распоряжении лаборатории, к ней же в качестве аспиранта перешел и единственный сотрудник Уилкинса Раймонд Гослинг. Уилкинс ничего не смог противопоставить такому напору, он постенал и смирился, продолжив работать на том оборудовании, что у него было раньше, и с теми образцами, которые ему оставили. Стиль работы, впрочем, у них был одинаковый — последовательный и скрупулезный. К ДНК Франклин относилась как к объекту рентгеноструктурного анализа, довольно интересному с этой точки зрения.

Джеймс Уотсон, 23 года, американец, длинный, тощий, лохматый, признанный гений с детства. В 15 лет поступил в Чикагский университет, в 22 года защитил кандидатскую диссертацию по зоологии. Был первым и, как часто бывает, любимым аспирантом Сальвадора Лурии (1912—1991), перебравшегося в США из Италии и ставшего в 1969 году нобелевским лауреатом по физиологии и медицине «за открытия, касающиеся механизма репликации и генетической структуры вирусов». Уотсон подключился к исследованиям в самом их начале, собственно, именно этим он и занимался в своей аспирантской работе. Тогда он впервые услышал об эксперименте Эвери — Маклеода — Маккарти и безоговорочно уверовал в то, что ДНК служит носителем наследственной информации. Однако ни он, ни его руководители ничего не понимали в нуклеиновых кислотах, так что Уотсона в 1950 году отправили на стажировку в Данию к известному биохимику Герману Калькару, который работал в этой области. Они не нашли взаимопонимания, Уотсон хотел заниматься структурой ДНК, у Калькара на его счет были свои планы, и год стажировки прошел почти что впустую. Весной 1951 года Уотсон уехал на конференцию в Неаполь, где услышал доклад Уилкинса. Из него он впервые узнал, что для установления структуры ДНК может быть использован метод дифракции рентгеновских лучей. О самом методе Уотсон тоже знал понаслышке. Для освоения метода он стал добиваться перевода в Кембридж. Осенью 1951 года Уотсон прибыл в Кавендишскую лабораторию, в группу Макса Перуца, где встретил родственную душу — Фрэнсиса Крика. Они быстро сошлись.



## Не угадали!



Собственно, в этот момент и начинается наша история. В Кавендишской лаборатории царила нервная обстановка из-за недавнего сообщения Полинга о расшифровке вторичной, пространственной, структуры белков. Пусть это была всего лишь гипотеза, но приоритет в открытии альфа-спирали теперь принадлежал Полингу — американцу! Это понимал и Уильям Брэгг, директор лаборатории, справедливо считавший себя одним из отцов рентгеноструктурного анализа, и Макс Перуц, на протяжении нескольких лет совершенствовавший технику съемки дифрактограмм и методы их расчета и вплотную подошедший к расшифровке структуры белков. Уильям Лоренс Брэгг (1890—1971), будучи студентом-исследователем в Кембридже, предложил в 1912 году уравнение, описывающее дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах и позволяющее рассчитывать положение атомов в кристалле. За это открытие он вместе со своим отцом Уильямом Генри Брэггом получил в 1915 году Нобелевскую премию по физике, став самым молодым лауреатом за всю историю премии.

Они жаждали реванша, это стало навязчивой идеей — их и Крика. И тут Крику представился случай впервые проявить себя во всей красе. Буквально за два дня он вместе с двумя другими сотрудниками лаборатории, Стоуксом и Кокрэном, разработал математическую модель, предсказывающую, как спиральная структура должна отражаться в рентгеновских дифрактограммах. Написанную тут же статью немедленно послали в журнал «Nature», а копию Полингу — знай наших!

Но это было лишь малой компенсацией. Никто почему-то не сомневался, что следующим объектом, за который примется Полинг, будет ДНК, а уж если он возьмется, то непременно сделает. Мы должны опередить его, это будет наш триумф! Крик с Уотсоном, отбросив все дела, стали размышлять, как подступиться к проблеме. Уотсон безоговорочно уверовал в спираль, как раньше уверовал в ДНК. Он знал, что спираль — самая простая из природных форм, поиск вначале надо было вести в этом направлении. Крик посоветовался с Уилкинсом, тот показал полученные им дифрактограммы. Они согласились, что в них явно проступают черты спирали. Уилкинс предположил, что эта спираль состоит из трех полинуклеотидных цепей. Уотсон посетил доклад Франклин о работе, сделанной в Королевском колледже. Отчет был довольно туманным, Франклин явно не спешила выносить на суд слушателей свои выводы, кроме главного: «бесспорные факты могут быть получены только после того, как будет накоплено достаточно данных, чтобы провести более тонкий кристаллографический анализ».

На Уилкинса и Франклин было мало надежды, они могли получать свои улучшенные дифрактограммы и полгода, и год. Крик с Уотсоном решают идти путем Полинга: не дожидаясь экспериментальных результатов, попытаться собрать молекулярную модель ДНК из шариков, изображающих атомы, и стерженьков. Проблема заключалась в том, что с химией они оба были не в ладах. Пришлось опять обращаться за по-

мощью к Полингу, из его срочно купленной книги «Природа химической связи» они почерпнули необходимые им сведения, включая данные о размере атомов и длине химических связей. Они остановились на варианте с тремя цепями, располагающимися внутри молекулы ДНК, и торчащими наружу азотистыми основаниями. Но как цепи скрепляются между собой? Наиболее вероятным им показалось предположение, что в этом участвуют ионы типа магния. Никакими экспериментальными данными по присутствию ионов магния в ДНК они не располагали, но ведь не было и данных, указывающих на их отсутствие. Они крутили свою модель и так, и эдак, пока она вдруг не закрутилась сама в изящную спираль с шагом, почти в точности соответствующим параметрам кристаллической решетки, которые получили Уилкинс и Франклин. Задача была решена!

Уилкинса и Франклин пригласили посетить Кембридж для ознакомления с великим открытием. Франклин подвергла модель уничтожающей критике. По ее данным, цепи должны располагаться на периферии молекулы, а не внутри. И причем здесь спираль? Нет там никакой спирали! Она не собирается делиться с ними полученными ею данными. Она возмущена тем, что ей пришлось ехать за тридевять земель (70 км), чтобы посмотреть на эти детские игры в конструктор. Так открытия не делаются, открытия делаются правильно!

Ее мнение быстро донесли до Брэга. И тот... запретил Крику и Уотсону впредь заниматься ДНК и настоятельно рекомендовал им вернуться к выполнению их прямых обязанностей. Исследования ДНК были объявлены вотчиной Королевского колледжа, Кавендишская лаборатория самоустранилась от участия в гонке. Столь ценимые в Англии правила «честной игры» превыше всего! Перед ними поблекли познание истины и конкуренция с Полингом. Крик с Уотсоном подчинились приказу начальства, у них не было выбора. Приближались рождественские каникулы. Первый акт продолжался чуть более трех месяцев. Наступил длительный антракт.

## Делайте что хотите, но сделайте это!



Крик занимался экспериментами по своей диссертации. Уотсон приступил к работе с вирусом табачной мозаики. Он решил наконец на практике освоить метод рентгенографического анализа. Через месяц он научился получать вполне сносные дифрактограммы. Уотсон был настолько поглощен идеей спирали, что быстро разглядел ее и в вирусе и представил, как она может образовываться. В такой ситуации частенько случается, что исследователь выдает желаемое за действительное, однако Уотсон попал точно в цель. Это само по себе было важным научным результатом, но его-то интересовала структура ДНК!

Думать о ДНК ему с Криком никто запретить не мог. Если верить Франклин, сахарные цепи располагались по краю молекулы, следовательно, спираль скреплялась за счет какого-то взаимодействия между азотистыми основаниями. Крик ненадолго увлекся идеей, что плоские основания уложены в подобие пачек, на это вроде бы указывали некоторые кристаллографические данные. Он даже попросил одного своего приятеля помочь ему с квантово-химическими расчетами такого взаимодействия. Уотсон же погрузился в изучение основ химии по книге Полинга, надеясь найти в ней ответы на мучившие его вопросы.

В мае в Лондоне прошла конференция по структуре белков. Все с замиранием сердца ждали приезда Полинга, но у него именно тогда американские власти отобрали паспорт в качестве мелкой мести за антивоенную деятельность. Впрочем, через месяц Полинг объявился на биохимическом конгрессе

в Париже, где ни словом не обмолвился о ДНК. В Англии облегченно выдохнули. Тогда же в Кембридж приехал Чаргафф. Джон Кендрю, ближайший сотрудник Перуца, благоволивший Крику и Уотсону, устроил их встречу в неформальной обстановке. Уотсон знал о «правиле Чаргаффа», но не придавал ему большого значения. Он как-то рассказал о нем Крику, но тот пропустил эту информацию мимо ушей. Чаргаффу не потребовалось много времени, чтобы понять это, и ему, естественно, это очень не понравилось. Как и то, что Крик, многословно объясняя Чаргаффу результаты квантово-химических расчетов, не смог без подсказки нарисовать формулы азотистых оснований. Они вообще ему не понравились. Несколько месяцев спустя Чаргафф в письме Кендрю поинтересовался, чем сейчас занимаются «его клоуны от науки». По иронии судьбы именно в тот момент Крик с Уотсоном наводили последний глянец на свою историческую модель.

Пока же они занимались другими делами. Как вспоминал Уотсон: «В конце октября Фрэнсис попробовал подбить меня на вторую попытку раскрыть структуру ДНК. Но мне показалось это бессмысленным. Никаких новых фактов, которые могли бы сгладить неприятные воспоминания в нашем позорном поражении прошлой зимой, не появилось». Тогда же в Кембридж на стажировку приехал сын Полинга — Питер. Работать ему выпало в одной комнате с Криком и Уотсоном. В ходе дружеской беседы он разболтал, что отец поглощен идеей скручивания между собой самих альфа-спиралей в молекулах белка кератина, содержащегося в волосах. Это была хорошая новость для Уотсона и плохая для Крика, ведь близкой проблемой тот занимался в своей диссертации. Припертый к стене Крик набросился на работу с удвоенной энергией и вскоре создал вполне корректную математическую модель скручивания спиралей. Статья была незамедлительно отослана в «Nature» с надеждой, что она выйдет одновременно со статьей Полинга, а то и раньше.

История тихо катилась к печальному концу. Крик размышлял над предложением поработать год в США. Стажировка Уотсона была не вечной. Франклин объявила, что в марте она переходит на работу в Биркбек-колледж, где будет заниматься исследованиями вируса табачной мозаики, объекта с точки зрения рентгенографии более интересного, чем ДНК. Главным же было то, что руководитель тамошней лаборатории Джон Бернал был известным борцом за женское и всяческое другое равноправие. Он гарантировал Франклин полную самостоятельность в рамках сельскохозяйственного гранта и должность, в наших терминах, старшего научного сотрудника. Один Уилкинс пребывал в радужном настроении, предвкушая годы спокойной работы по установлению структуры ДНК.

Гром грянул опять же в канун Рождества. Питер Полинг обмолвился в разговоре, что, мол, отец прислал письмо, в котором среди прочих семейных новостей сообщил, что он установил структуру ДНК. Об этом были немедленно извещены все, включая Брэга и Перуца. Кендрю пытался утешить расстроенных Крика с Уотсоном, говоря, что Полинг мог и ошибиться. Полинг — не мог, отвечали те.

В первых числах февраля 1953 года Полинг прислал в Кембридж два экземпляра своей статьи, один — Брэггу, второй — сыну, который недолго думая показал ее Крику и Уотсону. Те не смогли скрыть радость, когда увидели тройную спираль ДНК, в которой обращенные внутрь цепи были скреплены водородными связями. Это они уже проходили, это была ошибка! Еще они поразились тому, что фосфатные группы в структуре Полинга были связаны с атомом водорода. Как же так, ведь ДНК — это кислота, это экспериментальный факт, в кислоте нет никаких атомов водорода! Это восклицание говорило, скорее, об их собственной химической малограмотности и неспособности понять оригинальный ход мысли Полинга. Как бы то ни было, они разнесли по лаборатории весть, что Полинг допустил элементарную химическую ошибку, за

которую в колледжах ставят двойки на экзаменах по химии.

Все понимали, что это лишь временная передышка. Полинг, несомненно, обнаружит ошибку и тогда уж сделает все, как полагается. Но при этом без всяких на то оснований возродились надежды на реванш. Брэгг отменил свое вето на занятия ДНК и выдал Крику с Уотсоном карт-бланш: делайте что хотите, но сделайте это! С одной стороны, это свидетельствовало о некоей мистической уверенности в том, что если кто и способен в кратчайшие сроки решить эту великую задачу, то только эти два самоуверенных шалопаи. С другой стороны, в Кавендишской лаборатории просто не было других специалистов, достаточно знакомых с проблемой ДНК.

Перед лицом «американской угрозы» были преданы забвению все правила честной игры. Опуская малоприглядные детали, скажу лишь, что Крику с Уотсоном обеспечили доступ к результатам, полученным Франклином, без ее, естественно, ведома. Парадокс ситуации заключался в том, что Франклин, яростно отрицавшая саму идею спирали, приложила столь много усилий, чтобы развенчать ее, что в результате получила самые убедительные доказательства в пользу существования спирали. Такое, впрочем, часто случается в науке. Уотсону хватило одного быстрого взгляда на показанную ему Уилкинсом дифрактограмму, чтобы «увидеть» спираль. Эта «фотография 51», вошедшая в историю науки, лежала в столе Франклин с июля прошлого года.

Крик с Уотсоном вернулись к молекулярным моделям, заказав в мастерских комплект металлических пластинок, с геометрической точностью отображавших строение азотистых оснований. Уотсон настоял на построении двойной спирали. Его аргумент был неотразим даже для физика Крика: все важные биологические объекты бывают парными! Но начали они по-прежнему с осмеянной модели, где остов молекулы находился в центре. Никто не мог понять, почему Франклин настаивала на периферийном расположении цепей, из ее данных это явным образом не следовало. Ничего хорошего у них не получилось. Тогда Уотсон решил попробовать раздвинуть цепи и обратить основания внутрь, с него не убудет. Но тут возникла опять же старая проблема: как основания из разных цепей связываются друг с другом и скрепляют таким образом молекулу? Ответ подсказал все тот же Полинг — водородные связи! Уотсон бросился в библиотеку читать статьи на предмет образования водородных связей между молекулами азотистых оснований.

Все равно не сходилось. Как ни крутили Уотсон с Криком пластинки, изображавшие азотистые основания, модель получалась какая-то кособокая, скучная, некрасивая, в общем, неправильная. Помог им Джерри Донохью, который вот уже полгода сидел за своим столом в их комнате, а до этого несколько лет проработал в Калифорнийском технологическом институте, рядом с Полингом. Он увидел структурные формулы оснований, которые Уотсон выписал из книги Дэвидсона «Биохимия нуклеиновых кислот», и небрежно бросил: эти формулы, которые рисуют в учебниках, какие-то липовые, нутром чую, что на самом деле эти соединения существуют в другой таутомерной форме. Он имел в виду кето-енольную таутомерию, но для нас здесь, как и для Уотсона, самое важное заключается в том, что различные таутомеры обладают разной геометрией.

С новыми формами дело пошло. Аденин вдруг идеально сложился с тиминном, а гуанин с цитозином, и размеры у двух этих пар совпали. Это означало, что модель спирали будет ровной и гладкой. Вдобавок из этого напрямую вытекало правило Чаргаффа, к которому оба конструктора продолжали испытывать недоверие. А еще — что любая данная последовательность оснований одной цепи автоматически определяет последовательность другой, это была своеобразная зеркальная, или комплементарная симметрия, было легко представить, как одна цепь становится матрицей для синтеза



другой. Ждать, пока механики изваяют новые металлические пластинки, не было сил, Уотсон принялся вырезать точные изображения оснований из толстого картона. Крик во время ланча помчался в паб «Орел», любимое место встречи ученых из окрестных колледжей, и принялся рассказывать всем встречным-поперечным, что они с Уотсоном раскрыли секрет жизни. На календаре было 28 февраля — второй акт нашей истории продолжался менее четырех недель.



## Победа

Через неделю Крик с Уотсоном закончили пайку окончательной модели двойной спирали ДНК. Приехал Уилкинс, бегло осмотрел конструкцию и тут же отправился обратно в Лондон — надо было проверить, насколько предсказываемые ею параметры соответствуют экспериментальным данным. Через несколько дней и Уилкинс, и Франклин подтвердили: все в точности совпадает. Валом валили сотрудники лаборатории, прослышавшие об открытии. Едва оправившись от гриппа, прибыл Брэгг. Он был доволен. «А что думает по этому поводу Тодд?» — задумался Брэгг. К Тодду, главному специалисту в мире по химии нуклеиновых кислот, работавшему буквально за стенкой, Крик с Уотсоном почему-то не обращались за консультациями. Позвали Тодда. «Отличная химическая работа», — резюмировал он.

Показательно, что ни у кого не возникло ни малейших сомнений в правильности модели. Она была красива и совершенна, это не было творением рук или ума человеческого, такое могла сделать только Природа. Это была Истина, самоочевидная и самодостаточная, не требующая никаких других доказательств. Вот и Полинг был сразу покорен ею. Как выяснилось, он знал о проводимых в Англии исследованиях. В начале апреля Полинг намеревался посетить Королевский колледж по дороге в Брюссель на Сольвеевскую конференцию по белкам. Его интересовали некоторые детали рентгенографических исследований. Со структурой ДНК ему уже все было ясно.

Неясности были с публикацией. В эйфории от победы все стали добрыми и вспомнили о честной игре, не забывая при этом о приоритете. В конце концов сошлись на том, что результаты будут опубликованы одновременно в трех статьях, написанных отдельно Уотсоном с Криком, Уилкинсом и Франклином. Уотсон с Криком уложились в 900 слов, в одну страницу журнального текста. «Скромное» название — «Строение дезоксирибозной нуклеиновой кислоты». Первая ссылка была на Полинга.

Брэгг продавил публикацию в ближайшем номере журнала «Nature», статьи вышли из печати 25 апреля 1953 года. В номере от 30 мая Уотсон с Криком опубликовали еще одну статью, на две с небольшим страницы, где они обсудили возможный механизм репликации (удвоения) ДНК в свете предложенной ими структуры. Статья носила чисто гипотетический характер, потому что никаких экспериментальных фактов не было и в помине. Как показала дальнейшая история, в целом они не ошиблись.



Будет большим преувеличением сказать, что сообщение о расшифровке структуры ДНК произвело эффект разорвавшейся бомбы даже в рядах научного сообщества, не говоря о широкой общественности. Впервые об этом сообщил 8 апреля лично Брэгг на упомянутой уже конференции в Брюсселе. Ни одна британская газета не откликнулась на это событие. После публикации в «Nature» были инспирированы статьи в ряде ведущих английских и американских газет, но и они не вызвали ажиотажа. Тут смерть Сталина, грядущая коронация Елизаветы II — не до ерунды!

## Послесловие

А как отразилось сделанное открытие на судьбе наших главных героев?

Начнем с Розалинды Франклин. Она, как вы помните, в марте 1953 года уже перешла на другую работу. Несколько недель спустя Франклин попросила Крика показать ей модель. Она ее не впечатлила. Франклин сохранила как старую, непонятную неприязнь к молекулярным моделям, так и твердую убежденность в том, что так работать неправильно, так открытия не делаются. В изучении вируса табачной мозаики она вновь продемонстрировала свой высокий профессионализм, не только подтвердив предварительные результаты Уотсона, но и сильно продвинувшись вперед. К сожалению, в 1958 году Розалинд Франклин скончалась от рака.

Фрэнсис Крик в 1954 году защитил наконец кандидатскую диссертацию по дифракции рентгеновских лучей на белках, потом уехал на год в Америку. В 1956 году они с Уотсоном опубликовали еще одну совместную статью, посвященную строению малых вирусов, после чего их научные пути разошлись. По возвращении из США Крик занялся проблемой синтеза белков и сформулировал в 1958 году так называемую центральную догму молекулярной биологии, заключающуюся в том, что наследственная информация в живых организмах передается по цепочке ДНК — РНК — белок, но никак не наоборот. Он же утвердил в генетике всем хорошо известную концепцию триплетного генетического кода. Работы эти были чисто умозрительными, но впоследствии блестяще подтвердились. В 1962 году Крик вместе с Уотсоном и Уилкинсом получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине за открытие структуры ДНК. В 1976 году Крик перебрался в США, где занимался преимущественно проблемами мозга и сознания, увлекаясь периодически и другими идеями. Скончался он в 2004 году.

В том же году ушел из жизни его ровесник Морис Уилкинс. Он единственный из всех остался верен ДНК и в течение нескольких лет методично накапливал экспериментальный материал, подтверждающий правильность созданной Уотсоном и Криком модели. Так что включение его «третьим» в список нобелевских лауреатов было абсолютно оправданно. Да и вся его дальнейшая научная карьера была образцово-показательной, хотя и без громких свершений.

Джеймс Уотсон, самый молодой из них, здравствует и поныне. Он проводил исследования в самых различных обла-

стях молекулярной биологии и, в частности, приложил много усилий для выяснения генетической природы рака. Время от времени своими высказываниями и делами подтверждает репутацию анфан тэррибль современной генетики. В 1990 году по его инициативе был начат проект «Геном человека», возможно, самый масштабный международный научный проект в истории человечества. В течение двух лет он руководил этими работами.

Как-то раз я стоял в лондонском Музее науки и любовался моделью ДНК, реконструированной из деталей, которые сделали Уотсон и Крик. Подошла группа старшеклассников, учитель или экскурсовод рассказывала им, как было сделано открытие, что-то вроде описанного в самом начале главы. А у меня в голове вдруг зазвучали ахматовские строки:

*Когда б вы знали, из какого сора  
Растут стихи, не ведая стыда,  
Как желтый одуванчик у забора,  
Как лопухи и лебеда.*

*Сердитый окрик, дегтя запах свежий,  
Таинственная плесень на стене...  
И стих уже звучит, задорен, нежен,  
На радость вам и мне.*

Ключевое слово в этих строках — не «сор», а «радость». Причем радость не столько для автора произведения (открытия), сколько для окружающих. Трудно искать черную кошку в темной комнате, особенно если ты не знаешь, как выглядит кошка. Именно такими поисками и занимались ученые в пятидесятых годах прошлого века. Величие Уотсона и Крика состоит в том, что они точно угадали строение ДНК и тем самым показали своим коллегам, что и где искать. Насколько это важно, видно из событий, последовавших сразу же за первой демонстрацией гипотетической модели двойной спирали: Франклин и Уилкинс, долгое время бившиеся над расшифровкой экспериментальных рентгенограмм ДНК, свели концы с концами за несколько дней. Кроме того, модель позволяла сделать правдоподобные предположения о механизме копирования ДНК и о химической природе генетического кода. Если раньше генетики, образно говоря, торговали воздухом, то теперь они обрели твердую валюту в виде нуклеотидов и последовательности их соединения в цепи ДНК. После некоторого периода осмысления, неизбежного при всяком революционном открытии, ученые сосредоточили усилия на экспериментальной проверке высказанных предположений, что очень быстро привело к новым открытиям, многие из которых были удостоены Нобелевских премий. Это ли не повод для радости всего научного сообщества? А радость ученых сулит и нам, простым людям, приятные минуты, ведь их открытия рано или поздно превращаются в технологии, приспособления и устройства, делающие нашу жизнь более комфортной, веселой и безопасной.





**Джон Уоллер**

Правда и ложь в истории великих открытий  
М., Азбука-Аттикус, 2011

**В** истории науки множество мифов. Их герои, великие ученые — настоящие рыцари, которые бескорыстно и благородно жертвуют во имя науки всем, что у них есть. Но насколько мифы соответствуют истине? Английский историк науки Джон Уоллер, основываясь на исследованиях современных ученых, рассказывает о том, как на самом деле совершались великие открытия. Перед читателем разворачиваются драмы, полные борьбы идей и амбиций, и эти драмы не менее увлекательны, чем самые необыкновенные мифы.



**Генрих Эрлих**

Золото, пуля, спасительный яд.  
250 лет нанотехнологий  
М., Азбука-Аттикус, 2012

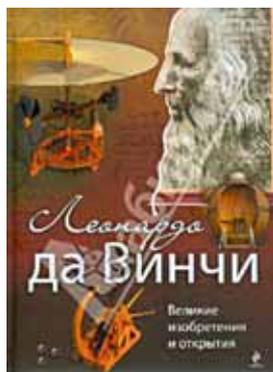
**Г**енрих Эрлих — не только доктор химических наук, профессор Московского государственного университета и серьезный ученый, но и прекрасный популяризатор науки, умеющий увлекательно и просто, без единой формулы рассказать об очень сложных вещах. Рассказывая о нанотехнологиях, он разрушает миф о том, что эти чудесные технологии появились только сегодня. На самом деле они существуют уже по крайней мере 250 лет, и за эти годы произошло много интересного. Обо всем этом, а еще и о судьбах удивительных людей, без которых наш мир сегодня был бы совсем другим, — эта книга



**Оксана Рымаренко**

Леонардо да Винчи: великие изобретения и открытия  
М., Эксмо, 2012

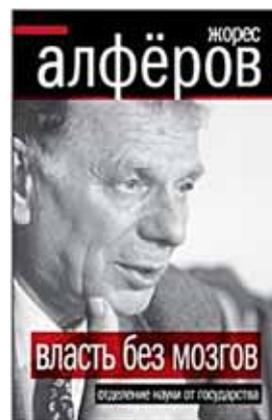
**М**атематика, анатомия, механика, гидротехника, военное искусство, авиастроение и архитектура — вот далеко не полный список научных интересов Леонардо да Винчи. На страницах книги исследования и открытия Леонардо в этих областях сравниваются с достижениями последующих эпох. И часто сравнение оказывается не в пользу наших современников.



**Жорес Алферов**

Власть без мозгов: отделение науки от государства  
М., Алгоритм, 2011

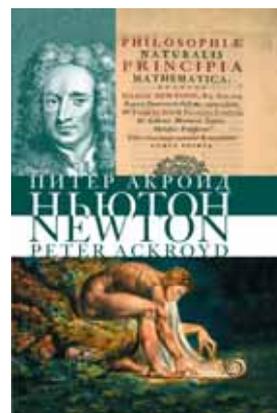
**Л**ауреат Нобелевской премии по физике и академик РАН Жорес Иванович Алферов известен также своей активной общественной деятельностью. Депутат Госдумы от КПРФ нескольких созывов, он всегда отстаивал интересы российской науки. Жорес Алферов считает, что десять процентов населения России, захватив в свои руки все национальные богатства, мало заботятся о том, чтобы наша страна вышла на передовые позиции в мире. В результате состояние науки в России близко к катастрофическому, тысячи и тысячи талантливых ученых вынуждены покидать Родину, а те, кто остается, работают в тяжелейших условиях. На словах власть заботится о научном потенциале государства, но на деле положение такое, что наукой сегодня занимаются только несгибаемые оптимисты.



**Питер Акройд**

Исаак Ньютон: биография  
М., Колибри, 2011

**П**роизведения английского поэта и прозаика Питера Акройда популярны во всем мире. Он — автор более четырех десятков книг. Значительное место в его творчестве занимают биографии, а один из любимых героев писателя — мыслитель, физик, астроном и математик Исаак Ньютон, чей вклад в естествознание невозможно переоценить. Рассказывая о Ньютоне, Акройд создает образ человека противоречивого, честолюбивого, но при этом истинного ученого, безгранично преданного науке, вся жизнь которого наполнена трудом и неустанной работой мысли..



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



КНИГИ

# Естественнонаучное для гуманитарного

Л.Хатуль

*Я не могу себя убедить, что стеклянная крыша вокзала станции Блетчли «реальнее» облаков. Если же рассматривать ее как произведение искусства, то она воодушевляет меня куда меньше, чем легендарный небесный свод. Переход к платформе № 4 — пусть даже в виде мостика — не идет для меня в сравнение с Биврёстом, радугой-мостом, который охраняет бог Хеймдалль с волшебным рогом Гьяллархорном.*

Джон Рональд Руэл Толкиен.  
О волшебной сказке  
(перевод С.Кошелева)

## Когда-то шутили: «водная часть»

Деление наук на математику, естественные и гуманитарные общеизвестно. Не менее общеизвестны анекдоты на эту тему, более или менее удачные шутки, профессиональное чванство и все прочее. Для аккуратности отметим, что это деление не является единственным: например, на одном сайте, где слово «естественные» на главной странице горделиво написали с тремя «с», предлагается деление на «фундаментальные, прикладные, естественные, технические, социальные и гуманитарные науки». Довольно часто при обсуждении непринужденно забывают про математику, поскольку не знают, куда девать, а класть отдельно — много чести. С другой стороны, В.А.Успенский писал: «В 1950-х годах по возвращении с индийских научных конференций московские коллеги-математики с изумлением рассказывали мне, что в Индии математику — при стандартном разделении наук на естественные и гуманитарные — относят к наукам гуманитарным. И на этих конференциях математикам приходилось сидеть не рядом с физиками, как они привыкли, а с искусствоведами» (см. «Химию и жизнь», 2010, № 4). Иногда объединяют науки гуманитарные и социальные, но чаще всего увлеченно обсуждают, кто с чем связан, кто на кого опирается, кто устойчивее и так далее. «Философия, сэр!» — сказал бы в этой ситуации Бэрримор. Спросите усердного школьника, сколько можно придумать классификаций, располагая N параметрами, принимающими для простоты по M значений каждый, — и ответ вас приятно удивит. Так что



Художник Стефан Грауд

обсуждать классификацию можно до утра, и легко набросать доводы за и против для любого варианта, но в данном случае цель иная: показать, как можно применять в гуманитарной области некоторые методы, которые существенно чаще используют в естественных науках. В некоторых случаях это дает возможность немного продвинуться в познании изучаемого объекта.

Если мы смотрим на что-либо сложнее и интереснее безграничного океана плодово-ягодного киселя, мы видим «что-то». Это — объекты, а то, что их

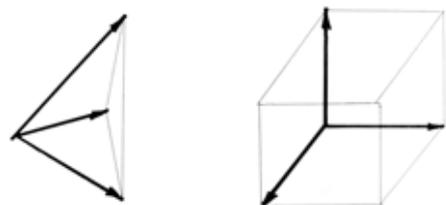
объединяет, — процессы. Не факт, что мы это понимаем: например, глядя на небо, мы не понимаем, что (кроме нашего удивления) объединяет звезды. Разве что — воображаемые линии, которые их соединяют в созвездия. Читатели «Химии и жизни», впрочем, знают, что группировка в созвездия имеет значение для определенного наблюдателя — в трехмерном космосе сгруппированные землянами звезды могут находиться не рядом. И глядя на людей, мы не всегда понимаем, что их объединяет, хотя на эту тему еще Кант кое-что сказал.

Рассуждая о мире объектов и процессов, мы характеризуем объекты параметрами, а процессы — скоростью изменения этих параметров, производной. Можно было бы объявить первичными процессы, а объекты — интегралами от процессов, «накоплениями процессов». И возможно, миллионлетние жители атмосфер газовых гигантов, персонажи романа Иэна Бэнкса «Алгебраист», именно так и поступали. Однако на убогой планетке с естественным названием «Земля», вращающейся вокруг неприметной звездочки спектрального класса G2, соотношение скоростей эволюции объектов, интенсивности процессов и скорости восприятия таково, что первичными большинство людей считает объекты и лишь физики согласны на большее равноправие полей и частиц.

Видение мира как объектов и процессов свойственно и естественным наукам, и гуманитарным, и даже — трудно поверить, но это так — математике! А что касается параметров, то мы сейчас о них и поговорим.

## Натягиваем оболочку

Начнем, как Фагот, с чего-нибудь простенького. Пусть у нас из одного места торчат в разные стороны три вектора, как три ветки. Предположим, что они прочные и жесткие, и натянем на них пленку. Получится косенькая трехгранная пирамида (см. рис.). Теперь вспомним



прямоугольную декартову систему координат, отложим значения параметров по осям и опять же натянем. Но не как физики, а как математики, которые натягивают так, чтобы реализовались все сочетания значений параметров. Получится многомерный (в нашем случае — трехмерный) куб.

На дискретном языке это выглядит примерно так. Если животное может быть кошкой, собакой и слоном, окрас — черным, белым и розовым, а размер — большим, средним и маленьким, то гуманитарий будет думать о маленьком белом котике, среднем черном псе «Сталкера» и большом розовом слоне после третьего стакана, а естественно-научник методично рассмотрит все девять вариантов. Большая черная пантера и маленький розовый слоник ничем не хуже! Такой подход применяют иногда и биологи, например классифицируя животных по типам организации: под-

вижное — неподвижное, двустороннее или радиально-симметричное... (Подробнее об этом см. в учебнике «Общая зоология» С.И.Левушкина и И.А.Шилова, который легко найти в Сети.)

Нечто похожее есть и у лингвистов, которые классифицируют звуки речи по множеству признаков, причем рассматривают звуки существующие, не существующие, но возможные и даже невозможные. Согласно одной из классификаций, звуки речи делятся на гласные, состоящие из тона, и согласные. Гласные классифицируются по шести артикуляционным признакам: ряд — в зависимости от того, какая часть языка приподнимается при произношении; подъем — в зависимости от того, как высоко приподнята спинка языка; лабиализация — сопровождается ли артикуляция звуков округлением вытянутых вперед губ или нет; назализация — опущена небная занавеска, позволяя струе воздуха проходить одновременно через рот и нос, или нет; долгота и, наконец, дифтонгизация (монофтонг — это акустически однородный гласный, дифтонг состоит из двух звуков). Классификация согласных проще, есть четыре основных артикуляционных признака согласных: соотношение шума и голоса, способ артикуляции, активный орган, пассивный орган. Существуют, однако, и другие классификации, использующие большее количество признаков, а есть и классификации, делящие звуки не на гласные и согласные, а на существенно большее количество классов. Но вернемся к нашему подходу.

Чем он хорош, если он применяется последовательно? Во-первых, он формален — на этапе конструирования идеи не требует мозгов. «Серое вещество» потребуется, но позже, для анализа допустимости, свойств и следствий сочетаний параметров. Во-вторых, метод позволяет выловить редкие сочетания и ситуации, которые иначе могли бы попасть в категорию «прочие». В-третьих, метод позволяет грамотно поставить вопрос о допустимости сочетаний параметров — действительно, почему не бывает больших белых котов? Ах, бывают? Тогда почему они так редки — тигры-альбиносы? Говоря шире, полнота перечня позволяет (и для дискретной модели, и для непрерывной) исследовать корреляции, наполнение ячеек нашего многомерного куба. То есть узнать много нового о мире, который вовсе не плодово-ягодный кисель. Кстати, о дискретности и непрерывности.

## Плавно или прыжочками?

Параметр может изменяться непрерывно и дискретно. Примеры очевидны: скорость ветра за окном и температура



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

непрерывны, а погоду в целом мы характеризуем дискретно — хорошая или плохая. Свойства человека непрерывны, а мы смело говорим — с этим человеком приятно общаться, а с этим — только по необходимости. Разумеется, людьми, если они не экономят трафик и не общаются «на бегу», эта проблема решается уточнением описания, рассказом об отдельных значениях, построением непрерывных шкал и так далее. В частности, построение непрерывных шкал практикуют в социологии, которая является отчасти и гуманитарной наукой.

Вот и идут по городу двое, взявшись за руки, и не о чем им поговорить. «Как погода?» — «Ничего». Дальнейшее — молчание. Но как было бы здорово: скорость и направление ветра, температура, влажность и инсоляция до третьего знака, с дискретностью три метра по пространству и шагом три секунды по времени — рта не закрыть! Физик бы добавил тут два мелких замечания: во-первых, мы не говорим (не до того) о принципиальной дискретности некоторых (возможно, что и всех) физических величин, во-вторых, любое округление — тоже дискретизация. А математик бы глумливо заметил, что и вообще любое конечное (иными словами, просто любое) описание есть тоже дискретизация. Ибо бесконечных описаний не бывает (далее они оба дуэтом) ввиду конечности нашей Вселенной.

Дискретизация упрощает жизнь, и поэтому она эволюционно целесообразна: школьники — умные или глупые, препода — злые или добрые, люди — мальчики или девочки, на дворе — день или ночь. Но она же существенно уменьшает возможности для исследования мира, делая недостижимым оптимальное решение, ибо никто не позаботился, чтобы именно три порции мороженого доставили Вовочке неземное наслаждение в виде ангины и прогула контрольной. Вдобавок дискретность в виде ЕГЭ дискриминирует гениального, но медленно соображающего школьника, выставляет в неверном свете не столь злого, сколь требовательного препода, а женоподобный красавчик общается с девочкой, останавливающей на скаку лошадь, — причем общается в сумерках.

Поэтому, если мы характеризуем наш объект каким-то дискретным параметром, всегда имеет смысл задуматься, а возможны ли промежуточные значения? Не непрерывен ли на самом деле параметр? Однако при переходе к непрерывным параметрам может развернуться чудовищная пропасть. Вырываются серные пары, и вздрагивает земля...

## Пропасть по имени кластер

При попытке перехода от одного значения параметра к другому может оказаться, что промежуточные значения редки или вовсе не встречаются. Например, неравномерно распределены размеры кошачьих — «средних» видов мало по сравнению с мелкими и крупными. Неравномерно распределены по цветовому треугольнику цвета животных. Между травоядными и плотоядными — пропасть: всеядных мало (люди, медведи, иногда к ним также причисляют крыс и енотов). Хотя в последнем случае какая-то ясность есть: свойства плотоядного и травоядного трудно сочетать в одном организме, зубы у них разные, да и пищеварение. Есть ограничения для размеров, например для сухопутных животных сверху — прочностью, для теплокровных снизу — возможностью поддержания теплового баланса, для насекомых сверху — диффузией (согласно Станиславу Лему). Но в остальных случаях разумно задуматься: почему размеры и цвета именно такие?

Ситуация может быть и сложнее. При попытке перехода от одного значения к другому (от глупого к умному, от мальчика к девочке и др.) может оказаться, что непрерывности нет, хотя видно, что есть промежуточные варианты. Это означает — то, что мы приняли за значения параметра, на самом деле было кластером, собранным из значений нескольких параметров. То есть «ум» и «пол» — это комбинация многих параметров. Для ума это, например, скорость решения простых задач, выбор правильного пути преобразований, знание методов решения, навык применения методов, информированность в разных областях. Эта тема, кстати, вообще темный лес, одних «общепринятых» теорий интеллекта больше, чем пальцев на руке. То же относится к полу — генетический, анатомический, социальный, по самоопределению, по реакции окружающих, по психологическим тестам. Во многих случаях они с достаточной точностью совпадают, и то мы иногда говорим — «он вел себя не по-мужски», «она была недостаточно женщиной», «вот настоящий мужчина». А ведь есть в языке и кластеры: «во баба!», «экий мужичонка»...

Поэтому если вам на вашем жиз-

ненном пути встретится параметр с дискретными значениями, есть смысл посмотреть, нет ли непрерывного перехода. Но запаситесь болотными сапогами, вехой, а может — каской, нестигаемой накидкой и кислородной маской. По обстоятельствам. Кстати, в тех краях сотовые не работают, и МЧС туда пока не летает. Кстати, насчет «пока».

## Пока, сейчас, потом, вот-вот

Зависимость от времени настолько общеизвестна, общепринята и обще(не) понятна, что предложением рассмотреть зависимость чего-то от времени человека удивить трудно. Однако в практической работе исследователь иногда пренебрегает зависимостью от времени, и зря: как рядовой из анекдота все время думал о женщинах, так и исследователь всегда должен думать об этой зависимости. Не только потому, что это интересно, не только потому, что можно ошарашить студентов фразой: «Вот помню, Аменхотеп как-то мне говорит — гиксосы, блин, беспокоят...», — но и по более важным причинам. Например, могут выявиться связи параметров, которые не видны в статике. Как выразилась однажды на приеме у врача маленькая девочка, которой надоели стенания родителей: «Дядя доктор, если бы я ничего не кушала, то как бы я выросла?». При этом связи могут оказаться лишь корреляциями. А могут — и функциональными зависимостями. В корреляциях имеет смысл покопаться — они бывают многих типов. Например, может оказаться, что значения двух параметров связаны, а если подключить третий — обнаруживается функция. Может оказаться, что связь лишь статистическая. Может оказаться, что значения одного параметра ограничивают значения другого. И так далее.

Разумеется, филологи занимаются историей литературы, лингвисты занимаются историей языков, а самые отчаянные — вообще возникновением языка как такового, глоттогенезом. Гуманитарная наука история — сплошная зависимость процессов от времени. Однако историю любого объекта и процесса можно изучать по-разному, гуманитарные науки предпочитают рассматривать объект «в целом» и рассматривать его эволюцию описательно, естественные же предпочитают рассматривать временные зависимости точно определенных параметров, и тут описательным подходом не обойтись. У историков, однако, есть подобласть «клиодинамика», которая как раз и занимается вполне «естественно-научными» исследованиями зависимости параметров от времени.

Причем, как это ни странно, даже в самой что ни на есть естественно-научной физике, даже на уровне школьной физики, бывает легче найти зависимость какой-то величины от времени, чем ее отдельное значение. Причин этому может быть две. Во-первых, пытаюсь понять зависимость от времени, мы начинаем понимать «физику явления», то есть что от чего зависит. Во-вторых, иногда бывает легче проанализировать ход процесса, идя от какого-то одного значения (например, начального или конечного). Впрочем, для многих ситуаций, например нарушения устойчивости, как раз ход процесса «с начала» проанализировать принципиально трудно. Сам термин «начало» в этом случае приобретает некоторый особый смысл. Кстати, о смысле терминов.

## Есть ли психология у масс

Физик в основной, устоявшейся части своей науки редко задумывается о смысле терминов, и, если его спросить, что он имеет в виду под напряжением, сопротивлением и током, он удивится. Разве что речь пойдет о баллистической проводимости и прочих квантовых штучках. Но если разговор пойдет о темной массе, энергии и прочих темных вещах, которые не становятся светлее от картинок в глянцево-научно-популярных журналах, может потребоваться уточнение.

У гуманитариев и полугуманитариев (например, социологов и психологов) ситуация сложнее — даже в сердцевине их области термины определены не вполне четко. Сам по себе процесс согласования смысла терминов необходим, а если им пренебрегать, разговоры становятся более эмоциональными и менее содержательными. Но иногда неопределенность терминологии выливается в заимствование терминов из других областей. Скажем, социологи заимствуют термины из бытовой речи и у психологов — про общество и государство говорят: хочет, сопротивляется, озадачено, убаюкано, осознает... Причина понятна: взаимодействие человека с человеком наиболее непосредственно, а в начале жизни абсолютно доминирует, поэтому способ восприятия и, следовательно, терминология вырабатываются на его основе. На следующем этапе после психологических терминов начинают применять психолого-оценочные (умный, разумный, терпимый, жестокий), а потом и просто оценочные (хороший, плохой). На очередном этапе начинают сравнивать, допустим, индивида и общество и изрекать афоризмы вроде «толпа всегда глупее человека».

Уж если нам приспичило применять психологический термин к ансамблю, надо делать это для начала хотя бы

формально корректно. Например, можно определить этот параметр для всех элементов ансамбля или для репрезентативной выборки и далее как-то обрабатывать, вычислять среднее, или брать сумму «с весами», или как-то еще. Разумеется, это лишь формально корректное определение, но, имея его, можно начать задавать вопросы о реальном, проявляющемся в действиях, интеллекте группы – то есть ее способности решать задачи. Проблема в том, чтобы найти обработку, при которой интегральный параметр получается содержательным, то есть дающим возможность находить какие-то закономерности, выдвигать какие-то проверяемые гипотезы, что-то предсказывать. Все это вместе почти наверняка можно назвать пониманием.

Другой способ введения интегрального параметра — придумать реальную измерительную процедуру, действу-

ющую в отношении всего ансамбля сразу. Например, можно сказать, что некто разочаровался в жизни, но как определить, разочаровалось ли в жизни общество? Возможно, по частоте самоубийств или уклонению от участия в свободных выборах. Кстати, по самоубийствам среди мужчин рекордсмены сегодня Литва, Россия и Белоруссия, среди женщин — Литва, Япония и Венгрия. Конечно, тут есть что возразить, но, по крайней мере, можно надеяться, что попытка определения терминов поможет нам что-то понять.

Заметим, что тут рядом находится давно мучающий меня неразрешимостью и дразнящий загадочностью вопрос о соотношении значений параметра группы и выбранного ею человека, а также большей по численности группы и выбранной ею меньшей. Действительно, при каких условиях чест-



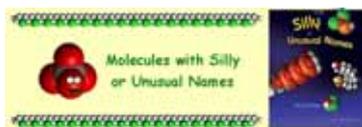
## РАЗМЫШЛЕНИЯ

ные люди выбирают в президенты вора, а умные — дурака, при каких условиях общество, в котором лишь меньшинство знает законы и умеет организовать деятельность, выбирает законодательный орган из юристов, а правительство — из хороших менеджеров? Вот бы понять все это...



# Полезные ССЫЛКИ

## Molecules with Silly or Unusual Names



<http://www.chm.bris.ac.uk/sillymolecules/sillymols.htm>

«Верьте или не верьте, некоторые химики обладают чувством юмора, что и подтверждает эта страница. Здесь мы покажем вам некоторые *реально существующие* химические вещества с необычными, забавными или удивительно дурацкими названиями. Если вам известны другие кандидаты на эту страницу, пожалуйста, дайте мне знать», — пишет Пол Мэй, автор книги с тем же названием, что и эта страница на сайте Бристольского университета (<http://www.chm.bris.ac.uk/>). Чтобы посмеяться над некоторыми химическими шутками, необходимо знание английского, а значит, химикам, изучающим английский, она будет особенно полезна. Хотя младшим школьникам мы бы ее не рекомендовали. Например, первым в списке идет аналог пиррола — пятичленное кольцо, содержащее атом мышьяка, и называется он «arsole», шесть же таких молекул, соединенных вместе, неминуемо окажутся «sexiarsole». Есть в коллекции и молекула удивительной трехмерной формы — бастардан, и «mogonic acid», которую все компьютерные программы переводят на русский как «идиотская кислота». Сходная проблема у «diabolic acid» и «angelic acid». Девятиатомный углеводноз — «nopose» — напоминает англоговорящим о гриме Вольдеморта из фильмов про Гарри Поттера, «и, вероятно, она ничем не пахнет, многие сахара лишены запаха», комментирует автор. Из смешных названий, которые даны намеренно, стоит отметить птеродактиладиены — у этих молекул и в самом деле есть плоские суставчатые «крылья».

## Лекции ведущих лекторов России в свободном доступе

Lektorium.TV

<http://www.lektorium.tv>

Некоммерческий проект, предоставляющий бесплатный доступ к видеозаписям лекций. Коллекция, на наш взгляд, пока бедновата, но надо учитывать, что проект только что миновал пилотную стадию. Представлены будут все научные дисциплины, «с упором на академическое образование». В коллекцию войдут лекции для абитуриентов, презентационные лекции (кафедральные, введение в специальность), потоковые лекции (академические и спецкурсы), а также публичные выступления приглашенных специалистов. Появится возможность публиковать списки литературы, слайды, стенограммы, а также форумы и комментарии, где слушатели смогут сказать, как им понравилось. Участие в проекте сугубо добровольное, выкладывать записи могут только правообладатели. Платить за выкладывание им не придется, но видеозапись и монтаж вузы и лектории должны производить собственными силами. (Тех, для кого это сложно, организаторы проекта берутся обучить.) Финансируют проект Федеральное агентство по делам молодежи и частные лица, рассматривается возможность субсидирования Министерством образования.

## The Extrasolar Planets Encyclopaedia

The Extrasolar Planets Encyclopaedia

<http://exoplanet.eu/index.php>

Центр «ставит своей целью сохранение и развитие традиций Проект сотрудника парижской обсерватории Жана Шнайдера. Постоянно обновляемая информация по планетам, обнаруженным вне Солнечной системы. Сайт не популярный, то есть предполагает у пользователя определенный запас знаний (хотя бы о том, какими методами пользуются ученые, чтобы искать экзопланеты). Но для человека, который хоть немного представляет себе, что хотел бы найти, каталог очень полезен.



# О счастье и долголети

Суматранский орангутан *Pongo abelii* из зоопарка Филадельфии  
выглядит довольным жизнью

**Е**сли спросить человека, счастлив ли его ближайший сосед или хороший знакомый, он вряд ли ошибется. Но в чем оно состоит, это счастье? Его попытаются оценить объективно, как сумму произошедших в жизни благоприятных и печальных событий или же материальных и карьерных достижений: престижной работы, хорошей зарплаты, наличию друзей, известности. И здоровье — без него, конечно, никуда. Но нам также прекрасно известно, что люди ощущают себя счастливыми в разных обстоятельствах. Кого-то удовлетворит «маленький домик, русская печка», а другому непременно подавай «новые деньги, новые связи». Иногда молодые, богатые и здоровые люди недовольны жизнью, а пожилые и не вполне обеспеченные считают себя счастливыми. Это эмоциональное состояние удовлетворенности собой, своей жизнью и окружающим миром психологи называют не счастьем, а субъективным благополучием. (Счастье в их понимании — кратковременное эмоциональное переживание.) Психологи, преимущественно английские и американские, исследуют субъективное благополучие уже четверть века. Чтобы оценить его степень, существуют опросники разной сложности, но нередко людей, удовлетворенных жизнью, можно определить на глазок — они чаще улыбаются, менее конфликтны, более приветливы и даже болеют реже. Не исключено, что субъективное благополучие служит показателем психического и физического здоровья, которое позволяет хорошо работать, нравиться окружающим и жить в ладу с собой.

Ученые любят проводить параллель между людьми и человекообразными обезьянами. Интересно, как у них обстоит дело с субъективным благополучием, связано ли оно со здоровьем и долгими годами жизни? И если да, то хорошо бы определить показатели обезьяньего благополучия, чтобы в дальнейшем использовать их как индикатор здоровья животных.

Эту работу провели специалисты Эдинбургского университета и университета Аризоны под руководством британца Александра Вейса («Biology Letters», 2011, № 7, с. 872–874, doi:10.1098/rsbl.2011.0543). Исследователи проверили, влияет ли субъективное благополучие на долголетие орангутана — одной из самых высокоразвитых обезьян.

В естественных условиях орангутаны живут до 35—45 лет. Самки производят потомство с 15 до 30 лет, раз в 3—6 лет по детенышу. Самцы взрослеют к 12 годам. Но в зоопарке при хороших условиях орангутаны доживают до 60 лет, и репродуктивный период тоже продлевается. Группа Вейса работала с обезьянами, которых содержали в неволе. Со стороны приматов в исследованиях участвовали 100 суматранских орангутанов *Pongo abelii*, 54 борнейских орангутана *Pongo pygmaeus* и 30 межвидовых гибридов из 42 зоопарков Соединенных Штатов, Канады, Австралии и Сингапура. Их возраст составлял от 10 до 34 лет.

Большую часть орангутанов (172 обезьяны) освидетельствовали на предмет субъективного благополучия. Этим занимались 113 сотрудников зоопарков, имеющих длительный опыт работы с орангутанами и, следовательно, хорошо знакомых с особенностями их поведения. С каждым орангутаном поработали от одного до шести наблюдателей, каждый наблюдатель просмотрел от одной до двадцати двух обезьян, при этом специалисты не должны были обмениваться мнениями. Наблюдатели заполняли опросник, составленный авторами исследования. В трех первых пунктах они отмечали по семибалльной шкале относительную частоту хорошего и плохого настроения каждой обезьяны; удовольствие, получаемое ею от социальных контактов, и способность достигать поставленной цели — добиваться своего. В четвертом пункте наблюдатель указывал, опять-таки по семибалльной шкале, каково было бы ему провести неделю в таких условиях, будь он орангутаном.



Оба рисунка из <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/>

### Борнейский орангутан *Pongo pygmaeus*

Ученые предварительно апробировали опросник на 152 из этих обезьян и выяснили, что у орангутанов, как и у человека, субъективное благополучие сочетается с низким невротизмом, более высокой экстраверсией, то есть интересом к другим объектам и внешним событиям, и низкой конфликтностью. Оценки, которые дают одной и той же обезьяне разные наблюдатели, отличаются незначительно.

В течение семи лет после этого исследования умер 31 орангутан, из них 25 — в первые 3,4 года после обследования. Вооружившись родословными книгами зоопарков, ученые определили, как влияют на вероятность смерти объективные факторы: пол, возраст, видовая принадлежность, количество перевозок, выпавших обезьяне на протяжении жизни. Оказалось, что самцы за отчетный период умирали в 2,5 раза чаще самок. Пожилые обезьяны тоже входят в группу риска, вероятность умереть ежегодно увеличивается на 10%. Но видовая принадлежность на риск смерти не влияет: между суматранскими и борнейскими орангутанами, а также между чистокровными обезьянами и гибридами разницы нет. Большое количество перевозок тоже не приближает кончину.

Исследователи разработали математическую модель, которая учитывает эти показатели и позволяет вычислить вероятность смерти для каждой обезьяны в определенный год. И оказалось, что некоторые орангутаны умерли раньше теоретически ожидаемого срока, а другие, напротив, живы, хотя по расчетам пора бы уже. Срок жизни обезьян, помимо объективных показателей, зависел и от их самоощущения. При высоком или низком субъективном благополучии отклонение от теоретически ожидаемой вероятности умереть составила 5,67 лет в ту или иную сторону, то есть разница между самым счастливым и абсолютно несчастным орангутаном равна 11,34 лет.

Исследователи пока не берутся объяснить, почему субъективное благополучие продлевает жизнь, но предлагают несколько гипотез, подходящих, по их мнению, не только для обезьян, но и для человека, и, может быть, для других животных.

Одна возможность состоит в том, что поведение, характерное для особи с низким субъективным благополучием, в то же время служит индикатором начальной, скрытой стадии заболевания или другой проблемы со здоровьем. Вторая гипотеза предполагает, что низкое субъективное благополучие орангутанов есть следствие постоянного действия стрессующих факторов, которые вызывают хроническую



## ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

активацию гипоталамуса, гипофиза и надпочечников, что, в свою очередь, ведет к преждевременному изнашиванию организма.

Нельзя также исключить, что состояние субъективного благополучия представляет собой маркер генетического качества. А качественных особей всегда охотно выбирают половые партнеры, и субъективное благополучие таким образом наследуется. Кстати, исследования, проведенные на людях, в семейных группах и близнецовых парах, показали, что «счастье» может быть генетически предопределено. Ученые еще не проверили эти гипотезы, но собираются. Они также предполагают провести сравнительные исследования орангутанов в зоопарках и на воле и выявить средовые факторы, влияющие на субъективное благополучие и смертность обезьян.

Вопрос можно поставить и по-другому: что первично — самочувствие или субъективное благополучие? Иными словами, делают ли здоровье или болезнь обезьян более или менее счастливыми, или наоборот — субъективное благополучие, некий внутренний настрой, предрасполагает их оставаться здоровым или заболеть? Но, даже не имея ответа на вопрос, приводит ли счастье к долгой жизни или хорошее здоровье делает обезьяну счастливой, Александр Вейс и его коллеги надеются, что их результаты пригодятся для улучшения жизни орангутанов. Они отмечают, что степень субъективного благополучия зоопарковских человекообразных обезьян представляет собой надежный индикатор их состояния. И с помощью простого опросника из четырех пунктов можно получить важную диагностическую информацию о состоянии здоровья обезьяны и о том, насколько комфортна для нее среда обитания. Возможно, животным, которые выглядят несчастными, необходимо уделять особое внимание, и таким образом удастся продлить их жизнь. Исследователи не исключают, что их данные будут полезны и другим животным, а возможно, и человеку.

**Н.Анина**

### **P.S.** **А что в Московском зоопарке?**

Московские орангутаны не участвовали в исследовании, и об их субъективном благополучии данных нет. Однако сотрудники Московского зоопарка делают все возможное, чтобы сделать существование орангутанов максимально комфортным. Дело не только в физических условиях. Нужно обеспечить психическое здоровье животных, образ жизни, соответствующий их высокому интеллекту. В вольерах у обезьян любимые предметы, сложные конструкции для лазанья из бревен и канатов, прозрачные «стаканы-головоломки», из которых орангутаны могут палочками доставать любимые лакомства — орешки и цукаты. Некоторые московские орангутаны рисуют цветными мелками. Похоже, субъективное благополучие у них на должном уровне.

# Мороженое

**Что за продукт мороженое?** Мороженое — это десерт, изготовленный из молочных продуктов (сливки, молоко, масло) с добавлением сахара, яиц и наполнителей: фруктов, варенья, печенья, орехов или шоколада. Однако таким состав мороженого стал лишь в XVIII веке, а до того этим именем называли замороженные фруктовые соки с сахаром, фруктами и орехами.

Мороженому не менее пяти тысяч лет. В Китае, на Востоке и на юге Европы его ели для прохлаждения, и было оно дорого, поскольку лед приходилось возить издалека; в Рим, например, его доставляли с альпийских ледников. А в наших краях, где снега больше, чем фруктов, мороженое было сезонным зимним блюдом, причем молочным. Мелко наструганным замороженным молоком угощались еще жители Киевской Руси. Во многих российских деревнях на Масленицу готовили смесь из замороженного творога, сметаны, изюма и сахара, да и при дворе такое лакомство очень любили.

И по сей день мороженое разделяют на две большие категории: шербаты (сорбеты), которые состоят только из воды, сахара, фруктов или какого-то другого наполнителя, например алкогольных напитков, и собственно мороженое — молочный продукт. Его подразделяют на молочное мороженое, содержащее 3—8% жира и около 20% сахара, сливочное (около 10% жира и 15% сахара) и пломбир — самое жирное и калорийное сливочное мороженое, в состав которого входит не менее 15%, а лучше 18—20% жира и 14% сахара. Название оно получило от французского городка Пломбьер, где его начали делать в XIX веке. Насчет йогуртового мороженого мнения специалистов расходятся: кто-то считает его разновидностью молочного мороженого, а кто-то — замороженным йогуртом.

**Как делают мороженое?** В промышленных условиях технология производства мороженого состоит из трех основных этапов: приготовления смеси, фризирования, расфасовывания и закаливания.

Все ингредиенты мороженого смешивают при температуре около 60° и под давлением. Перемешивать надо очень тщательно, иначе в готовом продукте на зубах будет хрустеть лед — компоненты мороженого содержат 55—64% воды. Полученную эмульсию фризируют, то есть охлаждают примерно до двух градусов и при этом взбивают, насыщая воздухом. Без воздушных пузырьков мороженое было бы слишком плотным. Оптимальное содержание воздуха в мороженом составляет 3—15%. Взбитую охлажденную массу фасуют и закаляют (домораживают) при температуре -25—37°С. Это необходимо для того, чтобы вся вода, содержащаяся в продукте, превратилась в лед и чтобы не происходило потерь воздуха после фризирования. Температура мороженого после закаливания не должна быть выше -12°С. Напоследок мороженое 24—36 часов выдерживают в закалочных камерах или закладывают на хранение.

Чтобы замороженная эмульсия, насыщенная воздухом, дольше хранилась, не опадая, не промерзая и не расслаиваясь, в мороженое в процессе приготовления добавляют стабилизаторы и эмульгаторы. Стабилизаторы, в том числе агар-агар, агароид (полисахарид, получаемый из черноморских водорослей рода *Phyllophora*), альгинат натрия, казеинат натрия, пектины, картофельный или кукурузный крахмал, связывают часть воды и препятствуют разрастанию кристаллов льда, в их присутствии мороженое легче взбивается, лучше сохраняет структуру и медленнее тает. Эмульгаторы, в основном липиды, обеспечивают стойкость эмульсии. Благодаря им мороженое даже при таянии остается пышным.

**Как определить качество мороженого?** Одна из главных проблем при изготовлении мороженого — заморозка. Когда во второй половине XX столетия появились дешевые холодильные машины, мороженое немедленно превратилось из дорогого лакомства в общедоступный продукт, который пользовался огромным спросом, и это вызвало у производителей желание снизить его себестоимость.

Самый простой способ — добавить в мороженое поменьше сливок и побольше стабилизаторов и хорошенько насытить продукт воздухом; иногда он занимает более половины конечного объема. Мороженое получается менее жирным и воздушным в буквальном смысле этого слова, что не так уж и плохо для любителей низкокалорийных продуктов, разумеется, если платить приходится за вес, а не за объем.

Еще одна популярная рационализация — замена животных жиров на растительные. Чаще всего производители используют кокосовое масло, полезное и приятное на вкус. Оно застывает при температуре около 23°С. Продукт получается вполне доброкачественный, но мороженым его нельзя назвать





по определению — основу мороженого составляют компоненты животного происхождения, и масло в нем может быть только сливочным. А то еще придумали заменять настоящее молоко соевым! Если мороженое белое как бумага, значит, без сои не обошлось. Настоящее мороженое белоснежным не бывает, но для сокрытия бледности существуют пищевые красители. В общем, внимательно читайте этикетку. И обратите внимание на стабилизаторы — лучше, когда они натуральные: агар-агар или желатин. Что же касается шоколада, то в шоколадном мороженом его должно быть не менее 6% (или 2,5% какао).

Настоящее мороженое тает медленно, сохраняя при этом пышность; если оно глазированное, то глазурь тает вместе с мороженым, а не отваливается от него.

**Кто придумал эскимо?** Для многих эскимо — мороженое на палочке. Однако вначале так называли сливочный брикет, покрытый шоколадной глазурью. Существуют по крайней мере две версии происхождения эскимо. Рассказывают, что рецепт глазированного мороженого придумал Шарль Жерве, один из основателей французской сыродельной компании «Жерве». Это мороженое в 1922 году продавали в парижском кинотеатре, где шел документальный фильм об эскимосах «Нанук с Севера». С легкой руки зрителей новый сорт мороженого стали называть «эскимо». Почему преуспевающий сыровар обратил внимание на мороженое, история умалчивает. Не исключено, что он позаимствовал изобретение у американца датского происхождения Христиана Кента Нельсона. Нельсон был учителем и владельцем кондитерского магазина, следовательно, хорошо разбирался в детской психологии. Идея покрыть мороженое шоколадной глазурью пришла ему в голову, когда он наблюдал за юным посетителем магазина, который никак не мог решить, чего ему больше хочется: мороженого или шоколадки. В 1921 году Нельсон запатентовал свое изобретение вместе с производителем шоколада Расселом Стовером. Новый сорт назывался eskimo pie — эскимосский пирожок. А палочку в этот пирожок стали втыкать лишь в 1934 году.

**Что такое куветюр?** Шоколадная глазурь не только придает мороженому новый вкус, но и увеличивает срок его хранения, защищая поверхность. Натуральная глазурь, в состав которой входит тертое какао и какао-масло, называется куветюр. Однако масло какао стоит дорого, и его частично или полностью заменяют другими маслами (пальмовым, соевым, рапсовым). Такая глазурь называется шоколадной. А бывает еще молочно-шоколадная, с пониженным содержанием какао и с добавлением сухого молока, и ореховая — из тертых орехов.

**Из чего делают крем-брюле?** «Крем-брюле» переводится с французского как «обожженные сливки». Это холодный десерт из заварного крема с карамельной корочкой. Крем запекают, чтобы он затвердел, а затем либо обливают жженым сахаром, либо поджигают его непосредственно на поверхности десерта. А мороженое крем-брюле — сливочное с карамелью или карамельным вкусом. Домашние рецепты его приготовления часто включают вареную сгущенку.

**Чем полезно мороженое?** Перед нами порция мороженого — холодного, жирного, сладкого и калорийного: в 100 г продукта от 200 до 400 калорий. Полезно ли оно? Да!

Прежде всего мороженое содержит витамины А, В, D, E, P и минеральные вещества, в состав которых входят магний, калий, фосфор, железо, натрий. Одна порция мороженого обеспечивает 20—30% ежедневной нормы кальция, который не только укрепляет кости, но и стимулирует быстрое сжигание жира. Да-да, мороженое нам, оказывается, худеть помогает.

Люди толстеют потому, что едят слишком много, в том числе часто перекусывают между трапезами: то конфеткой себя побалуют, то баночкой сладкой газировки. Порция газировки содержит столько же калорий, сколько стаканчик мороженого, но не заглушает чувства голода, и человек продолжает есть. А мороженое — легко усваиваемый и питательный продукт — насыщает, после него уже не возникает желания подкрепиться. Так что, перекусывая мороженым, человек защищается от переедания. Разумеется, надо следить за калорийностью порции. Диетологи советуют выбирать сливочное мороженое, оно более сытное, чем молочное, и все же не такое калорийное, как пломбир. Шоколада лучше избегать: пусть продукт будет с натуральными фруктами или орехами или вовсе без добавок.

Мороженое — источник незаменимой аминокислоты L-триптофана, которая участвует в синтезе мелатонина и серотонина — гормонов, регулирующих настроение и стрессовые реакции. Мороженое, содержащее L-триптофан, успокаивает нервную систему и стимулирует иммунитет.

Ларингологи советуют закалять мороженым горло — это как обливание холодной водой, только его надо облизывать, а не откусывать кусками. Слизистая оболочка закаленного горла будет устойчива к действию болезнетворных микробов.

Мороженое не показано людям с больной печенью и сахарным диабетом, остальные могут есть его ежедневно с удовольствием и большой пользой для себя. В разумных количествах, естественно

Н. Ручкина





# На небо по звездочки



Екатерина Медведева

ФАНТАСТИКА

Хорошо ничего не делать, лежать ночью в стогу да смотреть, как дрожит-вздыхает вверху черное с золотом покрывало. Небесная Хозяйка его встряхивает иногда, и, как крошки со скатерти, сыплются с неба звездочки. Подбери себе такую, дырочку проделай да на шею повесь — и станешь самым счастливым.

Ешка видел такие звездочки у Сомы-везунчика на шее, аж три, и все разные — одна синяя, вторая черная искристая, а третья как кусочек льда. Это потому, что первую нашел Сомы на дне колодца, вторую — в забившемся дымоходе, а третью — зимой, когда прорубь на реке высекал. Тусклые эти звезды, правда, совсем не такие, как на небе. Может, и ненастоящие? Но желания Сомыны сбылись, это точно — и сам не болел, и жена-красавица не старела, и коровы его каждый год по два теленка приносили.

Ешке бы тоже звезду. Не для себя, зачем ему. Для Марии.

Видели, как несет хозяйка из хлева полный доверху подойник с молоком? Она идет медленно и торжественно, неся подойник, будто священный Грааль из колдуновых сказок. Мария ходила так всегда. Как священный Грааль, она несла себя. У нее были редкой красоты золотистые волосы. Они сверкали и переливались на солнце, так и хотелось дотронуться и погладить. Таких волос не было ни у кого в королевстве, Ешка знал доподлинно.

Мария была Ешкиной соседкой.

Мария была прекрасна.

Мария отказывала всем женихам.

Говорила, что выйдет замуж только за того, кто ей звезду с неба достанет.

На самом деле врала, конечно. Вся деревня знала, что Мария хочет замуж за короля. Он проезжал раз в пять лет по здешней дороге на королевскую охоту — ловить редкого зверя шевелюра — и вот-вот должен был появиться. Пять лет назад Мария еще мала была, а сейчас в самом соку. Вот и спроваживает ухажеров за звездой на небо, а сама у окошка сидит, косу плетет, в огороде работать отказывается, чтоб белые руки свои не портить. Да родители особо и не заставляют. Кому ж неохота королевскими родственниками заделаться.

Ешка, конечно, не надеялся всерьез, что Мария согласится за него замуж. Красота такая — и за дурачка деревенского, пастуха коровьего?.. Но ведь говорят, что дуракам везет, вот он на авось и понадеялся. А она взглядом холодным его окинула да отшила так, что вспоминать стыдно. Вот и решил Ешка — принесет он ей звезду, подарит при всем народе, а как придется ей держать слово, тогда Ешка и скажет: «Да не хочу я на тебе жениться. Раздумал. Не так уж ты и хороша». И пусть

себе загадывает что хочет — замуж за короля или жизнь вечную-бессмертную, это уже не его, Ешкино, дело.

Да только загвоздка вышла. Звезды на земле искать — замаешься. Одни всю жизнь по старым штольням да оврагам лазают без толку, другим звезды сами в руки прыгают. Ешка был явно из первых. Поэтому все чаще поглядывал на небо, где этих самых звезд — не сосчитать. Небо-то — вот оно, кругом, куда ни посмотри. Да только дорожки туда нету. В церкви говорят: как помрешь, так вмиг на небе окажешься, но Ешка надеялся сыскать тропку пусть и подлиннее, но зато чтоб и назад выпускали.

И отправился Ешка к местному колдуну. К нему все ходят — кто красавицу приворожить, кто корову раздоить, кто сказки послушать. А колдун молодой, наглый, за словом в карман не лезет, девки его страсть как любят — высокий, рыжий, один глаз синий, другой коричневый. Днем ходит он в старых одежках, а на ночь надевает кафтан, звездным небом да зарницами вышитый, каждая пуговка — как звездочка сияет. Красота. Ешка в город ездил, хотел себе такой же, да не нашел.

Станный этот колдун. В доме — ни тебе пучков травы заговоренной, ни котла, ни черного кота или там вороны. Он и не колдунствует особо. Все больше в огороде копается. То черную морковку вырастит, то белую редиску. Овощ, говорит, у вас тут хорошая, сочная. Так известное дело, деревня-то на черноземах стоит, палку в землю воткни — расцветет. Ешка часто к колдуну заходил — не с просьбами, а так, за жизнь поговорить. Заодно то семян огуречных приносил, то с навозом помогал и пугало смастерил знатное, сам поначалу боялся. Ну а как не помочь. Ведь колдун колдуном, а как лопату держать правильно, не знает, репу от редьки поначалу отличить не мог. Ешка и учил его огородничать. За эту науку Рыжий обещал ему при случае подсобить. Вот он, случай-то, и настал.

Рассказал Ешка свою просьбу, но так, без подробностей: хочу, мол, звезду с неба, мечту заветную исполнить. Улыбнулся колдун:

— Ишь какой шустрый. Звезду, и **пря**м с неба. Может, тебе луну сразу?

Ешка пальцем песок поковырял и настойчиво объяснил, что луна ему без надобности, а вот звезда нужна до зарезу.

— Да ты понимаешь ли, дурак, чего хочешь? — взвился было колдун. А потом примолк, задумался, будто вспоминал кого. И согласился вдруг: — Ну хорошо, помогу я тебе.

Оторвал пуговку от своего кафтана, нашептал ей что-то на ушко да ниточку привязал. Держись, говорит, Ешка, за ниточку и иди. А когда ниточка тебе вокруг пальца

обовьется, давить начнет — останавливайся и стучись в первую попавшуюся дверь. И пуговку предъяви. Да только откуда ты, из какой деревни ни за что не признавайся, а не то можешь домой не вертаться — изничтожу.

Подивился Ешка, испугался для виду, но спрашивать ничего не стал. Вручил колдуну, как положено, десяток яиц да шматок сала, попрощался и пошел. Долго ли, коротко ль, через поля и через реки брел он, брел, заплутал в лесной глухомани, а ниточка за палец и задергала.

Да где же тут дверь? Смотрит, за деревьями избушка ветхая, крыша мхом поросла, ставни паутиной затянуты, из трубы опять растут. Делать нечего — постучал. Открыла ему рыжая девчонка с косичками.

— Чего надо? — грубо спросила.

— А взрослые дома есть? — поинтересовался Ешка. Очень уж он девчонок не любил — нахальные, насмешливые, гляди в оба, чтоб не подшутили.

— Нету и не будет, — отрезала она. — Еще вопросы?

— Так я, это, за звездой пришел, — молвил Ешка и пуговку ей протянул. Увидела она ту пуговку да в лице переменялась.

— Ах, за звездой. Ну заходи, гость. Чаю хочешь?

— Хочу! — обрадовался Ешка.

— А раз хочешь, то пойдем, поможем тебе воды принести, — сказала она. — Только запомни, по тропинке ступай и в сторону не сворачивай. А то худо будет.

Надели они резиновые сапоги и вышли — вроде в ту же дверь, да совсем в другую, наружу. Избушка-то в еловом лесу стояла, а вышли в березняк. Пасмурно, вечереет. Тропинка чавкает. Грязь кругом несусветная. А Ешке по нужде захотелось, ну он в ивовые кустики и сиганул было — да только не оказалось кустиков, нога его нависла над пустотой, и сквозь расплывающийся полупрозрачный ивняк увидел он облака, а под ними плывущую куда-то голубым шариком Землю...

— Куда?! — заорала девчонка и, отшвырнув ведра, двумя руками ухватила за него, втащила назад.

— Во дела! — подивился Ешка. — Вроде ж обычная наружу — лес, тропинка, — а выходит, видимость одна?

— Конечно, видимость, — сердито сказала девчонка.

— Родной пейзаж, березки, ивушка. Чтоб дураки вроде тебя разумом не двинулись.

— Так это я, что, на небе? — обалдел Ешка. — А ты, стало быть, сама Небесная Хозяйка?! Я думал, ты не такая!

— А какая? — взвилась девчонка. — С лубяной ногой, с шишкой вместо носа?

Он посмотрел — а у нее веснушки на щеках да нос уточкой, и косички жиденькие едва до плеч достают. «Да нет, просто покрасивше», — хотел ответить, да вовремя сдержался. И попросил вежливо — морок снять, чтобы небо, как оно есть, увидеть. Пожала плечами Рыжая, мол, как знаешь, и ахнул Ешка, потому что под ногами его оказался кисель не кисель, кудель не кудель, а что-то вязкое и мягкое. Враз парень в этой хляби завяз.

— Чего это? — говорит.

— Понятно чего. Тучи дождевые. Вон, видишь, оконца мокрые? Оттуда воду черпай.

Наносил Ешка воды, дров наколот, печь натопил, ну и вообще подсобил, чем мог. А что, он к работе привычный. Потом сидели они за столом, пироги с капустой ели, окрошку хлебали да под чай с плюшками разговоры разговаривали. Хорошо у них тут, на небе. Только овощи какие-то... безвкусные. Не еда, а видимость одна. Знамо

дело — колдунство. А овощь — ей же корешки нужно в землю поглубже запустить, да соков земельных напиться, да чтобы солнышко пропекло, да чтоб дождик полил. А тут какое солнышко, какой чернозем? Одна сырость.

Наугощался Ешка — аж живот заболел. Усмехнулась девчонка.

— Ну что, пойдем звезду тебе ловить, — говорит.

Вышли они из избушки — и в хлев. А там загончики, изгородочки, плошки с водой да миски с укропом. И звезд, звезд! Одни всё ползут куда-то, лапками перебирают. Другие сонно моргают, щурятся, лучиками глазки трут. Третьи вовсе сложились в кулачок и дрыхнут.

— Зачем ты их взаперти держишь? — возмутился Ешка. Она усмехнулась опять.

— Да разве ж я держу? — открыла дверь, отошла.

Звезды продолжали заниматься своими делами.

— День сейчас, — пояснила она. — Куда им? Вот ночью я их пасу.

— Пасешь? — оживился Ешка. Эта тема была ему близка. — А на дудочке играешь? Чтоб не разбегались.

— Нету у меня дудочки, — вздохнула Рыжая. Да ты мне время не занимай, давай звезду выбирай. Вон их сколько, хватай, какая понравится.

Звезды закопошились, услышав хозяйкин голос. Ешка рассматривал их изумленно, а девчонка поднимала за лапки то одну, то другую и рассказывала:

— Это пятничная звезда, от нее блеск недолгий да жар нетеплый. Славу дает, но только радости от той славы мало. Вон те звезды — четверговые, упитанные, крупные, от них тоже проку мало, разве что светло на весь дом. Возьми лучше вторничную, она хотя и маленькая, зато горит долго. Кто такую на шее носить будет, к тому люди потянутся, тот никогда в одиночестве не будет и любовь свою найдет.

— Мне б такую звезду, чтоб желания исполнять могла, — попросил Ешка.

— Так это тебе воскресная звезда нужна, — нахмурилась Рыжая. — Они самые редкие, еще найди попробуй в стаде... Ой, гляди-ка!

И Ешка увидел тоже — по его штанине, цепляясь ясными лучиками, карабкалась небольшая золотая звездочка.

— Впервые вижу, чтоб звезда сама человека выбирала, — присвистнула Небесная Хозяйка. — Ну, так тому и быть, забирай. Это она и есть, воскресная звезда, исполнительница желаний.

Ешка посадил звезду за пазуху, и они вышли на двор. Было пасмурно, вокруг избушки носились облака. Кудлатые, тонконогие, бестолковые. Куда ветер дует, туда они и мчатся. А чего мчатся, зачем? Глупые, лохматые, ну точно овцы. Их бы причесать да ленты вплести, красиво было бы.

Тут Ешка кое-что вспомнил.

— А каким макарон звезду желание исполняет? Какую, это, пользоваться?

— Да просто. Дырку проделай, на шею повесь, загадай, чего тебе надо, оно и исполнится.

— Дырку? Но как же?..

— Что, жалко? — усмехнулась Рыжая. — Ко мне обычно приходят те, кому не жалко. Некоторые сразу с молотком да гвоздем поострее.

— И ты им даешь?! — вскинулся Ешка.

— Даю, пинка под зад! — ухмыльнулась она. — Сверзятся с облаков на землю — вмиг позабудут, чего хотели...

А те, кому жалко, те бродят по вересковым пустошам да пересохшим руслам рек, неживые звезды ищут... Неживым-то не больно...

— Так ты дай мне неживую, — попросил он.

— На небе только живые водятся, — пожалала плечами она.

— А как же быть?

— Тебе решать, — сказала девчонка недовольно. — Нянька я тебе, что ли. Если б ты мне пуговку от братцева кафтана не показал, думаешь, я б с тобой разговоры разговаривала? — Она вздохнула, помолчала. — Как он там? Исхудал небось?

— Да нет, терпимо, — пробормотал Ешка. Заглянул в глаза девчонке, батюшки, один глаз синий, другой коричневым. И как он сразу не заметил? Как будто много на свете рыжих...

— Ладно. — Небесная Хозяйка хлюпнула носом да рукавом утерла щеки. — Некогда мне тут с тобой, мне грозу делать надо.

— Так я помогу? — предложил Ешка.

— Ну давай, — согласилась она.

И они сделали грозу. Воды-то уже было натаскано в дождевые бочки — так теперь ту воду на землю лили, Ешка стучал в большой медный лист колотушкой, а Рыжая швыряла вниз пригоршни молний, вытаскивая их из карманов. Да уж, с такой девчонкой не забалуешь! Чуть что не по ней, враз по лбу молнией шархнет, сиди потом, вспоминай, как тебя звать...

Нашумелись, насверкались, всю воду из бочек извели — умаялись.

— Ничего, зато теперь по всей земле месяц дожди с грозами идти будут, — довольно сказала девчонка. — А я месяц буду отдыхать...

— Да как же ты раньше одна с этим всем управлялась? — подивился Ешка.

Она потупилась:

— Зачем одна? Было кому помочь. А теперь вот никому... — Ее глаза заблестели. — Что, для невесты звезду просил? — спросила она как-то попросту, по-человечески.

И Ешка так же попросту признался, что никакая она не невеста и смотреть на него не хочет...

— Вот и у братца моего та же история, — вздохнула Рыжая. — Влюбился в какую-то земную девчонку, ушел с небес, и где он, что с ним, я уже пять лет не знаю, извелась вся.

Раскрыл было Ешка рот да и захлопнул. Не велено ж было признаваться, какая деревня, у какой реки стоит... Да она, к счастью, и не спрашивала. Так, велела кланяться и гостинцы передать, пирог с капустой и плюшки. Небось там, на земле, никто ему пироги не печет.

— Никто, — согласился Ешка. Ну а чего, про жите-бытье молчать не было велено.

На том и расстались.

Вернулся Ешка к колдуну, узелок с гостинцами отдал, пуговку возвращает, а колдун пуговку не берет да все Ешку выпрашивает — как там, на небе, да чего.

— Чего-чего, — не выдержал Ешка. — Я думал, ты человек хороший, а ты сестренку малую одну дома бросил, она еле-еле с тучами управляется, а ты тут редиской хрустишь?!

— Так уж и малую! — хмуро ответил колдун. — Уж ко-



## ФАНТАСТИКА

нечно, всего-то пять тысяч лет стукнуло девочке... Если хочешь знать, по нашим небесным меркам она уже перестарочек, ее замуж никто не возьмет.

Не стал Ешка спорить. Сказал миролюбиво:

— Все равно, нехорошо. Тяжело ей там одной. И по тебе скучает.

— А я не скучаю, что ли? — взвился Рыжий. — Я побольше ее скучаю, может. Да только нет мне ходу назад. Она не сказала разве? — Ешка только руками развел. Уж о чем они только не беседовали, но не об этом. — Она ж не думает, что говорит. Когда я уходил, заявила в сердцах, чтоб обратно один не возвращался... только с ней, с той самой, ради кого ушел... А сказанное на пороге, при дороге, да еще в сердцах, — оно похуже нарочного колдунства работает... Так и сию теперь... Тут мне ничего не светит, а домой вернуться не могу.

— А пуговки? — вскинулся Ешка.

— А пуговки, — передразнил его колдун, — только в чужих руках силу имеют, а меня в болото лесное заводят. Пуговки-то сестрица сама пришивала, змеюка рыжая... — Он улыбнулся ласково. — Как она там, исхудала небось?

— Да нет, терпимо, — пробормотал Ешка. Помолчал, землю босыми ногами поковырял да и не выдержал: — Неужто совсем не любит тебя та, за которой ты на землю пришел?

— Не любит, — просто ответил Рыжий.

— А колдунством если?

— Дурак ты, Ешка, — вздохнул колдун.

Ешка согласно кивнул: конечно, дурак. Не думал даже, не догадывался, что колдуны, как простые люди, от безответной любви маяться могут. Дела-а...

Сели колдун с Ешкой на завалинку да пригорюнились. Глядь — Мария к ним идет, платье свое нарядное рукавами придерживает, чтоб в колдунов огород не вляпаться, да носик кружевным платком зажимает. Знамо дело, навоз — душистая вещь.

— Ах, колдун, помоги мне скорей! — чуть не плачет. — Прислала мне тетка из столицы письмо, а что в нем, не разобрать, почтальон в воду уронил... Поворожи, сделай милость!

Ешка знал: есть у колдуна в огороде две дыры — одна во вчера, вторая в завтра. Там, в затишке, за сельдереевым кустом. Может Рыжий запросто туда-сюда сходить, прошлое поправлять по мелочам, у будущего секреты выведывать. Вот как-то кафтаном своим за сук яблоневый зацепился, красивую вышивку попортил — сходил во вчера, сук у яблони отпилил, кафтан враз целым обернулся... А то черешни захотелось, а уж всю собрали и компот сварили — снова сбегал во вчерашний день, когда черешня еще на ветках висела, и притащил

цельную корзину, два дня ели с Ешкой, косточки в пыль плевали. Или вот, когда Ешка на рыбалку собирался, ходил колдун в завтра, смотрел, где рыба колобродит, а где не клюет вовсе, так Ешка ему таких карасей ведро притащил, пальчики оближешь.

Теперь вот, значит, письмо Мариино спасти надо.

— А как насчет вознаграждения? — подмигнул Рыжий.  
— Поцелуешь?

— Может, еще замуж за тебя выйти? — с язвительной улыбкой спросила Мария. — Папаша меду для тебя припас, хороший мед, сладкий, липовый, вечером занесу.

— А поцелуй все-таки слаще, — ухмыльнулся колдун.  
— Ладно-ладно, уже бегу.

Взял он замоченное письмо да и скрылся на огороде, а Ешка остался красавицу развлекать. Даже заплаканная, оставалась она милее всех на свете. Смотрела сердито по сторонам, на пастушка-дурачка и внимания не обращала. Только раз вымолвила: «Чего ж он так долго», и то не Ешке, а в сторону. Рыжий и правда задержался. Понятное дело, пока отыщет он во вчерашнем дне почтальона, пока письмо у него выпросит, пока обратную дорогу в сегодня найдет...

— Заждались? — Колдун возник словно из-под земли. Протянув Марии совершенно чистый неизмятый конверт, он шутиливо сложил губы трубочкой, но девушка даже не улыбнулась, она торопливо читала письмо.

— Завтра утром надевайте лучшие одежды, — сказала Мария через минуту. — Королевская охота проедет через нашу деревню. Я буду подносить королю хлеб-соль.

Ешка вспомнил колотушку.

— Может, завтра гроза будет, — сказал он. — Ты сапоги-то резиновые на всякий случай надень. А то ноги промочишь, чихать потом будешь.

— Что ты, Ешка, ерунду городишь! — отмахнулась Мария. А потом нахмурилась, задумалась. И попросила колдуна сходить в завтра — поглядеть, какая погода будет, вдруг правда дождь? И как там все сложится у нее с королем? Посадит он ее перед собой в седло или карету прикажет подать? И какого цвета на нем кафтан будет? Чтоб Мария платье в тон надела.

Из завтра вернулся колдун хмурый.

— Я в день завтрашний не попал, ближе к вечеру выкинуло. Смотрю, сидишь ты печальная у окошка, в платок кутаешься, слезы утираешь, и мамаша твоя горшками сердито гремит, а папаша чарку за чаркой пьет в одиночестве...

— Чего? — рассердилась Мария. — Это ты мне назло говоришь, да?

Рыжий пожал плечами:

— Что видел, то и говорю.

— Знаю я, почему ты такое говоришь. Потому что тебе отказала, а королю согласие завтра дам, — сказала Мария и зашагала сердито по грядкам прочь.

Колдун вздохнул. Почесал потылицу.

— Сходить, что ли, еще раз.

— Куда тебе? — успокоился Ешка. — Сам же говорил, что раз — хорошо, два — так себе, а после третьего можно и не вернуться.

— Ну а как? — жалобно сказал колдун. — А вдруг ее завтра кто обидит?

И шархнул снова в завтрашнюю дыру, только пятки сверкнули.

Час ждал Ешка, два ждал. Уж и стемнело, и звездное стадо на небе засияло. За пазухой у Ешки звезда заворочалась, выпустил он ее пастись на грядку с морковкой, а в огурцы велел не заходить, там и потеряться недолго. Час шел за часом, а Рыжий все не возвращался. Неужто сгинул?

Так и уснул опечаленный Ешка под сельдереевым кустом, и звезда, нагулявшись, прикорнула у него на груди.

С утра вся деревня высыпала на единственную улицу, шутка ли — раз в пять лет короля увидеть можно. А еще, поговаривают, Мария за короля замуж собралась. Высоко метит девка. Косы золотые — оно, конечно, редкость, но не ради же кос замуж берут! Хотя кто их, королей, знает.

Деревенский староста, в новом шерстяном кафтане, нещадно потел на утреннем солнышке, подносить королю штоф и чарку готовился, Мария же на рушнике держала каравай. Волосы Марии золотились на солнце, новое шелковое платье сверкало вышивкой и камнями, родители корову продали, чтоб это платье сшить, они стояли тут же, с иконой — благословлять. И вся деревня собралась, стар и млад, любопытно уж очень поглядеть, как красавицу Марию замуж брать будут. Что будут, никто не сомневался.

Ешка на короля смотреть не пошел — эка невидаль. Лежал себе на печи, со звездой игрался, подкидывал ее и ловил, а она посмеивалась тихонько да золотилась в полумраке. И тут в избу ворвался Рыжий, растрепанный, измотанный, лица на нем нет:

— Скорее, скорее, бежим, надо ее предупредить!

— Живой! — обрадовался Ешка.

— Звезду бери — и пошли! — велел колдун.

Ничего не понял Ешка, но звезду за пазуху сунул, с печи слез и за колдуном побежал...

Трубили рожки, лаяли собаки, дрожала земля — королевская охота приближалась. Вот-вот покажутся на улице первые всадники. Мария стояла недвижно, как изваяние, и только руки ее дрожали от волнения под тяжестью каравая.

Колдун дернул Ешку за рукав:

— Давай, твой час настал!

— Чего? — не понял Ешка

— Чего-чего! — передразнил колдун. — Иди, Марии предложение делай. Думал, я не знаю, для чего тебе звезда понадобилась?

Ешка надулся.

— Не могу я.

— Чего?! — завопил колдун так, что на них стали оборачиваться.

— Не могу предложение делать.

— Что вдруг? — подозрительно ласково спросил Рыжий.

— Ну это... — замялся Ешка. — Другую полюбил я.

— Это когда ж ты успел?

— Успел, загадочно сказал Ешка и потупился.

— Черт с тобой! — прошипел колдун и бросился к Марии: — Мария, уходи отсюда, не женился на тебе король... только обидит.

Глаза Марии вспыхнули зеленым пламенем:

— Опять ты? И дурака своего привел! А ну пошли вон оба! Не смейте портить мне самый важный день моей жизни!





...создана ГМ-бактерия, дальнейшие модификации которой позволят получать этанол из бурых водорослей с выходом примерно 80% от максимально возможного при данном содержании углеводов («Science», 2012, т. 335, № 6066, с. 308—313)...

...семь видов грибов «белой гнили» способны деполимеризовать поливинилхлорид (ПВХ), гриб *Pycnoporus cinnabarinus* разлагает поливиниловый спирт, применяемый в качестве клея, *Pachyosporium* и *Tranutes versicolor* — нейлон, некоторые базидиальные грибы — остатки резиновых покрышек («Прикладная биохимия и микробиология», 2011, № 6, т. 47, с. 619—634)...

...у эхолоцирующих видов, таких, как летучие мыши и дельфины, мышцы среднего уха создают условия для проведения ультразвука, натягивая барабанную перепонку и слуховые косточки, а расслабляясь, они предохраняют внутреннее ухо от слишком сильных звуков («Онтогенез», 2011, т. 42, № 6, с. 465—480)...

...в рекомендации для россиян, выезжающих в страны Юго-Восточной Азии и Океании, следует включить информацию об опасном виде возбудителя малярии *Plasmodium knowlesi* («Медицинская паразитология и паразитарные болезни», 2011, № 4, с. 8—10)...

...на территории России есть по меньшей мере 67 «странствующих городов», которые хотя бы раз на протяжении своей истории меняли местоположение («Известия Русского географического общества», 2011, т. 143, № 5, с. 71—77)...

...скончалась Линн Маргулис, автор эндосимбиотической гипотезы, постулировавшей происхождение митохондрий от бактерий-симбионтов («Nature», 2011, т. 480, № 7378, с. 458)...

...в эксперименте, где крысы, доставая пищу, были вынуждены подвергать другую крысу электрокожному раздражению, животные разделились на две группы: большая часть выбрала другой способ добычи пищи, меньшая игнорировала мучения сородича («Успехи современной биологии», 2011, т. 131, № 6, с. 548—562)...

...обнаружены плотоядные растения семейства подорожниковых, подземные листья которых охотятся на червей нематод («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2012, doi: 10.1073/pnas.1114199109)...

Художник А. Анно



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## «Болото» и меньшинство

В Конвенте Французской республики были два активных крыла — якобинцы и жирондисты, а между ними располагалось пассивное «болото». В ходе революционного террора, манипулируя «болотом», оба крыла ликвидировали друг друга. Как не позволить меньшинству внедрить свои идеи наперекор мнению большинства и повести все общество за собой в сомнительном направлении? Оказывается, все зависит от количества малоинформированных членов общества. Эта мысль может показаться неоригинальной, ведь принято считать, чем меньше в обществе думающих людей, тем проще им манипулировать. Однако исследователи из дрезденского Института физики сложных систем Общества Макса Планка и других научных организаций Евросоюза («Science», 2011, т. 334, № 6062, doi: 10.1126/science.1210280) обнаружили прямо противоположный эффект. Они построили математическую модель поведения большого сообщества индивидов, которым надо принимать коллективное решение. Сообщество состояло из меньшинства, которое было уверено в правильности выбора, и малоинформированного большинства, которое не имело никакого представления о предлагаемом меньшинством решении. Конечный выбор зависел от относительной численности этих групп: как только число малоинформированных членов общества превышало критический уровень, все манипуляторы меньшинства терпели провал — мнение соседа оказывалось важнее, чем мнение некоего общественного лидера.

Свои теоретические выкладки исследователи проверили в опыте на золотых рыбках. Они обучили одну группу из пяти рыбок приплывать к кормушке с желтым диском и находить там корм. Группу из шести рыбок научили плыть к синему кружку, но еда их там ждала отнюдь не всегда, поэтому стремление к синему диску у них было не очень сильным. Когда всех рыбок собрали в одну группу, меньшинство брало управление на себя и вся стайка плыла к желтому диску. Однако когда к ним добавили еще десять необученных рыбок, все поплыли к синему диску: общественное мнение взяло верх над информированным меньшинством.

В общем, недаром революционеры всех времен делали упор на повышение образовательного уровня населения — в противном случае им нелегко насаждать в обществе свои идеи: с неинформированным «болотом» и обсуждать нечего, и на решительные действия его не уговоришь.

А. Мотыляев



# Кто открыл, кто синтезировал?

**П.А. ЗАРУБИНУ**, Санкт-Петербург: Антигололедные реагенты, которыми посыпают тротуары, содержат главным образом хлориды кальция и магния, иногда с добавками хлорида натрия (ацетаты и соли аммония сейчас вроде бы не используют), а также различные присадки, например антикоррозионные; на собачьи лапы реагент может оказывать местное раздражающее действие, при облизывании не вымытой после прогулки лапы возможно и отравление.

**АНТОНУ**, электронная почта: Полиэтиленовый воск — это низкомолекулярный продукт полимеризации этилена, его применяют для пропитки бумажной изоляции, как компонент полирующихся составов и кремов и т. п.

**С.Н. ОБРУЧЕВУ**, Томск: Если в вашей лаборатории есть водоструйный насос, то ртутные шарики собрать несложно; к шлангу насоса подсоедините пластиковый наконечник от пипетки либо шприц без поршня, в кончик которого вставлен изнутри отрезок тонкого хроматографического шланга, загнутый вопросительным знаком; ртуть поднимется по тонкому шлангу и соберется в наконечнике.

**Т.Л. КАЗАКОВОЙ**, Боровск: Резиновые ластики помимо искусственного или натурального каучука содержат пластификатор, именно из-за его выщелачивания старые ластики не адсорбируют графит, а размазывают, и вернуть такому ластикку прежние свойства, увы, нельзя.

**А.Р. МАМЕДОВОЙ**, Екатеринбург: Белковые оболочки для колбасы действительно изготавливают из белка, а именно из коллагена, который получают из шкур крупного рогатого скота.

**Н.В. СИМАКОВУ**, Москва: Чтобы сварить фруктозный сироп, размешайте фруктозу в подогретой воде (примерно 100 г, или четыре столовые ложки, на 50 мл воды, но это не догма), добавьте немного лимонной кислоты или сока лимона, прокипятите, затем остудите и разлейте в бутылки; вместо воды некоторые кулинары используют прозрачные фруктовые соки.

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ:** В № 1 журнала в подписи к фото на с. 46 допущена ошибка, вместо «делеции» должно быть «инсерции», приносим наши извинения.

Примерно 40% всех известных минералов — «именные». Часто минерал называют по имени человека, впервые обнаружившего его в природе.

Пренит  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  назван в честь голландского полковника Хендрика ван Прена (1733—1785), который с 1768 по 1780 год командовал вооруженными силами голландской колонии на Мысе Доброй Надежды. В 1774 году ван Прен привез неизвестный минерал в Германию, где его определил и дал ему название немецкий геолог Абраам Готлоб Вернер (1749—1817), возглавлявший кафедру минералогии Фрейбергской горной академии. Это произошло в 1788 году, уже после смерти Прена.

Реже минерал называют по имени ученого, сумевшего его синтезировать, но такое вещество может называться минералом лишь после того, как оно будет найдено в природе. Именно так получил название минерал стишовит — новая сверхплотная форма диоксида кремния. Синтезировал его выпускник МГУ аспирант Сергей Михайлович Стишов, ныне академик РАН. Его статья (в соавторстве с С.В. Поповой) была опубликована в 1961 году в журнале «Геология». А назвали новую модификацию кремнезема стишовитом американцы, обнаружившие минерал в породах Аризонского метеоритного кратера всего через несколько месяцев после советской публикации. (О скандале, связанном с этим названием, см. «Химию и жизнь», 1991, № 4, 5.)

Другая модификация диоксида кремния получила название коэсита — по имени американского химика Лоринга Коэса (1915—1973), который впервые синтезировал вещество с такой структурой в 1953 году. А семь лет спустя астрогеолог Юджин Шумейкер (1928—1997) обнаружил это вещество в кварцсодержащих породах метеоритного кратера в Аризоне. Коэсит устойчив в диапазоне давлений 28—95,5 кбар. При меньших давлениях переходит в кварц, при больших — в стишовит. А чем еще прославился Шумейкер, вы наверняка помните.

Мейергофферит  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_6(\text{OH})_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  был синтезирован немецким химиком Вильгельмом Мейергоффером (1864—1906), а в природе найден уже после его кончины, в 1914 году. Минерал нордстрандит  $\text{Al}(\text{OH})_3$  образуется в продуктах выветривания бокситов, его синтезировал американский химик Роберт Ван Нордстранд (1917—2000) в 1956 году. Когда через два года было показано его отличие от байерита и гиббсита, двух других полиморфных форм гидроксида алюминия, этот минерал получил собственное название.

Имена минералам чаще всего дают те, кто их впервые нашел, а также те, кто изучал новый минерал в лаборатории и определил его состав. Приоритетное право присвоения названия имеет автор первого опубликованного описания, в котором приведены все данные исследований.

Рекордсмены, придумавшие около сотни названий, — французский минералог и физик Франсуа-Сюльпис Бёдан (1787—1850) и американский минералог Чарльз Уфам Шепард (1804—1886). Но не все придуманные ими названия утвердила образованная в 1959 году комиссия при Международной минералогической ассоциации, которая координирует присвоение и пересмотр названий минералов.

Иногда минерал известнее того, чьим именем назван. Магниево-цинковый минерал бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  широко используется в строительстве, медицине и химии, а назван он в честь немецкого геолога и химика из Боннского университета Карла Густава Бишофа (1792—1870), который открыл этот минерал в штатсфуртских соленосных отложениях.

Распространенный минерал доломит — двойной карбонат кальция и магния  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  — используется для раскисления почв, как огнеупорный материал и как сырье для промышленности. Он назван по имени французского минералог и геолога Деода де Доломье (1750—1801), который описал его в 1791 году. Название ему дал годом позже швейцарский химик и биолог Никола Теодор де Соссюр. Доломитами (или Доломитовыми Альпами) называется и часть северных итальянских Альп, где была сделана эта находка.



**Карналлит**



**Доломит**

Фото А.А. Есеева <http://geo.web.ru/druza/>



**Пренит**

**Сильванит**



**ИМЕНА МИНЕРАЛОВ**

Минерал карналлит, двойной хлорид калия и магния  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , впервые описан в 1856 году и назван по имени немецкого горного инженера и геолога Рудольфа фон Карналля (1804—1874).

В 1832 году на горе Везувий впервые был найден важнейший калийный минерал сильвин ( $\text{KCl}$ ). Он назван по латинизированному имени голландского врача и химика Франциско Боэ (он же Sylvius, 1614—1672). А сильвинит — это смесь сильвина и галита (хлорида натрия). Ничего общего с сильвинитом не имеет очень интересный минерал сильванит — теллурид серебра и золота  $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}_4$ . Название сильванита — гео-

графическое: впервые его нашел в 1782 году в золотоносных рудах Трансильвании горный инспектор Франц Иозеф Мюллер, впоследствии барон фон Рейхенштейн (1740—1825). Рейхенштейн и открыл в этом минерале новый элемент теллур. Установить состав минерала было настолько трудно, что его назвали «аурум проблематикум» — «сомнительным золотом». Только в 1798 году немецкий химик Мартин Генрих Клапрот (1743—1817), открывший до этого уран, цирконий и титан, доказал, что в сильваните присутствует новый элемент — теллур.

Важная алюминиевая руда бёмит — оксид-гидроксид алюминия  $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$

— названа в честь немецкого геолога и палеонтолога Иоганнеса Бёма (1857—1938), который установил присутствие этой фазы в бокситах методом рентгенографии. А боксит обнаружил Пьер Бертье в 1822 году возле деревни Ле-Бо-де-Прованс на юге Франции (пишется Les Baux-de-Provence). Боксит не имеет постоянного состава, содержит гидроксиды алюминия, оксиды и гидроксиды железа и глинистые минералы.

В следующий раз мы поговорим о минералах, названных в честь ученых.

**И.А.Леенсон**



# 10-я юбилейная международная специализированная выставка «Аналитика Экспо»

10–13 апреля '12

**ЭЦ «СОКОЛЬНИКИ»**  
Новые возможности в центре Москвы!



- Аналитическое оборудование
- Лабораторная мебель
- Контрольно-измерительные приборы
- Химические реактивы и материалы
- Нанотехнологии, наноматериалы
- Биоаналитика

[www.analitikaexpo.com](http://www.analitikaexpo.com)



На правах рекламы

Организатор:



Контакты:

E-mail: lomunova@mvk.ru  
тел. +7 (495) 935-81-00  
факс +7 (495) 935-81-01

Соорганизаторы:

НП «РОСХИМРЕАКТИВ»  
 НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН  
по аналитической химии  
ААЦ «Аналитика»

Официальная поддержка:

Федеральное агентство по техническому  
регулированию и метрологии  
Департамент природопользования и  
охраны окружающей среды города Москвы  
Министерство Промышленности и Торговли РФ